

- fields using the theory of R functions and fuzzy logic.]. *Metody optimizacii tehniceskikh i informacii sistem: Sb. nauch. tr.* Kiev, NAS of Ukraine. VM Glushkov Institute of Cybernetics Publ., 1995, no. 1, pp. 64–67.
4. Shevchenko A. N., Tonica O. V. Modelirovanie geometricheskikh ob'ektov v sistemah analiza fizicheskikh polej [Modeling geometric objects in physical field analysis systems]. *Problemy bioniki*. Kharkov: NURE Publ., 1998, no. 49, pp. 130–134.
  5. Tonica O. V. Razrabotka struktur reshenija nechjotkih kraevykh zadach [Development of structures for solving fuzzy boundary value problems]. *Materialy s'omoyi mizhnarodnoyi naukovo praktychnoyi internet konferentsiyi «Prostir i chas suchasnoyi nauky». Chastyna 4 [Proceedings of the Seventh International Scientific and Practical Internet Conference "Space and Time of Modern Science". Part 4]*. Kiev: Meganom Publ., 2011, pp. 28–30.
  6. Maksymenko-Shejko K. V., Shejko T. I. R-funkcii v matematiceskom modelirovanii geometricheskikh ob'ektov, obladajushchih simmetrijei [R-functions in mathematical modeling of geometric objects with symmetry]. *Kibernetika i sistemnyj analiz*. Kiev: NAS of Ukraine. VM Glushkov Institute of Cybernetics Publ., 2008, vol. 44, no. 6, pp. 75–82.
  7. Shejko Tatyana I., Maksymenko-Sheiko Kyrylo V., Morozova Anna I. Screw-type symmetry in machine components and design at implementation on a 3D printer. *Journal of Mechanic Engineering*, 2019, vol. 22, no. 1, pp. 60–66.
  8. Maksymenko-Sheiko K. V., Litvinova Yu. S., Shejko T. I., Shejko T. I. Mathematical simulation of heat transfer during fluid flow for a fuel element with a polyzonal finned shell. *Journal of Mechanic Engineering*, 2017, vol. 20, no. 4, pp. 58–63.
  9. Shejko T. I., Maksymenko-Sheiko K. V., Litvinova Yu. S., Lisin D. A. R-functions and chevron surfaces in mechanical engineering. *Journal of Mechanic Engineering*, 2017, vol. 20, no. 2, pp. 54–60.
  10. Litvinova Yu. S., Maksymenko-Sheiko K. V., Shejko T. I. Analytical identification of three-dimensional geometric object according to the information about the shape of their sections. *Journal of Mechanic Engineering*, 2017, vol. 20, no. 1, pp. 45–51.
  11. Maksymenko-Shejko K. V., Shejko T. I. Mathematical Modeling of the Thermal Modes of Electronic Boards With Sources Located According to the Scheme of Sierpinski Carpet. *Journal of Mathematical Sciences*, 2013, vol. 194, issue 3, pp. 330–339.
  12. Maksymenko-Shejko K. V., Shejko T. I. Mathematical modeling of geometric fractals using R-functions. *Cybernetics and Systems Analysis*, 2012, vol. 48, issue 4, pp. 614–620

Надійшла (received) 04.09.2019

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Тоніца Олег Владимирович** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри комп'ютерної математики і аналізу даних; м. Харків, Україна; e-mail: tonitsa.kmmm@gmail.com

**Тоніца Олег Владимирович** – кандидат физико-математических наук, доцент, Национальный технический университет «Харковский политехнический институт», доцент кафедры компьютерной математики и анализа данных; г. Харьков, Украина; e-mail: tonitsa.kmmm@gmail.com

**Tonica Oleg Vladimirovych** – Candidate of Physical-Mathematical Sciences, Associate Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institut", Associate Professor in Department of Computer Mathematics and data analysis; Kharkiv, Ukraine; e-mail: tonitsa.kmmm@gmail.com

УДК 519.2

DOI: 10.20998/2079-0023.2019.02.07

**В. Л. ЛИСИЦКИЙ, В. С. МЕЖИРИЦКИЙ**

### МОДЕЛИ СБАЛАНСИРОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ВХОДНЫХ, ВЫХОДНЫХ ПОТОКОВ ПРОДУКТОВ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТЕРРИТОРИИ

В работе рассматриваются вопросы повышения эффективности функционирования предприятий аграрной сферы за счет снижения их убытков путем создания интегрированного комплекса моделей сбалансированного планирования входных и выходных потоков продуктов растениеводства логистической системы территории, способной доставлять товар до требуемого места территории, в требуемый момент времени, в требуемом количестве и форме. Объектом сбалансированного планирования является аграрная холдинговая компания, производящая продукты растениеводства для снабжения ими потребителей заданной территории. Задача планирования состоит в определении такого сбалансированного плана обеспечения потребностей потребителей территории в комплексах продуктов растениеводства, при котором в условиях существующей логистической системы территории, действующих ограничений обеспечивается максимальная прибыль агрохолдинга. Построен комплекс моделей потребления, производства, транспортировки комплексов продуктов растениеводства, интегрированных в алгоритмическую модель сбалансированного планирования. Построенная алгоритмическая модель определяет совокупность процедур сбора, хранения, обработки, представления данных с использованием эффективных методов. Может служить теоретической основой для создания информационной технологии сбалансированного планирования входных, выходных потоков продуктов логистической системы территории.

