

**08.00.05 ЭКОНОМИКА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ****Автоматизация оценки факторных соотношений и стратегий производственно-технологических связей оператором преобразования базиса линейных информационных структур**

УДК 0.04, 517.4, 69.07

**Куликов В.Г.**

Канд. техн. наук, академический советник РИА, доцент кафедры «Информационные системы, технологии и автоматизация в строительстве», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва); e-mail: kulikov-miit@mail.ru

**Серова Е.А.**

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные системы, технологии и автоматизация в строительстве», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва); e-mail: serova2004@but.ru

**Стифеева О.А.**

Сотрудник кафедры «Информационные системы, технологии и автоматизация в строительстве», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва); e-mail: stifeevaoo@mgsu.ru

**Пестрикова А.Д.**

Студент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва); e-mail: nastya201098@mail.ru

Статья получена: 05.12.2019. Рассмотрена: 07.12.2019. Одобрена: 28.12.2019. Опубликовано онлайн: 31.12.2019. ©РИОР

**Аннотация.** В работе предпринята попытка эквивалентного преобразования структурированных данных табличными формами с помощью их адекватного преобразования в вектор-

ные формы подобия, значительно улучшающие условия формализации процессов вычислений и обработки информационных структур и массивов данных. Решение задачи получено путем

**AUTOMATION OF EVALUATION OF FACTOR RELATIONS AND STRATEGIES OF PRODUCTION AND TECHNOLOGICAL RELATIONS BY THE OPERATOR OF TRANSFORMATION OF THE BASIS OF LINEAR INFORMATION STRUCTURES**  
**Kulikov V.G.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow; e-mail: kulikov-miit@mail.ru

**Serova E.A.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow; e-mail: serova2004@but.ru

**Stafeeva O.A.**

Employee, Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow; e-mail: stifeevaoo@mgsu.ru

**Pestrikova A.D.**

Student, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow; e-mail: nastya201098@mail.ru

**Manuscript received:** 05.12.2019. **Revised:** 07.12.2019. **Accepted:** 28.12.2019. **Published online:** 31.12.2019. ©RIOR

**Abstract.** In this paper, an attempt is made to equivalent transformation of structured data by tabular forms by means of their adequate transformation into vector similarity forms, which significantly improve the conditions for formalization of computing processes and processing of information structures and data arrays. The solution of the problem is obtained by such a linear transformation of vector structures of information in the corresponding analytical dependencies using transformation matrices. The method of estimation of achievement of balance between expenses on the organization of production and, the income received from sale of production at the fixed price is offered.

**Keywords:** the data array, information structure, vector, similarity matrix, transform matrix, basis, transformation of the information basis, cost, revenue, cost structure, fixed charges, variable costs, balance, profitability.

подобного линейного преобразования векторных структур информации в соответствующие аналитические зависимости с помощью матриц преобразования. Предложена методика оценки достижения равновесия между затратами на организацию производства и доходами, получаемыми от реализации продукции по фиксированной цене.

**Ключевые слова:** массив данных, информационные структуры, вектор, матрица подобия, преобразующая матрица, базис, преобразование информационного базиса, затраты, доходы, структура затрат, постоянные затраты, переменные затраты, равновесие, рентабельность.

Целью анализа производственно-технологических связей при производстве сборного железобетона является выявление факторных соотношений между объемами производства, структурой финансовых затрат и применяемыми технологиями производства.

Оценки факторных соотношений, как интегральных показателей процесса управления производством могут быть представлены совокупным критерием оценки состояния дел, выявляемым из условий факторных взаимоотношений выше перечисленных факторных соотношений для достижения поставленных целей лицами, принимающими решения о выборе стратегии управления производством.

Предположим, что завод сборных железобетонных изделий предполагает выпускать 9,5 тыс. м<sup>3</sup> конструкций в год, что в пересчете на средний объем одного выпускаемого изделия 1,9 м<sup>3</sup> составит 5000 единиц продукции в год по предполагаемой цене реализации 1900 руб. за каждый 1 м<sup>3</sup>. При этом совокупные постоянные затраты предварительно оцениваются в 107 млн руб., а совокупные переменные затраты планируются из расчета 203 млн руб. на весь объем производства (это предполагаемые инвестиционные условия задачи).

