УДК 338.984.2

Ю. Т. Глазунов

МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ В ФОРМЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПЕРАТОРА

Рассматривается подход к построению модели предприятия в форме математического оператора, действующего из одного векторного пространства в другое. Первое из этих пространств символизирует материальные ресурсы, второе — готовую продукцию. Введена норма этого оператора и исследованы некоторые его свойства.

An approach to model a production venture in the shape of mathematical operator was presented. This operator is working from a vector space which represents production implements to a space which consist of vectors of prepared production. The definition of norm of this operator was introduced and his certain features were analysed.

Ключевые слова: производственная система, математическая модель, структура, оператор.

Key words: production venture, mathematical model, structure, operation.

Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2014. Вып. 4. С. 153 – 163.

Введение

Целью исследований является разработка математической теории функционирования целеустремленных проблеморазрешающих систем. До недавнего времени целеустремленность считалась исключительно прерогативой человека. Однако в наше время ситуация существенно изменилась, и сейчас к целеустремленным системам мы относим множество человеко-машинных (в том числе и производственных) систем. Известно, что каждая проблеморазрешающая система выступает одновременно и целеустремленной: ее цель — это разрешение возникшей проблемы. С точки зрения кибернетики они — большие системы, характеризующиеся высоким разнообразием составляющих компонентов и громадным количеством объединяющих их связей. Строгая математическая теория здесь необходима, поскольку исследовать большие комплексы взаимосвязанных и взаимодействующих элементов наиболее целесообразно с позиций единого подхода.

Основанная на математике теория должна выступать как единая междисциплинарная наука о наиболее общих законах и формах организации природных, хозяйственных и общественных образований, а также как всеобщий подход к изучению условий их зарождения, развития, обнаружения причин их деструкции, упадка и распада.

В какой-то мере сегодняшнее положение дел в науках о системах можно сравнить с ситуацией, которая в начале XX столетия привела в математике к появлению новой дисциплины — функционального анализа [8]. Тогда все чаще стали замечать, что в таких далеких друг от друга дисциплинах, как геометрия, математический анализ или алгебра, возникают весьма схожие задачи и подобные подходы к изучению непохожих объектов. Обобщение и развитие общих методов привело к появлению абстрактного анализа, который позднее сам стал основой новых математических наук.

Необходимо отметить, что для целеустремленных систем какая-либо математическая теория в настоящее время вообще отсутствует. Математический подход применяются в основном в задачах изучения и конструирования технических систем. Когда же речь заходит о человеко-машинных системах или тем более о системах производственного или социально-экономического характера, математический аппарат авторов скудеет, а затем и полностью исчезает. Рассуждения переходят в рамки качественной оценки ситуации, что вовсе не способствует достижению необходимой глубины результатов.

Среди целеустремленных систем важную роль играют системы производственного характера [4]. Именно на них опирается множество иных хозяйственных институтов.

1. Представление производственной системы в форме математического оператора

Под производственной системой мы понимаем целеустремленную систему, генеральной целью которой является выпуск продукции [7]. Формализуя понятие производственной системы, представим ее в виде оператора P, действующего из одного векторного пространства X размерности n в другое векторное пространство Y размерности m, то есть как

$$\mathbf{y} = P(\mathbf{x}), \quad (1)$$

где $\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n] \in X$ — n-мерный вектор материальных и иных ресурсов, размещенных на входе в систему, из которых создается m видов продукции; $\mathbf{y} = [y_1, y_2, \dots, y_m] \in Y$ — m-мерный вектор, символизирующий производимую системой продукцию.

Используя системный анализ, раскроем содержание оператора P. Начиная анализ, рассмотрим следующие определения [1].

Элементом производственной системы мы назовем простейшую неделимую ее часть. Понятие элемента условно: то, что в одном случае воспринимается как элемент, при решении другой задачи, связанной с той же системой, им может уже не быть. Элементы объединяются в группы. Некоторые группы представляют собой подсистемы.

Подсистема — часть системы, обладающая всеми свойствами системы. Подсистема способна выполнять функции, направленные на достижение подцелей генеральной цели системы. Это и отличает ее от простой группы элементов, называемой *компонентом* системы.