**Ключевые слова:** модели сбалансированного планирования, входные, выходные потоки продуктов, логистическая система территории, потребители, производители продуктов растениеводства, интегрированный комплекс моделей, информационная технология планирования.

© Л. В. Лисицкий, В. С. Межирицкий, 2019

**В. Л. ЛИСИЦЬКИЙ, В. С. МЕЖИРИЦЬКИЙ**

## **МОДЕЛІ ЗБАЛАНСОВАНОГО ПЛАНУВАННЯ ВХІДНИХ, ВИХІДНИХ ПОТОКІВ ПРОДУКТІВ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ТЕРИТОРІЇ**

У роботі розглядаються питання підвищення ефективності функціонування підприємств аграрної сфери за рахунок зниження їх збитків шляхом створення інтегрованого комплексу моделей збалансованого планування вхідних і вихідних потоків продуктів рослинництва логістичної системи території, здатної доставляти товар до необхідного місця території, в необхідний момент часу, в необхідній кількості і формі. Об'єктом збалансованого планування є аграрна холдингова компанія, що виробляє продукти рослинництва для постачання ними споживачів заданої території. Завдання планування полягає у визначенні такого збалансованого плану забезпечення потреб споживачів території в комплексах продуктів рослинництва, при якому в умовах існуючої логістичної системи території, діючих обмежень забезпечується максимальна прибуток агрохолдингу. Побудований комплекс моделей споживання, виробництва, транспортування комплексів продуктів рослинництва, інтегрованих в алгоритмічну модель збалансованого планування. Побудована алгоритмічна модель визначає сукупність процедур збору, зберігання, обробки, представлення даних з використанням ефективних методів. Може слугувати теоретичною основою для створення інформаційної технології збалансованого планування вхідних, вихідних потоків продуктів логістичної системи території.

**Ключові слова:** моделі збалансованого планування, вхідні, вихідні потоки продуктів, логістична система території, споживачі, виробники продуктів рослинництва, інтегрований комплекс моделей, інформаційна технологія планування.

**V. L. LYSYTSKYI, V. S. MEZHRYTSKYI**

## **MODELS OF BALANCED PLANNING OF INPUT AND OUTPUT FLOWS OF PRODUCTS OF THE LOGISTICS SYSTEM OF THE TERRITORY**

The paper considers issues of improving the functioning of agricultural enterprises by reducing their losses by creating an integrated set of models for balanced planning of input and output flows of crop products of the logistics system of the territory, capable of delivering goods to the desired place in the territory, at the right time, in the required quantity and form. The object of balanced planning is an agricultural holding company that produces crop products to supply them to consumers of a given territory. The planning task is to determine such a balanced plan to meet the needs of the territory's consumers in sets of crop products, in which the maximum profit of the agricultural holding is ensured under the existing logistics system of the territory and the existing restrictions. A complex of models of consumption, production, transportation of sets of crop products integrated in the algorithmic model of balanced planning is built. The constructed algorithmic model defines a set of procedures for collecting, storing, processing, presenting data using effective methods. It can serve as a theoretical basis for the creation of information technology for the balanced planning of input and output flows of the products of the territory's logistics system.

**Keywords:** balanced planning models, input, output flows of products, the logistics system of the territory, consumers, producers of crop products, an integrated set of models, information technology planning.

**Введение.** На современном этапе развития экономики Украины предприятия аграрной сферы, функционируют в условиях высокого уровня рисков, отсутствия развитой инфраструктуры рынка сельскохозяйственной продукции. Сложившиеся условия развития бизнеса в аграрной сфере, связанные с высокой динамичностью внешней среды предприятий, усложнением конкуренции стремительным развитием информационных технологий (ИТ), глобализацией бизнеса актуализируют стратегические аспекты управления функционированием и развития предприятий. Стратегическое управление помогает осознанно выбирать стратегию развития, соизмерять свой потенциал с реальностью, учитывать действующие ограничения, диктуемые как внешней, так и внутренней средой предприятия.