При такой постановке условий задача выявления совокупного критерия условия планирования организации производства может быть представлена в виде табл. 1.

Анализ приведенных в табл. 1 данных указывает на очевидные убытки при таких заданных условиях производства и структуры затрат.

Поиск более выгодных вариантов стратегий производства при заданных условиях предполагает в том числе изменение структуры приведенных показателей оценок. То есть существующий массив информации может дополняться новой структурированной информацией, помогающий увидеть и найти путь решения задачи.

Так, например, увеличение объема выпуска продукции с 5000 до 100 000 изделий в год при заданной структуре затрат приведет к получению положительной рентабельности. Этот факт указывает на возможность управления рентабельностью производства с помощью такого параметра, как объем выпуска продукции. Результаты оценки изменения доходности организации производства приведены в табл. 2.

Таблица 2

#### Оценка изменения доходности организации производства

Количество изделий, единиц	Объем выпуска м <sup>3</sup> /год,	Затраты общие, руб.	Выручка, руб.	Доход, руб.
5 000	9 500	310 000 000	18 050 000	-291 950 000
50 000	95 000	310 000 000	180 500 000	-129 500 000
<b>100 000</b>	<b>190 000</b>	310 000 000	361 000 000	<b>51 000 000</b>

Достижение положительной рентабельности, как это следует из табл. 2, возможно. Но положительная рентабельность достигается при манипулировании только одним параметром — его увеличением, объемом выпуска продукции.

Таблица 1

#### Выявление совокупного критерия условия планирования организации производства

Количество изделий, единиц	Объем выпуска в год, м <sup>3</sup>	Средний объем одного изделия, м <sup>3</sup>	Цена за 1 м <sup>3</sup>	Затраты постоянные Z <sub>пост</sub> , руб.	Затраты переменные Z <sub>пер</sub> , руб.	Затраты общие, руб.	Выручка, руб.	Доход, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	8
5 000	9 500	1,9	1 900	107 000 000	203 000 000	310 000 000	18 050 000	-291 950 000

Вопрос: а позволит ли существующая конъюнктура рынка манипулировать только одним этим параметром и на сколько?

А если нет, то необходимо изыскивать улучшающие стратегии организации производства в поиске дополнительных соответствующих факторных критериев соотношения оценок и управления.

Заметим, что данные табл. 1 и 2 можно представить в векторной форме следующим образом:

$$\text{Табл. (1,2)} \sim M(ij) \sim \begin{pmatrix} 5000 & 9500 & 310\text{млн.} & 180,5\text{млн.} & -291,95\text{млн.} \\ 50000 & 95000 & 310\text{млн.} & 180,5\text{млн.} & -129,50\text{млн.} \\ 100000 & 190000 & 310\text{млн.} & 180,5\text{млн.} & +51\text{млн.} \end{pmatrix}$$

Такая векторная форма представления информации из структурированных табл. 1 и 2 позволяет интерпретировать ее  $n$ -мерными множествами (пространствами) в соответствующих базисах и обобщить такое представление на наши дальнейшие рассуждения в виде линейного преобразования вида:

$$A: U \rightarrow U$$

$n$ -мерного унитарного пространства.

$U$  назовем унитарным (изометрическим), если оно сохранит скалярное произведение векторов, т.е.:

$$\{A(v), A(w)\} = \{v, w\}, \forall v, w \in U.$$

Так как затраты, включаемые в себестоимость продукции, в зависимости от изменения конъюнктуры спроса и, следовательно, объема выпуска продукции можно подразделить на условно-постоянные ( $Z_{\text{пост}}$ ) и условно-переменные ( $Z_{\text{перем}}$ ), представим их в следующем образом:

1.  $Z$  — затраты на организацию производства, состоящие из суммы постоянных и переменных затрат ( $Z = Z_{\text{пост}} + Z_{\text{перем}}$ );
2.  $V$  — выручка от выпуска сборного железобетона;
3.  $D$  — полученный доход от реализации выпущенной продукции, как разница между общими затратами и полученной выручкой в тыс. рублей ( $D = Z - V$ );
4.  $Z^{\text{уд}}$  — удельные затраты выпуска, представляющие собой сумму удельных постоянных

и удельных переменных затрат в тыс. руб. ( $Z^{\text{уд}} = Z_{\text{пост}}^{\text{уд}} + Z_{\text{перем}}^{\text{уд}}$ );

5.  $D^{\text{уд}}$  — удельный доход, представляющий собой разницу между удельными затратами и удельной выручкой, т.е. ( $D^{\text{уд}} = Z^{\text{уд}} - V^{\text{уд}}$ ).