Структура системы — совокупность отношений, заданных на множестве элементов и подсистем [5]. Структура отражает наиболее существенные отношения между элементами и их группами, те, которые мало изменяются в процессе жизнедеятельности системы и обеспечивают само ее существование. Структура создает устойчивую упорядоченность и является основой системной организации.

К структуре относятся связи между элементами. Именно они обеспечивают возникновение и сохранение структуры, ее целостность и динамику поведения. *Связь* понимается как ограничение степеней свободы системных элементов [3]. Связи бывают направленные и ненаправленные, сильные и слабые. По характеру они разделяются на равноправные, связи подчинения, генетические и связи управления. Последние могут быть прямыми и обратными. *Обратная связь* определяется как воздействие результатов работы системы на характер ее функционирования. Такие связи бывают положительными (служат сохранению тенденции происходящих в системе изменений) и отрицательными (противодействуют этой тенденции). Обычно обратная связь служит стабилизации требуемого параметра и является основой приспособления системы к изменяющимся условиям существования.

Перейдем к непосредственному анализу оператора (1).

Поскольку оператор P действует в конечномерных пространствах, в его основе должна лежать матрица размерности $n \times m$, то есть матрица

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mj} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}.$$

Эта матрица послужит дальнейшей основой наших рассуждений. Назовем ее *матрицей связи* и интерпретируем элементы этой матрицы применительно к нашей задаче.

Поскольку преобразование (1) имеет форму $\mathbf{y} = \mathbf{ax}$, где правая часть выражения — произведение матрицы на вектор, то символ a_{ij} можно считать элементом, связующим входящий в систему j-й ресурс с произведенным ею i-м продуктом. Присвоим всем связующим элементам значение 1, а всем остальным (не связывающим вектор $\mathbf{x}$ с вектором $\mathbf{y}$) — значение 0. Матрица связи примет вид

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \ldots & 1 & \ldots & 0 \\ 1 & 0 & \ldots & 1 & \ldots & 1 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 1 & \ldots & 1 & \ldots & 1 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 1 & 1 & \ldots & 1 & \ldots & 1 \end{bmatrix}.$$

Назовем $\mathbf{S}$ *матрицей производственной структуры.* Нулевые элементы $\mathbf{S}$ означают отсутствие связи между вектором ресурсов и выпускаемой продукцией. Для нас они интереса не представляют. Однако каждый единичный элемент $\mathbf{S}$ свидетельствует о некоторой связи между вектором ресурсов и вектором продукции. Связь эта заключается в существовании производственного подразделения, перерабатывающего ресурс x_j в элемент продукции y_j. Обозначим это подразделение символом A_{ij} и назовем его *структурным производственным подразделением*.

В основных цехах и на производственных участках A_{ij} сырье и полуфабрикаты превращаются в готовую продукцию. Совокупность действий, направленных на указанное превращение, называют *производственным процессом*. Из всех производственных процессов наиболее распространены так называемые *синтетические*. При них одна разновидность продукции изготавливается из различных видов сырья и полуфабрикатов. Отсюда следует, что столбец j матрицы $\mathbf{S}$ определяет все структурные производственные подразделения, участвующие в переработке ресурса с номером j, а строка i — все подразделения, участвующие в создании продукта i.

Итак, матрица производственной структуры показывает все полезные в данном процессе подразделения (они участвуют в выпуске продукции $\mathbf{y}$ и отмечены цифрой 1). Но, свидетельствуя о существовании отношения между вектором ресурсов и вектором готовой продукции, отмеченные единицей элементы ничего не говорят о его характере, то есть о том, что происходит в данном связующем звене. Мы знаем лишь то, что звено A_{ij} — полезное производственное подразделение. В зависимости от степени детализации системы в качестве такого звена могут выступать цех, участок или иное производственное подразделение.

На основе матрицы $\mathbf{S}$ построим матрицу *структурных производственных подразделений*

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & A_{12} & \dots & A_{1j} & \dots & 0 \\ A_{21} & 0 & \dots & A_{2j} & \dots & A_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & A_{i2} & \dots & A_{ij} & \dots & A_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{m1} & A_{m2} & \dots & A_{mj} & \dots & A_{mn} \end{bmatrix} \qquad (2)$$

и перейдем к вещественному и информационному наполнению элементов A_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$).