Отечественная и мировая практика показывает, что большинство предприятий аграрной сферы терпят большие убытки только потому, что не предусмотрели или неправильно спрогнозировали изменения внешней среды, не оценили свои внутренние возможности, ошиблись в выборе стратегии развития. В связи с этим научные исследования, связанные с снижением убытков за счёт учёта динамики конъюнктуры рынков сельскохозяйственной продукции, эффективного использования логистической системы территории (ЛСТ) являются актуальными, представляют несомненный практический интерес. Потому целью данной работы является повышение эффективности функционирования предприятий аграрной сферы за счёт снижения их убытков путём создания интегрированного комплекса моделей сбалансированного планирования входных и выходных потоков продуктов растениеводства ЛСТ, способной доставлять товар до требуемого места

территории, в требуемый момент времени, в требуемом количестве и форме.

**Постановка задачи.** Объектом сбалансированного планирования является аграрная холдинговая компания (АХК), производящая продукты растениеводства для снабжения ими потребителей (населённых пунктов) заданной территории. АХК является элементом территории, владеет пакетом акций множества  $DP = \{DP_j\}$  других предприятий  $DP_j$  с целью осуществления по отношению к ним функций контроля и управления. АХК поставяет продукты растениеводства потребителям комплектами  $e = \{e_1, \dots, e_r\}$ , отражающими структуру потребления населением территории продуктов растениеводства.  $e_i$  – вес  $i$ -го продукта в комплекте. Вес комплекта равен 1 тонне. Продукты комплекта удовлетворяют требованиям населения до их качества. Комплекты хранятся на множестве  $Sk = \{Sk_i\}$  складов  $Sk_i$ . Множество  $PO = \{PO_s\}$  потребителей продуктов растениеводства определяется множеством населённых пунктов территории.

Известны координаты всех  $Sk_i \in Sk$  и всех  $PO_s \in PO$ , статистическая информация о спросе каждого  $PO_s \in PO$  на комплекты продуктов растениеводства, транспортных издержках на каждом этапе логистической цепи поставок на один комплект продуктов растениеводства АХК имеет ограниченные ресурсы (природные, трудовые, информационные, капитал), владеет конечным множеством технологий использования существующей ЛСТ, необходимых для доставки комплектов продуктов растениеводства на все склады  $PO_s \in PO$ . На рис. 1 представлена общая схема взаимодействия АХК с потребителями продуктов растениеводства территории.

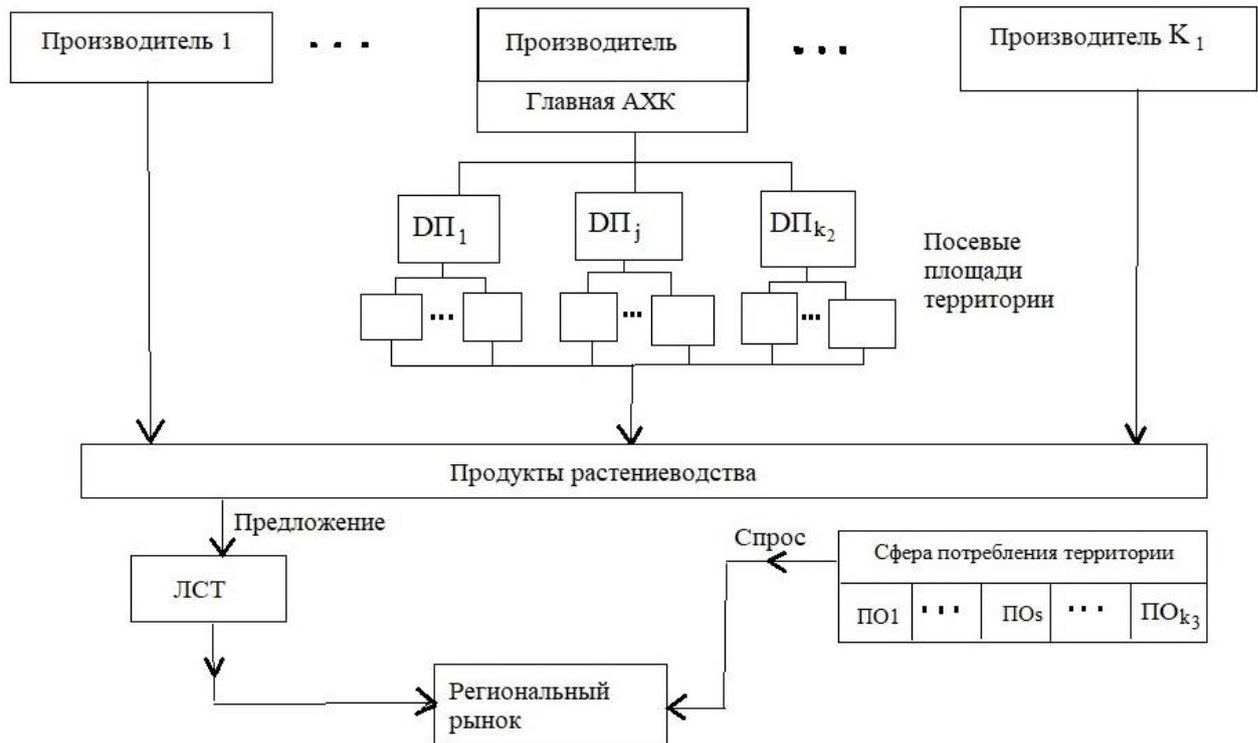


Рисунок 1 – Общая схема взаимодействия АХК с потребителями продуктов растениеводства территории

С учётом ограниченности ресурсов АХК возникает задача определения такого сбалансированного плана обеспечения потребностей потребителей территории в комплектах продуктов растениеводства, при котором в условиях существующей ЛСТ, действующих ограничений обеспечивается максимальная прибыль рассматриваемой АХК.