Из этого следует, что интегральный критерий управления производством должен быть адекватным и однозначным при трансляции данных из одной формы представления информации в другую, т.е. обладать принципами гомоморфизма (рис. 1).

Таблица 2

Количество изделий, единиц	Объем выпуска м <sup>3</sup> /год,	Затраты общие, руб.	Выручка, руб.	Доход, руб.
5 000	9 500	310 000 000	18 050 000	-291 950 000
50 000	95 000	310 000 000	180 500 000	-129 500 000
<b>100 000</b>	<b>190 000</b>	310 000 000	361 000 000	<b>51 000 000</b>

$$A: U \rightarrow U$$

Таблица 3

Удельные показатели, руб./ед.

$Z_{\text{пост}}^{\text{уд}}$	$Z_{\text{перем}}^{\text{уд}}$	$Z^{\text{уд}}$	$V^{\text{уд}}$	$D^{\text{уд}}$
a11	a12	a13	a14	a15
a21	a22	a23	a24	a25
a31	a32	a33	a34	a35

Рис. 1. Преобразование данных из табл. 2 в данные табл. 3

В нашей терминологии это означает, что преобразование информации, содержащейся в табл. 2, в любую другую таблицу или форму и, в частности, в форму, использующую указанную нами выше условно-удельную форму представления параметров критериев оценки (табл. 3), должно быть осуществлено строго формальным образом, основываясь на принципах подобия, определений линейных операторов и преобразующих матриц информационных пространств.

Матрицы  $A$  и  $B$   $n$ -го порядка назовем подобными, если существует такая матрица  $S$  ( $\det S \neq 0$ ), что

$$B = S^{-1} \cdot A \cdot S.$$

Такое преобразование матрицы **A** назовем преобразованием подобия, а матрицу **S** — преобразующей. Подобие является частным случаем эквивалентных преобразований.

Выполним формальные действия для того, чтобы получить матрицу **B**, подобную матрице **A**.

Составим из элементов табл. 2 векторные формы. Действовать будем по следующему алгоритму.

Представим данные из некоей табл. 2а матрицей **D**, например:

$$A := \begin{bmatrix} 310 & 18,05 & -291,95 \\ 310 & 180,5 & -129,50 \\ 310 & 51,00 & 51,00 \end{bmatrix};$$

$$D := \begin{pmatrix} 31000000 & 18050000 & -291950000 \\ 310000000 & 180500000 & -129500000 \\ 310000000 & 361000000 & 51000000 \end{pmatrix}.$$

Представим табл. 3 матрицей **F**:

$$F := \begin{pmatrix} 32632 & 1900 & -30732 \\ 3263 & 1900 & -1363 \\ 1632 & 1900 & 268 \end{pmatrix}.$$

Найдем собственные значения ( $\lambda$ ) матрицы **A**:

$$\lambda = \begin{bmatrix} 270,75 + 373,26i \\ 270,75 - 373,26i \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Получим собственные векторы матрицы **A**:

$$S_1 = \begin{bmatrix} 0,069 + 0,53i \\ 0,372 + 0,28i \\ 0,708 \end{bmatrix}, S_2 = \begin{bmatrix} 0,069 - 0,53i \\ 0,372 - 0,28i \\ 0,708 \end{bmatrix},$$

$$S_3 = \begin{bmatrix} 0,577 \\ -0,577 \\ 0,577 \end{bmatrix}.$$

Составим преобразующую матрицу **S** из собственных векторов матрицы **A**, при помощи которой матрица **A** приводится к диагональному виду:

$$S = \begin{bmatrix} 0,069 + 0,53i & 0,069 - 0,53i & 0,577 \\ 0,372 + 0,28i & 0,372 - 0,28i & -0,577 \\ 0,708 & 0,708 & 0,577 \end{bmatrix},$$

$$S = \begin{bmatrix} -\frac{279011}{2790000000} & 0 & \frac{279011}{2790000000} \\ \frac{107522597}{1007190000000} & \frac{19}{3100000} & -\frac{101349497}{1007190000000} \\ -\frac{323057}{2790000000} & \frac{19}{3100000} & \frac{305957}{2790000000} \end{bmatrix}.$$

Определитель преобразующей матрицы **S** равен 0,  $\det(S) = 0,863i$ . Это означает, что решение преобразования подобия есть.