В матрице (2) элемент A_{ij} выполняет некоторую производственную операцию. Обозначим ее (i, j) и рассмотрим это понятие подробнее. Производственные процессы делятся на вспомогательные и основные. Минуя вспомогательные процессы, мы рассмотрим только основные.

Технологический процесс — часть производственного процесса, которая непосредственно связана с состоянием сырья и превращением его в продукцию. Повторяющаяся часть технологического процесса называется *циклом*. Процессы, циклическая часть которых приостанавливается и повторяется после включения в них нового предмета труда называют *периодическими*. Непрерывными считаются процессы, которые приостанавливаются только тогда, когда сырьевой поток исчерпывается.

Технологический процесс складывается из частей, разделенных в пространстве и времени, однако связанных единой целью производства. Эти части и называют операциями. *Операция* — это технически и технологически однородная и завершенная на данной стадии изготовления продукции часть технологического процесса, состоящая из элементарных работ, выполняемых при обработке предмета труда на одном рабочем месте.

Заменяя в матрице производственной структуры все единичные элементы соответствующими структурным подразделениям операциями, мы приходим к новой *матрице производственных операций* **B**:

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 & (1,2) & \dots & (1,j) & \dots & 0 \\ (2,1) & 0 & \dots & (2,j) & \dots & (2,n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & (i,2) & \dots & (i,j) & \dots & (i,n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ (m,1) & (m,2) & \dots & (m,j) & \dots & (m,n) \end{bmatrix}. \qquad (3)$$

Последний объект не является упорядоченным числовым множеством. Его ненулевые элементы имеют иной характер — это операции, то есть существующие во времени комплексы взаимосвязанных работ, направленные на превращение исходных материалов в готовую продукцию с использованием энергии и применением человеческого фактора. В выражении (3) это только символы. Но их упорядоченность в форме квадратной таблицы дает нам основание называть множество, представленное таблицей (3), как и иные множества подобного типа, матрицей.

Сложный объект превращается в систему после того, как он становится организованным. Приступим к анализу и построению модели организации производства [6]. Обратимся вначале к понятиям, связанным с вещественным обеспечением операции.

Для реализации операции (i, j) структурное подразделение A_{ij} должно располагать техникой. Это могут быть станки, машины, аппараты, инструменты и т. д. Обозначим технику, необходимую для выполнения (i, j), $t_{(i,j)}$ и назовем ее *техническим обеспечением* (i, j). Получим *матрицу технического обеспечения* производственной системы:

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 0 & t_{(1,2)} & \dots & t_{(1,j)} & \dots & 0 \\ t_{(2,1)} & 0 & \dots & t_{(2,j)} & \dots & t_{(2,n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & t_{(i,2)} & \dots & t_{(i,j)} & \dots & t_{(i,n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{(m,1)} & t_{(m,2)} & \dots & t_{(m,j)} & \dots & t_{(m,n)} \end{bmatrix}. \tag{4}$$

Матрица (4) включает все технические средства, которые использует производственная система для выпуска продукции **y**.

Пусть $e_{(i,j)}$ — энергия, необходимая для обеспечения работы A_{ij}. *Матрица энергетических затрат* производственной системы тогда есть

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} 0 & e_{(1,2)} & \dots & e_{(1,j)} & \dots & 0 \\ e_{(2,1)} & 0 & \dots & e_{(2,j)} & \dots & e_{(2,n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & e_{(i,2)} & \dots & e_{(i,j)} & \dots & e_{(i,n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ e_{(m,1)} & e_{(m,2)} & \dots & e_{(m,j)} & \dots & e_{(m,n)} \end{bmatrix}. \tag{5}$$

В определении операции упоминается человеческий фактор. Это разного рода специалисты, участвующие в ее реализации. Коллектив, выполняющий операцию (i, j), обозначим $l_{(i,j)}$. Тогда

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} 0 & l_{(1,2)} & \dots & l_{(1,j)} & \dots & 0 \\ l_{(2,1)} & 0 & \dots & l_{(2,j)} & \dots & l_{(2,n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & l_{(i,2)} & \dots & l_{(i,j)} & \dots & l_{(i,n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{(m,1)} & l_{(m,2)} & \dots & l_{(m,j)} & \dots & l_{(m,n)} \end{bmatrix} \tag{6}$$

можно назвать *матрицей людских ресурсов* производственной системы.