Традиционные подходы к планированию процессов обеспечения населения территории продуктами, основанные на методах математической статистики, имитационного моделирования, не позволяют создания единой адекватной модели функционирования и развития территориальной системы в силу ограниченности временных, вычислительных и материальных ресурсов. Быстрый рост стоимости транспортных услуг обусловил необходимость жёсткого контроля транспортных издержек, интенсивное повышение научного и практического интереса до применения методов, инструментария современной логики к эффективному планированию обеспечения территориальной системы продуктами [1–15]. Перспективным путём дальнейшего развития основ планирования процессов производства, транспортировки, потребления продуктов является создание интегрированного комплекса моделей оптимизации хозяйственной деятельности отдельных производителей. Этот путь применяется ещё не настолько широко [1, 12, 13, 14, 16, 21, 22, 23].

**Алгоритмическая модель сбалансированного планирования.** Алгоритмическая модель (АМ) пред-

ставляет собой множество  $A = \{A_j\}$  взаимодействующих алгоритмов  $A_j$ , образующих определяющую структуру  $|AM| = \{A, R \subset A \times A\}$ , предназначенную для сбалансированного планирования объёмов входных и выходных продуктов растениеводства ЛСТ, произведённых АХК, максимизирующих её прибыль. Алгоритм  $A_1 \in A$  представляет собой алгоритмическую модель планирования выходных объёмов продуктов растениеводства ЛСТ, произведённых АХК.  $A_1$  предполагает выполнение следующих шагов:

**Шаг 1.** Задание координат  $(a_j, b_j)$ , минимально необходимого объёма  $Q_j$  комплектов продуктов растениеводства для каждого населённого пункта  $ПО_j \in ПО$ .

**Шаг 2.** Задание координат  $(\alpha_j, \beta_j)$ , минимально возможной ёмкости  $E_j$  для каждого склада  $Сk_j \in Сk$ .

**Шаг 3.** Задание множества ППО = ПО,  $k = 1$ .

**Шаг 4.** Определение методом «центра тяжести» координат  $(x, y)$  эталонного склада [14].

$$x = \sum_{ПО_j \in ППО} Q_j \cdot a_j / Q, \quad y = \sum_{ПО_j \in ППО} Q_j \cdot b_j / Q, \quad Q = \sum_{ПО_j \in ППО} Q_j \quad (1)$$

**Шаг 5.** Определение номера  $Sk$  склада, наиболее близкого к эталонному складу

$$\min_{Сk_j \in Сk} \sqrt{(x - \alpha_j)^2 + (y - \beta_j)^2} = \sqrt{(x - \alpha_{Sk})^2 + (y - \beta_{Sk})^2} \quad (2)$$

**Шаг 6.** Формирование множества Пк потребителей  $ПО_j \in ПО$ , прикрепляемых к складу  $Сk_{Sk}$

$$П_k = \left\{ ПО_j \in ПО : \begin{aligned} & T_{Skj}^* \\ & \cdot \sqrt{(\alpha_{Sk} - a_j)^2 + (\beta_{Sk} - b_j)^2} \\ & \cdot Q_j \leq hQ_j \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$T_{Skj}^*$  – реальные затраты на доставку одного комплекта продуктов растениеводства по прямой от склада с номером  $Sk$  до  $j$ -го населенного пункта,  $h$  – порог минимально допустимых транспортных издержек населения на доставку одного комплекта продуктов растениеводства от склада до населённого пункта.

**Шаг 7.** Задание множества ППО,  $k=k+1$ , ППО = ПО – ПО<sub>k</sub>

**Шаг 8.** Проверка ППО = ∅. Если «нет», то переход к шагу 4. Если «да», то процесс прикрепления населённых пунктов  $ПО_j \in ПО$  к складам  $Сk_j \in Сk$ ,  $Сk_0 = \{Сk_{S1}, Сk_{S2}, \dots, Сk_{Sk}\}$ , завершается. Вектор  $E = \{E_1, E_2, \dots, E_{Sk}\}$  (4) определяет объём входных продуктов растениеводства ЛСТ. Величина

$$Q_b = \sum_{i=1}^k E_{Si}$$

задаёт суммарные потребности территории в продуктах растениеводства.