Получим диагональную матрицу подобия **B**:

$$B = \begin{bmatrix} 270,75 + 373,26i & 0 \\ 0 & 270,75 - 373,26i \end{bmatrix}.$$

Покажем результат формального преобразования исходных данных из табл. 2 в удельные показатели, приведенные в табл. 3, рис. 1 с помощью преобразующей матрицы **S**. Матрица **F** получена путем умножения вектора исходных данных **D** на преобразующую матрицу **S**.

$$D := \begin{pmatrix} 31000000 & 18050000 & -291950000 \\ 310000000 & 180500000 & -129500000 \\ 310000000 & 361000000 & 51000000 \end{pmatrix} \times$$

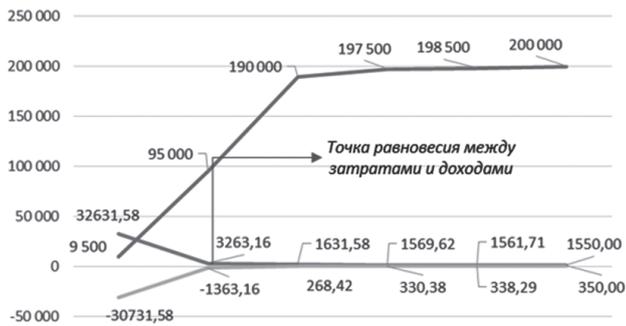
$$\times S = \begin{pmatrix} -\frac{279011}{2790000000} & 0 & \frac{279011}{2790000000} \\ \frac{107522597}{1007190000000} & \frac{19}{3100000} & -\frac{101349497}{1007190000000} \\ -\frac{323057}{2790000000} & \frac{19}{3100000} & \frac{305957}{2790000000} \end{pmatrix} =$$

$$= F := \begin{pmatrix} 32632 & 1900 & -30732 \\ 3263 & 1900 & -1363 \\ 1632 & 1900 & 268 \end{pmatrix}.$$

Здесь приведены в первой колонке вектора **F** значения расходов, приходящихся на единицу выпускаемой продукции для разных объемов производства. Во второй колонке приведена удельная цена, т.е. стоимость единицы продукции для указанного объема производства. В третьей колонке показан доход, приходящийся на каждую единицу выпускаемой продукции при указанных объемах выпуска.

Таким образом, нами показаны формальные преобразования, удовлетворяющие положению об адекватности и однозначности выполненных информационных преобразований.

Покажем динамику поведения указанных параметров (рис. 1).



**Рис. 1.** Влияние увеличения объема выпуска продукции (м³/год) на удельные затраты ( $Z^{уд}$ ) и удельный доход ( $D^{уд}$ ) при постоянной удельной выручке ( $B^{уд} = 1900$  руб./м³)

Соотношения между увеличением объема выпуска продукции, затратами на ее изготовление, приходящимися на единицу выпускаемой продукции и получаемом при этом доходе указаны при постоянной цене за единицу продукции.

Увеличение объема производства в указанном интервале приводит к снижению уровня затрат и увеличению при этом уровня доходности на этом же интервале объема производства. Причем затраты ( $Z^{уд}$ ), уменьшаясь с увеличением объема производства, на определенном этапе приобретают относительно постоянный уровень значений. Уровень доходности ( $D^{уд}$ ), увеличиваясь на этом же интервале увеличения объема производства, впоследствии тоже стабилизируется.

Причем указанные кривые на рис. 1 сходятся в точке их равновесия, т.е. когда расходы на производство равны доходам от реализации выпускаемой продукции.

Найдем координаты этой точки равновесия, которая укажет на тот объем выпуска продукции, при котором будет достигнуто безубыточное производство.

Определим координаты двумерного вектора дохода в базисе ( $I-J$ ). В качестве базиса ( $I$ ) будем использовать предполагаемый объем производства изделий (190 000 м³/год), при котором, по прогнозным оценкам, достигается положительное сальдо между предполагаемыми выручкой и доходом при таком объеме производства.