Пусть матрицы (4), (5) и (6) отображают все материальное наполнение производственной системы. Такая важная ее составляющая, как основные фонды (здания, инфраструктура, социальные институты и т. д.), существует постоянно и для нашей задачи отдельное ее рассмотрение значения не имеет. Положим также, что финансовое обеспечение каждой операции имеет место, поскольку существуют и действуют обеспечиваемые финансами материальные составляющие (4)—(6).

Материальные компоненты, даже если они структурно объединены между собой, системы еще не создают. Чтобы она появилась и начала действовать, необходимо в эти элементы внести информационную составляющую. В нашем случае укажем способы, режимы и последовательность обработки сырья; пути и порядок передачи полуфабрикатов (то есть представим технологию прохождения каждой операции); определим взаимосвязь и регламент выполнения составляющих операцию работ; обусловим способы функционирования как отдельных работников, их групп, так и всего коллектива в целом. Предусмотрим и зафиксируем, что предпринимать в случае появления технических неполадок, сбоев в поставке сырья или неспособности отдельных членов производственного коллектива выполнять должностные обязанности.

Иными словами, введем *организацию производства*. Именно она объединяет и заставляет надлежащим образом работать все материальное наполнение системы. Она создает единое направление и синхронность действия системных элементов. Организация обобщает усилия отдельных составляющих, приводя в системе к синергии и системному эффекту в форме эмерджентности.

Организация производства — это упорядоченность задач, ролей, полномочий и ответственности; она создает условия для осуществления предприятием своей деятельности и достижения установленных целей. Она является противоположностью хаосу, поскольку предполагает разумное формирование структурированного множества под углом зрения целенаправленного его существования. Внешняя среда, в которой существует производственная система, нарушает установленный в системе порядок и, выводя ее из равновесия, вызывают анархию в поведении. Именно это повышает ее энтропию и ведет систему к хаосу. Но эти же воздействия могут способствовать и новому состоянию равновесия производственной системы, которое может быть достигнуто с помощью лучшей ее организации. Так реализуется развитие.

Однажды созданная организация не может быть вечной. Меняется она под воздействием стратегии предприятия и требований внутренней и внешней среды. К причинам внутреннего характера можно отнести технологическое и социальное развитие предприятия, стремление к достижению экономически эффективных результатов. К внешним, — например, влияние потребительского спроса. С этой точки зрения поддержание организации производства — процесс непрерывный.

Образно говоря, организация системы — явление всепроникающее: она охватывает как основные элементы производственной системы, так и ее обеспечивающие составляющие. Она соединяет и направляет к единой цели как отдельные производственные подразделения, так и всю систему в целом. Она определяет порядок всех действий, координирует и синхронизирует работу всех системных составляющих. Организация интегрирует сложный объект в систему и заставляет ее работать в необходимом направлении достижения стоящей перед системой цели.

Разница между структурой и организацией системы громадна: структура — только тень сложного объекта, организация — оживляющий и приводящий его в движение дух. Так же как каждое духовное начало, она непосредственно невидима, хотя и существует в форме информации, записанной на различных материальных носителях.

Не интересуясь технической организацией отдельных системных элементов и не имея возможности отразить в схеме ту ее часть, которая относится к системе в целом, представим только организацию структурных подразделений. Для этого обозначим $o_{(i,\,j)}$ организационную

составляющую A_{ij}. Матрица организации структурных подразделений:

$$\mathbf{O} = \begin{bmatrix} 0 & o_{(1,\,2)} & \dots & o_{(1,\,j)} & \dots & 0 \\ o_{(2,\,1)} & 0 & \dots & o_{(2,\,j)} & \dots & o_{(2,\,n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & o_{(i,\,2)} & \dots & o_{(i,\,j)} & \dots & o_{(i,\,n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ o_{(m,\,1)} & o_{(m,\,2)} & \dots & o_{(m,\,j)} & \dots & o_{(m,\,n)} \end{bmatrix}. \tag{7}$$