Алгоритм  $A_2$  определяет алгоритмическую модель планирования производственной деятельности предприятия  $ДП_t \in ДП$  на основе ресурсной модели [14]

$$\begin{aligned} L_t &= Z_t \rightarrow \max, \\ A_t x_t &\leq b_t, \\ B_t x_t &\geq Z_t e, \\ x_t &\geq 0, Z_t \geq 0, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $Z_t$  – количество комплектов продуктов растениеводства, производимых  $ДП_t \in ДП$ ;

$b_t$  – вектор ресурсов  $D \cap t$ ,  $A_t$  – матрица расходов ресурсов при единичной интенсивности использования технологий выращивания продуктов растениеводства,  $B_t$  – матрица производительности технологий выращивания продуктов растениеводства,  $x_t$  – вектор интенсивности использования технологий выращивания продуктов растениеводства. Алгоритм  $A_2$  предполагает выполнение следующих шагов:

**Шаг 1.** Полагает  $k = 1$ .

**Шаг 2.** Для  $ДП_k$  определяют параметры ресурсной модели (5).

**Шаг 3.** Задачу (5) записывают в канонической форме.

**Шаг 4.** Для задачи линейного программирования записанной в канонической форме строят М-задачу [14].

**Шаг 5.** Решают М-задачу М-методом, находят  $Z_k^*$ ,  $x_k^*$ . Величина  $Z_k^*$  определяет максимальный объём комплектов продуктов растениеводства, производимых  $ДП_k$

**Шаг 6.**  $k = k + 1$ . Если  $Z_k^*$  определены не для всех  $ДП_t \in ДП$ , то переходят к шагу 2. Если для всех, то процесс планирования производства комплектов продуктов растениеводства заканчивается. Величина

$$Q_0 = \sum_{ДП_k \in ДП} Z_k^*$$

определяет предложение комплектов продуктов растениеводства, обеспечиваемое АХК. Вектор  $Z$  – входные объёмы продуктов ЛСТ.

Алгоритм  $A_3$  определяет алгоритмическую модель сбалансированного планирования для случая  $Q_b = Q_0$ . Алгоритм  $A_3$  предполагает выполнение следующих шагов:

**Шаг 1.** Определяются параметры закрытой транспортной задачи (ЗТЗ) [24].

$$\begin{aligned} L &= \sum_{ДП_i \in ДП} \sum_{Сk_j \in Сk_0} C_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \\ \sum_{ДП_i \in ДП} X_{ij} &= Z_i^*, \quad \sum_{Сk_j \in Сk_0} X_{ij} = E_j \end{aligned}$$

$$\forall_{ДП_i \in ДП} \forall_{Сk_j \in Сk_0} [X_{ij} \geq 0, Z_i^* \geq 0, E_j \geq 0, C_{ij} \geq 0] \quad (6)$$

где  $C_{ij}$  – транспортные издержки на доставку одного комплекта продуктов растениеводства от  $ДП_i$  до  $Сk_j$ .

**Шаг 2.** Для задачи (6) методом Фогеля находится начальный опорный план [24].

**Шаг 3.** Задача (6) решается методом потенциалов, используя начальный опорный план, полученный методом Фогеля [24]. Для каждого  $ДП_i \in ДП$  и каждого  $Сk_j \in Сk_0$  находят поставки

$$X_{ij} = X_{ij}^*,$$

определяющие объёмы входных продуктов растениеводства ЛСТ.

Алгоритм  $A_4$  представляет собой алгоритмическую модель сбалансированного планирования для случая  $Q_b < Q_0$ . Алгоритм  $A_4$  предполагает выполнение следующих шагов:

**Шаг 1.** Вводят фиктивный склад с ёмкостью, равной  $Q_0 - Q_b$ , формируют ЗТЗ (6) с новым множеством  $Сk_0$ .

**Шаг 2.** Полученную ЗТЗ решают с помощью алгоритма  $A_3$ .

Алгоритм  $A_5$  представляет собой алгоритмическую модель сбалансированного планирования для случая  $Сk_j$ . Алгоритм  $A_5$  предполагает выполнение следующих шагов:

**Шаг 1.** Вводят фиктивное предприятие АХК с предложением объёма комплектов продуктов растениеводства, равного  $Q_b - Q_0$ , формируют ЗТЗ (6) с новым множеством  $ДП$ .

**Шаг 2.** Полученную ЗТЗ решают с помощью алгоритма  $A_3$ .

Структура  $|AM|$  алгоритмической модели сбалансированного планирования объёмов входных и выходных продуктов растениеводства ЛСТ имеет вид

$$|AM| = \{A, R \subset A \times A\}, \quad (7)$$

где  $A = \{A_j, j = \overline{1, 5}\}$ ,  $R = \{\langle A_1, A_3 \rangle, \langle A_1, A_4 \rangle, \langle A_1, A_5 \rangle, \langle A_3, A_3 \rangle, \langle A_2, A_3 \rangle, \langle A_2, A_5 \rangle, \langle A_3, A_4 \rangle, \langle A_1, A_4 \rangle, \langle A_3, A_5 \rangle\}$  определяет взаимодействия между алгоритмами в процессе сбалансированного планирования.