В качестве базиса ( $J$ ) выберем значения показателей затрат на весь предполагаемый объем выпуска продукции.

Обозначим указанный двумерный вектор дохода через ( $y_1$ ) и зададим его координаты, используя табл. 2. в указанном базисе ( $I-J$ ):

$$y_1 = \{x_1 = 0, y_1 = 0, x_2 = 190\ 000, y_2 = 51\ 000\ 000\}$$

Это позволяет представить двумерный вектор  $y_1$  следующим образом:

$$Y_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 190\ 000 & 51\ 000\ 000 \end{pmatrix}.$$

Преобразуем вектор  $y_1$  в аналитическую зависимость вида  $y = f(x)$ , т.е.:

$$y_1 x = \frac{5100 \cdot x}{19}.$$

Поступим аналогично с двумерным вектором  $y_2$ , определяемым нами как вектор затрат из того же источника данных (табл. 2).

Указанный источник данных по своей структуре представляет собой структурированный информационный  $n$ -мерный массив, из которого возможен выбор  $k$ -мерных векторов информации в любом порядке. Эти информационные массивы при их выборке и обработке должны сохранять свою адекватность исходным состояниям, что и было ранее показано при их преобразовании.

Координаты двумерного вектора, например, дохода в том же базисе ( $I-J$ ):

$$y_2 = \{x_1 = 0, y_1 = 203\ 000\ 000, x_2 = 190\ 000, y_2 = 361\ 000\ 000\}.$$

Таким образом вектор  $y_2$  может быть представлен как:

$$Y_2 = \begin{pmatrix} 0 & 203\ 000\ 000 \\ 190\ 000 & 361\ 000\ 000 \end{pmatrix}.$$

Преобразование вектора  $y_2$  в аналитическую зависимость дает следующий результат:

$$y_2(x) = \frac{15800 \cdot x}{19}.$$

Заметим, что по структуре данных табл. 2 при организации производства имеют место

быть так называемые постоянные расходы на уровне 107 000 000 руб. Учтем это обстоятельство при анализе соотношений параметров производства соответствующим вектором  $y_3$ .

Таким образом, исходя из данных строки № 3 табл. 2, предполагаемый доход в размере 51 млн руб. достигается при объеме выпуска  $x = 190$  тыс. м<sup>3</sup>/год. Так как в начальный период организации производства и доходы, и расходы равны 0, то двумерный вектор этого высказывания можно представить следующим образом:

$$\ddot{A}_1(x) = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 190000 & 51000000 \end{pmatrix}.$$

Преобразование этого высказывания в функциональную зависимость будет выглядеть следующим образом:

$$\ddot{A}_1(x) = \frac{5081 \cdot x}{19}.$$

Выручка денежных средств в указанном ба- зисе:

$$\hat{A}_1(x) = \begin{pmatrix} 0 & -107000000 \\ 190000 & 361000000 \end{pmatrix}.$$

Аналитически это будет выглядеть так:

$$\hat{A}_1(x) = 1900 \cdot x.$$

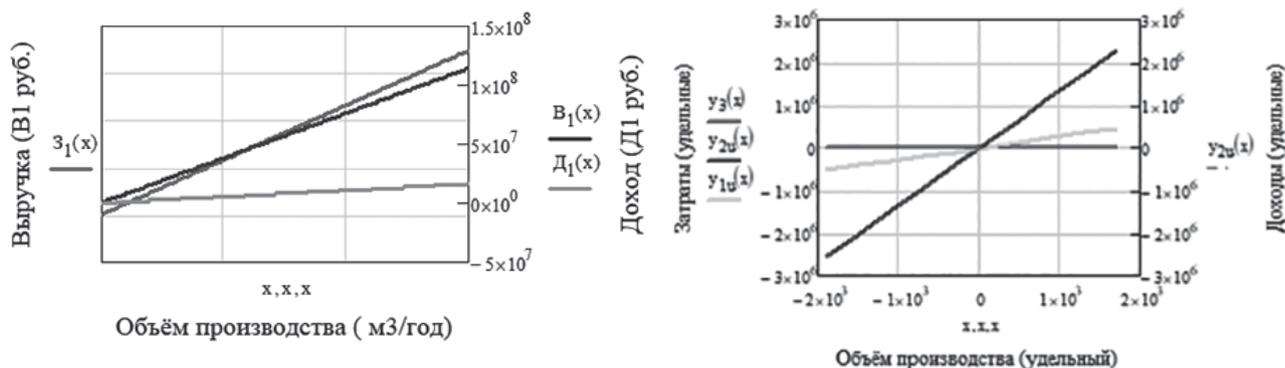


Рис. 2. Равновесие между затратами и доходами организации производства

Вышеперечисленные действия позволяют более подробно раскрыть информацию, приведенную на рис. 1, с помощью рис. 2, на которых отчетливо видна точка пересечения между предполагаемыми затратами и доходами производства. Таким образом, будем считать равновесием указанную точку пересечения при существующем уровне постоянных и временных затрат на рис. 2.

Запишем систему равновесия с учетом предыдущих рассуждений и предположим, что  $x_i$  — это необходимый объем производства, а  $y_j$  — получаемая при этом выручка, равная имеющимся на этот момент затратам:

$$\begin{cases} 1900 \cdot x_1 + y_1 = 0 \\ x_1 - y_1 = -107000000 \end{cases}$$

откуда

$$x_1 = 56345; y_1 = 107056345.$$

Таким образом, нами выявлено эквивалентное однозначное соответствие между параметрами объема производства, имеющимися при этом затратами и доходами для достижения безубыточности при заданной цене единицы продукции.

Произведя 56 345 единиц продукции, получим выручку, равную 107 055 500 руб.

Выпуск хотя бы на одну единицу продукции больше уже будет приносить прибыль при исходных условиях задачи.

## Литература

1. *Крайнов А.Ю.* Операционное исчисление. Примеры и задачи [Текст]: учебно-методическое пособие / А.Ю. Крайнов, Ю.Н. Рыжих. — Томск: Том. ун-т, 2007. — 104 с.
2. *Луниц Г.Л.* Функции комплексного переменного (с элементами операционного исчисления) [Текст] / Г.Л. Луниц, Л.Э. Эльсгольц. — М.: Лань, 2002. — 292 с.
3. *Волков И.К.* Интегральные преобразования и операционное исчисление [Текст]: учебник для вузов / И.К. Волков, А.Н. Канатников. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 228 с.
4. *Пискунов Н.С.* Дифференциальное и интегральное исчисление [Текст]: учеб. пособие: в 2 т. / Н.С. Пискунов. — М.: Интеграл-Пресс, 2002. — Т. 2. — 544 с.
5. *Эйдерман В.Я.* Основы теории функций комплексного переменного и операционного исчисления [Текст] / В.Я. Эйдерман. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 256 с.
6. *Пантелеев А.В.* Теория функций комплексного переменного и операционное исчисление в примерах и задачах [Текст]: учеб. пособие / А.В. Пантелеев, А.С. Якимова. — М.: Высшая школа, 2001. — 445 с.

## References

1. *Krajnov A.Yu.* *Operacionnoe ischislenie. Primery i zadachi* [Operational calculus. Examples and tasks]. Tomsk: Tom. un-t Publ., 2007. 104 p.
2. *Lunc G.L.* *Funkcii kompleksnogo peremennogo (s elementami operacionnogo ischisleniya)* [Functions of a complex variable (with elements of operational calculus)]. Moscow: Lan' Publ., 2002. 292 p.
3. *Volkov I.K.* *Integral'nye preobrazovaniya i operacionnoe ischislenie* [Integral transformations and operational calculus]. Moscow: MGTU im. N. E. Bauman Publ., 2002. 228 p.
4. *Piskunov N.S.* *Differencial'noe i integral'noe ischislenie* [Differential and integral calculus: a study guide]. Moscow: Integral-Press Publ., 2002, V. 2, 544 p.
5. *Ejderman V.Ya.* *Osnovy teorii funkcij kompleksnogo peremennogo i operacionnogo ischisleniya* [Fundamentals of the theory of functions of a complex variable and operational calculus]. Moscow: FIZMATLIT Publ., 2002. 256 p.
6. *Panteleev A.V.* *Teoriya funkcij kompleksnogo peremennogo i operacionnoe ischislenie v primerah i zadachah* [The theory of functions of a complex variable and operational calculus in examples and problems]. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 2001. 445 p.