Заметим, что организация не «цементирует» системы, не делает ее «жесткой», неизменяемой и неэластичной. Такая система могла бы «рухнуть» уже при первых серьезных внешних воздействиях или внезапно выступивших внутренних возмущениях. Производственная система сопротивляется влиянию возмущающих воздействий в первую очередь за счет своей организации, а во вторую — подключением к этому процессу управления. Поэтому-то организация производства должна допускать незначительный «люфт» в функционировании структурных подразделений. Выражается он в том, что, например, цех способен некоторое время функционировать и без специалиста, необходимого согласно штатному расписанию, что предприятие будет функционировать даже при переполненном складе готовой продукции, что и при отсутствии денег на зарплату своим работникам предприятие еще некоторое время продолжает действовать и пр.

Упомянутый «люфт» выражается в некоторых «допусках» на неконтролируемые параметры производственного процесса. Иными словами, существуют определенные организацией системы виртуальные перемещения элементов, не приводящие к преобразованиям самой системы. То есть организация представляет собой как бы разновидность наложенных на систему эластичных связей. Скрепляя всю систему, они не запрещают виртуальных перемещений элементов в допустимых направлениях.

Итак, имеем все основные составляющие, необходимые для построения оператора P. Объединим содержащуюся в выражениях (5)—(7) информацию. Для этого введем операцию над матрицами

$$\mathbf{A} \oplus \mathbf{B} = [a_{ij}] \oplus [b_{ij}] = [a_{ij} \oplus b_{ij}], \tag{8}$$

где $\mathbf{A} = [a_{ij}]_{m \times n}$ и $\mathbf{B} = [b_{ij}]_{m \times n}$ — матрицы одинаковой размерности.

В выражении (8) знак $\oplus$ представляет собой символ операции объединения элементов двух матриц, занимающих в них одинаковые позиции. Поскольку эти элементы имеют разную природу, символ $\oplus$ не может трактоваться как арифметическое сложение. По своей сути он близок к объединению множеств, если трактовать элементы объединяемых матриц как множества признаков, определяющих объединяемые понятия. Это символ сосуществования элементов, означающий, что два объединенных им элемента сосуществуют и взаимодействуют в едином процессе, сохраняя все первоначально присущие им признаки. Назовем такое действие *операцией объединения элементов*.

На основе матриц (4) — (7) построим следующую матрицу:

$$\mathbf{P} = \mathbf{T} \oplus \mathbf{E} \oplus \mathbf{L} \oplus \mathbf{O} = [t_{ij} \oplus e_{ij} \oplus l_{ij} \oplus o_{ij}]\,. \qquad (9)$$

Согласно определению операции объединения каждый элемент матрицы $\mathbf{P}$ означает, что структурное подразделение A_{ij} располагает техникой, необходимой для выполнения операции (i, j). Оно обеспечено требуемой для работы энергией и необходимыми специалистами. Кроме того, это подразделение настроено на выполнение конкретной операции и организовано так, чтобы реализовать поставленную цель.

Назовем матрицу $\mathbf{P}$ *производственным оператором*. Очевидно, что именно он и фигурирует в выражении (1), которое принимает вид

$$\mathbf{y} = \mathbf{P}\mathbf{x},$$

где векторы $\mathbf{x}$ и $\mathbf{y}$ имеют тот же характер, что и в выражении (1), а действующий на $\mathbf{x}$ оператор представлен матрицей (9).

2. Основные свойства производственного оператора

Рассмотрим некоторые свойства введенного выше оператора.