Модель (7) определяет интегрированную совокупность процедур сбора, хранения, обработки, представления данных с использованием эффективных вычислительных методов, реализация которых путём применения современных технологий и программных средств обработки информации, позволяет создание информационной технологии сбалансированного планирования объёмов входных и выходных продуктов производства ЛСТ на фиксированном временном интервале.

**Выводы.** Выделены ключевые трудности моделирования процессов производства, транспортировки, потребления продуктов в территориальной системе единой адекватной моделью. Обоснована необходимость применения интегрированного комплекса моделей.

Сформулирована задача формирования с учётом ограниченности ресурсов АХК такого сбалансированного плана удовлетворения потребностей потребителей рассматриваемой территории в продуктах растениеводства, при котором в условиях существующей ЛСТ, действующих ограничений обеспечивается максимальная прибыль АХК.

Построен комплекс моделей потребления, производства, транспортировки комплектов продуктов растениеводства, интегрированных в алгоритмическую модель сбалансированного планирования.

Отмечено, что построенная интегрированная алгоритмическая модель может служить теоретической основой для создания информационной технологии сбалансированного планирования.

#### Список литературы

1. Клімова І. Г. Логістика як чинник підвищення конкурентоспроможності підприємства. *Держава та регіони*. 2006. № 4. С. 163–166.
2. Гуроров О. І., Прозорова Н. В., Прозоров Р. Г. *Формування логістичних систем в сільському господарстві: методичний довідник*. Харків: Цифрова друкарня № 1, 2013. 259 с.
3. Сток Дж. Р., Ламберт Д. М. *Стратегическое управление логистикой*. Москва: ИНФРА-М, 2005. 797 с.
4. *Сервіс для знаходження складської мережі Ant logistic* // <https://ant-logistics.com/main.html> (дата звернення: 05.06.2019).
5. Васильців Н. М. Передумови та тенденції розвитку глобальної логістики. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Сер. Логістика. Львів, 2010. № 669. С. 267–274.
6. Клімова І. Г. *Проблеми та передумови використання логістики в Україні*. Держава та регіони. 2006. № 3. С. 143–147.
7. Яцюта Олександра. Транспортно-логістична система України в умовах європейської інтеграції. *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*. 2016. № 3. С. 89–99.
8. Болдирева Л. М. Структура вантажопотоків сільськогосподарських підприємств. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського*

- господарства ім. П. Василенка: Економічні науки*. Вип. 70. Харків: ХНТУСГ, 2008. С. 24–30.
9. Мороз О. Д. Передумови логістизації економіки України в умовах євроінтеграції. *Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції «Україна у європейському просторі. Проблеми бізнесу, політики, права»*. Львів: ЛУБП, 2010. С. 258–260.
  10. Родіонова О. Є., Дерев'яно О. Г. *Упровадження інтегрованої системи логістики*. URL: <https://www.ipdo.kiev.ua/files/articles/but8.pdf> (дата звернення: 20.06.2019).
  11. Руденко Р. Г. Інноваційність взаємозв'язків видів забезпечення логістичної діяльності та управління підприємством. *Проблеми науки*. 2007. № 8. С. 8–14.
  12. Чернописька Н. Ю. *Методичні підходи оцінювання логістичної діяльності підприємства*. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Львів, 2008. № 23 (623). С. 265–271.
  13. Сергеев В. И., Левина Т. В. *Проектирование цепей поставок на основе референтной модели операций в цепях поставок*. Москва: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2013. 29 с.
  14. Лисицький В. Л., Гернет Н. Д. Структурний та параметричний синтез розподільної підсистеми логістичної системи території. *Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики: Збірник наукових праць*. Львів: ЛНУ, 2016. С. 116–118.
  15. Вордлоу Деніел Л., Вуд Дональд Ф., Джонсон Джеймс, Мерфи Поль Р. *Современная логистика*. Москва: Вильямс, 2002. 624 с.
  16. Бауэрсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж. *Логистика: интегрированная цепь поставок*. Москва: Ольбм-бізнес, 2017. 640 с.
  17. Горчелс Л., Мариен Э., Уэст Ч. *Управление каналами дистрибуции*. Москва: Издательский дом Гребенникова, 2005. 248 с.
  18. Линдерс М. Р., Фирон Х. Е. *Управление снабжением и запасами*. Логистика. Санкт-Петербург: Полигон, 1999. 768 с.
  19. Лунгу К. Н. *Линейное программирование*. Руководство к решению задач. Москва: Физматлит, 2005. 128 с.
  20. Лисицький В. Л. *Автоматизація операційних досліджень на базі персональних ЕОМ*. Харків: НТУ «ХПИ», 2003. 114 с.
  21. Bowersox Donald I., Daugherty Patricia I., Droge Cornelia L., Rogers Dale S., Wardlow Daniel L. *Leading Edge Logistics: Competitive Positioning for the 1990's*. Oak Brook, IL: Council of Logistics Management. 1998.
  22. Lynagh Peter M., Murphy Paul R., Poist Richard F. *Career-Related Perspectives Regarding Women in Logistics: A Comparative Analysis*. *Transportation Journal*. 1996. Vol. 36, no. 1. P. 35–42.
  23. Graves St. C., Gutierrez C. J., Pulver M. J., Sidhu H. S., Weihs G. L. *Optimizing Monsabo's Supply Chain Under Uncertain Demand*. *Annual Conference Proceedings Council of Logistics Management*. 1996. P. 501–516.
  24. Годлевский М. Д., Лисицкий В. Л., Стратинко Н. К. *Исследование операций: решение задач и варианты типовых расчетов*. Харьков: НТУ «ХПИ», 2016. 183 с.