Обозначим символом $|d_i|$ стоимость элемента d_i. Считая X и Y многомерными евклидовыми пространствами, примем норму векторов $\mathbf{x}$ и $\mathbf{y}$ в виде

$$\|\mathbf{x}\| = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} |x_i|^2} = \sqrt{(\mathbf{x}, \mathbf{x})}, \quad \|\mathbf{y}\| = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} |y_i|^2} = \sqrt{(\mathbf{y}, \mathbf{y})}, \qquad (10)$$

где символом () обозначено скалярное произведение векторов. Норму оператора $\mathbf{P}$ примем как согласованную с выражением (10) норму [8] в виде

$$\|\mathbf{P}\| = \sup_{x \neq 0} \frac{\|\mathbf{P}\mathbf{x}\|}{\|\mathbf{x}\|}.$$

Из выражения (10) непосредственно следует *ограниченность* оператора $\mathbf{P}$. Действительно, поскольку количество выпускаемой производственной системой продукции ограничено, то $0 < \|\mathbf{y}\| = \|\mathbf{P}\mathbf{x}\| \leqslant C$, где C — некоторое вещественное число. Для нормы элемента $\mathbf{x}$ выполняется неравенство $\|\mathbf{x}\| \leqslant R$, где R также вещественное число. Примем $C/R = K$, тогда $\|\mathbf{P}\| \leqslant K$ будет выполнено для любого $\mathbf{x} \in X$, что и требовалось доказать.

Очевидно, что равенство

$$\mathbf{P}(\mathbf{x}_1 + \mathbf{x}_2) = \mathbf{P}\mathbf{x}_1 + \mathbf{P}\mathbf{x}_2 \tag{11}$$

также выполняется, поскольку увеличение количества сырья на входе производственной системы имеет пропорциональный отклик в форме готовой продукции на ее выходе. Следовательно, **P** — оператор *аддитивный*. По аналогичной причине в рамках производственных мощностей системы можно принять, что

$$\mathbf{P}(a\mathbf{x}) = a\mathbf{P}\mathbf{x}, \tag{12}$$

где a — вещественное число.

Последнее равенство означает, что при неизменных условиях производства количество готовой продукции увеличивается во столько раз, во сколько увеличивается количество сырья на входе в систему.

Равенства (11) и (12) свидетельствуют о *линейном* характере производственного оператора.

Заключение

Применение системного подхода характеризуется постепенным переходом от простого к сложному, от структурных понятий через организацию системы к способам ее функционирования, которые и определяют эффективность системы.

Для дальнейшего исследования проблем целесообразна математическая формализация материала. Это касается также систем производственного характера. Представление такой системы в форме оператора матричного вида позволило по-новому посмотреть на характер производственной системы, вскрыть и проанализировать ее составляющие, а затем синтезировать их в системное единство. Это открывает возможность изучать такие свойства производственных систем, которые ранее были малозаметны.

Созданные к настоящему времени модели производственных систем можно в основном разделить на экономические и инженерные. Представленный в статье подход должен способствовать сближению этих направлений моделирования. Полученные результаты могут распространяться на иные целеустремленные системы, служащие решению различных технических, промышленных, экономических и социальных проблем.

Список литературы

1. *Антонов А. В.* Системный анализ. М., 2004.

2. *Бахвалов Н. С.* Численные методы. Анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения. М., 1975.

3. *Бутенин Н. В.* Введение в аналитическую механику. М., 1971.

4. *Głazunow J.* Cel, operacja oraz układ operacyjny w świetle podejścia systemowego // Acta Elbingensia. Elbląg, 2006. T. 4 : Elbląska Uczelnia Humanistyczno-Ekonomiczna. S. 343—354.

5. *Głazunow J.* Grafy i systemy. Urzeczywistnienie abstrakcji // Acta Elbingensia. Elbląg, 2008. T. 6 : Nauki ekonomiczne i polityczne (nr 1): Elbląska Uczelnia Humanistyczno-Ekonomiczna. S. 11—27.

6. *Głazunow J.* Logika opracowania regionalnych programów rozwojowych. Gdańsk. 2002.

7. *Глазунов Ю. Т.* Программирование регионального развития. Российская Академия Наук. Кольский научный центр. Апатиты, 2008.

8. *Lusternik I. A., Sobolew W. I.* Elementy analizy funkcjonalnej. Warszawa, 1959.

Об авторе

Юрий Трофимович Глазунов — д-р техн. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: glazunow@mif.pg.gda.pl

About the author

Prof. Yury Glazunov — I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: glazunow@mif.pg.gda.pl