#### References (transliterated)

1. Klimova I. H. *Lohistyka yak chynnyk pidvyshchennia konkurentospromozhnosti pidpryemstva* [Logistics as a factor in increasing the competitiveness of the enterprise]. *Derzhava ta rehiony*. 2006, no. 4, pp. 163–166.
2. Hutorov O. I., Prozorova N. V., Prozorov R. H. *Formuvannia lohistychnykh system v silskomu hospodarstvi: metodychnyi dovidnyk* [Formation of logistic systems in agriculture: a methodological guide]. Kharkiv, Cyfrova drukarnja no. 1 Publ., 2013. 259 p.
3. Stock J. R., Lambert D. M. *Strategic Logistics Management*. New York, MacGraw-Hill Irwin, 2001. 896 p. (Russ. ed.: Stok Dzh. R., Lambert D. M. *Stratehicheskoe upravlenye lohystykoi*. Moscow, INFRA-M Publ., 2005. 797 p.).
4. *Servis dlia znakhodzhenia skladskoi merezhi Ant logistic* // <https://ant-logistics.com/main.html> (accessed 05.06.2019).
5. Vasylytsiv N. M. *Peredumovy ta tendentsii rozvytku hlobalnoi lohistyky* [Preconditions and tendencies of development of global logistics]. *Visnyk Natsionalnoho univertyetu "Lvivska politekhnika". Ser. Lohistyka* [Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series: Logistics]. Lviv, 2010, no. 669, pp. 267–274.

6. Klimova I. H. Problemy ta peredumovy vykorystannia lohistyky v Ukraini [Problems and prerequisites for the use of logistics in Ukraine]. *Derzhava ta rehiony*. 2006, no. 3, pp. 143–147.
7. Yatsiuta Oleksandra Transportno-lohistychna systema Ukrainy v umovakh yevropeiskoi intehratsii [Transport-logistic system of Ukraine in the conditions of European integration]. *Zovnishnja torhivlja: ekonomika, finansy, pravo*. 2016, no. 3, pp. 89–99.
8. Boldyrieva L. M. Struktura vantazhopotokiv silskohospodarskykh pidpriemstv [The structure of freight flows of agricultural enterprises]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichoho universytetu silskoho hospodarstva im. P.Vasylenka: Ekonomichni nauky* [Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture. P. Vasylenko: Economic Sciences]. Issue 70. Kharkiv, KhNTUSH Publ., 2008, pp. 24–30.
9. Moroz O. D. *Peredumovy lohistyzatsii ekonomiky Ukrainy v umovakh yevrointehratsii* [Prerequisites for Logistics of Ukraine's Economy in the Conditions of European Integration]. Materialy VI mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Ukraina u yevropeiskomu prostori. Problemy biznesu, polityky, prava" [Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference "Ukraine in the European Space. Business, Politics, Law Issues"]. Lviv: LUBP Publ., 2010, pp. 258–260.
10. Rodionova O. Ye., Derevianko O. H. *Uprovadzhennia intehrovanoi systemy lohistyky* [Implementation of an integrated logistics system]. Available at: <https://www.ipdo.kiev.ua/files/articles/but8.pdf> (accessed 20.06.2019).
11. Rudenko R. H. Innovatsiiniist vzaiemoviazkiv vydiv zabezpechennia lohistychnoi diialnosti ta upravlinnia pidpriemstvom [Innovation in the relationship between logistics and enterprise management]. *Problemy nauky*, 2007, no.8, pp. 8–14.
12. Chornopyska N. Yu. Metodichni pidkhody otsiniuvannia lohistychnoi diialnosti pidpriemstva [Methodical approaches of estimation of logistic activity of the enterprise]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politehnika"* [Bulletin of Lviv Polytechnic National University]. Lviv, 2008, no. 23 (623), pp. 265–271.
13. Serheev V. Y., Levina T. V. *Proektirovanie cepej postavok na osnovе referentnoy modeli operacij v cepyah postavok* [Supply chain design based on the reference model of supply chain operations]. Moscow, Nacional'nyj issledovatel'skij universitet "Vysshaja shkola jekonomiki" Publ., 2013. 29 p.
14. Lysytskyi V. L., Hernet N. D. Strukturnyi ta parametrychnyi syntezy rozpodilnoi pidsystemy lohistychnoi systemy terytorii [Structural and parametric synthesis of a specific logic system of a logical system]. *Suchasni problemy prykladnoi matematyky ta informatyky: Zbirnyk naukovykh prats* [Modern Problems of Applied Mathematics and Informatics: Collection of Scientific Papers]. Lviv, LNU Publ., 2016, pp. 116–118.
15. Daniel L. Wardlow, Donald F. Wood, James C. Johnson, Paul R. Murphy, jr *Contemporary Logistics*. Prentice Hall, 1999. 608 p. (Russ. ed.: Vordlou Denyel L., Vud Donald F., Dzhonson Dzheims, Merfy Pol R. *Sovremennaja lohistyka*. Moscow, Vyliams Publ., 2002. 624 p.).
16. Bowersox Donald J., Closs David J. *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. McGraw-Hill College, 1996. 752 p. (Russ. ed.: Bauersoks D. Dzh., Kloss D. Dzh., *Lohistyka. Intehrovanyi lantsiuh postavok*. Moscow, Olimp-biznes Publ., 2017. 640 p.).
17. Gorchels L., Marien E., West Ch. The Manager's Guide to Distribution Channels. McGraw Hill, 2004. 225 p. (Russ. ed.: Gorchels L., Marien Ed., West Ch., *Upravlinnia kanalamy dystributsii*. Moscow, Izdatel'skij dom Grebennikova Publ., 2005. 248 p.).
18. Leenders M., Fearon H. E., Flynn A., Johnson P. F. *Purchasing and Supply Management*. McGraw-Hill/Irwin, 2001. 768 p. (Russ. ed.: Linders M. R., Firon H. E. *Upravlenie snabzheniem i zapasami. Logistika*. Sankt-Peterburg, Poligon Publ., 1999. 768 p.
19. Lungu K. N. *Linejnoe programmirovanie. Rukovodstvo k resheniju zadach* [Linear Programming. Guidelines for Resolving and Reserves]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2005. 128 p.
20. Lysytskyi V. L. *Avtomatyzatsiia operatsiinykh doslidzhen na bazi personalnykh EOM* [Automation of operations based on personal computer]. Kharkiv: NTU "KhPI" Publ., 2003. 114 p.
21. Bowersox Donald I., Daugherty Patricia I., Droge Cornelia L., Rogers Dale S., Wardlow Daniel L. *Leading Edge Logistics: Competitive Positioning for the 1990's*. Oak Brook, IL: Council of Logistics Management. 1998.
22. Lynagh Peter M., Murphy Paul R., Poist Richard F. Career-Related Perspectives Regarding Women in Logistics: A Comparative Analysis. *Transportation Journal*. 1996, vol. 36, no. 1, pp. 35–42.
23. Graves St. C., Gutierrez C. J., Pulwer M. J., Sidhu H. S., Weihs G. L. Optimizing Monsabo's Supply Chain Under Uncertain Demand. *Annual Conference Proceedings Council of Logistics Management*. 1996, pp. 501–516.
24. Hodlevskiy M. D., Lysytskyi V. L., Stratyenko N. K. *Yssledovanye operatsyi: reshenye zadach y varyanty tipovykh raschetov* [Operations Research: Problem Solving and Typical Settlement Options]. Kharkov: NTU "KhPI" Publ., 2016. 183 p.

Поступила (received) 17.09.2019

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Лисицький Василь Лаврентійович** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6073-0844>; e-mail: [lysytskyi@ex.ua](mailto:lysytskyi@ex.ua)

**Межирицький Вячеслав Сергійович** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0106-0369>; e-mail: [slavikmel@live.ru](mailto:slavikmel@live.ru)

**Лисицький Василь Лаврентієвич** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; г. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6073-0844>; e-mail: [lysytskyi@ex.ua](mailto:lysytskyi@ex.ua)

**Межирицький Вячеслав Сергеевич** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент; г. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0106-0369>; e-mail: [slavikmel@live.ru](mailto:slavikmel@live.ru)

**Lysytskyi Vasyl Lavrentiiovich** – candidate of technical sciences, docent, National technical university «Kharkiv polytechnic institute», Docent of the Department of Software Engineering and Information Technology Management; . Kharkiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6073-0844>; e-mail: [lysytskyi@ex.ua](mailto:lysytskyi@ex.ua)

**Mezhyrytskyi Viacheslav Serhiyovich** – National technical university «Kharkiv polytechnic institute», student; c. Kharkiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0106-0369>; e-mail: [slavikmel@live.ru](mailto:slavikmel@live.ru)