

Матричный инструментарий оценки эффективности производства продукции в цифровой экономике

$$P = (E - A^T)^{-1} * D^T * C$$

*Каргополов М.Д., д.э.н,
Куладжи Т.В., к.т.н, Андрианова Е.В.,к.эн.,
Соколова Е.С.,к.э.н, Чурбанова О.В., к.п.н.*

САФУ имени М.В. Ломоносова

В России в настоящее время реализуются меры по формированию программы цифровой экономики и системы по ее управлению [*О системе управления реализацией программы «Цифровая экономика Российской Федерации. Постановление Правительства РФ от 28.08.2017 № 1030*] с разработкой и внедрением «цифровых технологий путем их информационной акселерации (популяризации, обучения новым бизнес-моделям, навигации в системе управления, координации с другими участниками» и т.д. [*Об утв. программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Распоряж. Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р*].

Цифровая экономика на современном этапе рассматривается как деятельность, где основным фактором производства «являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продаж и, доставки товаров и услуг», и предусматривает «создание и применение российских информационных и коммуникационных технологий, обеспечение их конкурентоспособности на международном уровне» [*О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы. Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203.*].

В «Основных направлениях реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза до 2025 г.» реализация цифровой повестки подразделена на следующие три этапа [*Об Основных направлениях реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза до 2025 года. Решение Высшего Евразийского экономического совета от 11.10.2017 № 12.*]:

- 1 этап (до **2019** г.) направлен на моделирование процессов цифровой трансформации «и запуск приоритетных проектов с учетом приоритетов проработки инициатив»;
- 2 этап (до **2022** г.) предусматривает «формирование институтов цифровой экономики и цифровых активов, а также развитие цифровых экосистем»;
- 3 этап (до **2025** г.) будет связан с реализацией «проектов цифровых экосистем и цифрового сотрудничества на глобальном, региональном, национальном и отраслевом уровнях».

В рамках Евразийского экономического союза (ЕАЭС) цифровая экономика рассматривается как часть экономики «в которой процессы производства, распределения, обмена и потребления прошли цифровые преобразования с использованием информационно-коммуникационных технологий», а цифровое преобразование представляет «комплекс мероприятий, нацеленных на трансформацию бизнес-процессов в соответствии с их цифровой моделью», где цифровым активом является «совокупность информации в цифровой форме и средств по ее обработке, собранная на основе конкурентной бизнес-модели, использование которой приводит к получению экономических выгод» [*Об основных направлениях реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза до 2025 года. Решение Высшего Евразийского экономического совета от 11.10.2017 № 12.*].

Далее представлен алгоритм матричной формулы профессора М.Д. Каргополова, как инструмент цифровой экономики, позволяющий одномоментно и точно определять, а также прогнозировать показатели стоимости (себестоимости) изготавливаемой продукции.

$$P = (E - A^T)^{-1} * D^T * C$$

- где $P = \|p_j\|$, $j = \overline{1, n}$ — искомый вектор-столбец производственной (полной) себестоимости производства единицы продукции (работ, услуг);
- E — единичная матрица $n \times n$;
- $A = \|a_{ij}\|$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$ — матрица $n \times n$ норм расхода ресурсов собственного производства;
- $D = \|d_{ij}\|$, $i \in L \cup R$, $j = \overline{1, n}$ — матрица норм расхода первичных ресурсов (L — переменные, R — постоянные),
- $C = \|c_i\|$, $i \in L \cup R$, — вектор-столбец оптово-заготовительных цен первичных ресурсов;
- T — знак транспонирования для матриц A и D .

В Microsoft Office Excel расчетные значения себестоимости производства единицы продукции - элементы матрицы **P** в матричной формуле определяется [*Каргополов М. Д. Балансовые методы в экономических расчетах на предприятии: уч.пособ. /Сев.(Арктич.)фед. ун-т. - Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012.- 87 с.*]:

=МУМНОЖ(МУМНОЖ(МОБР(Е-ТРАНСП(A));ТРАНСП(D));C)

По этой матричной формулы все расчеты себестоимости (издержки) производства единицы n- видов продукции (работ) любой сложности производятся одномоментно и с абсолютной точностью.

Этот алгоритм позволяет определять наиболее эффективные варианты производства продукции с учетом региональных, рыночных условий производства, что востребовано в стратегическом и внутреннем аудите, управленческом учете, контроллинге, логистике и др.

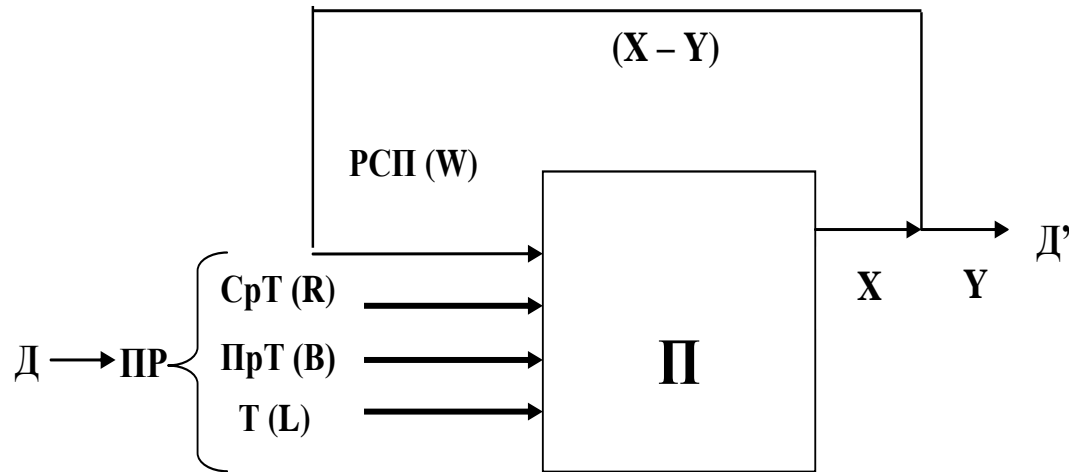


Рис 1. Схема преобразования производственных ресурсов в товарную продукцию в производственном процессе

Реальные производственные процессы имеют общую структуру, где:

- на входе – это производственные ресурсы, включающие **первичные ресурсы (ПР) и ресурсы собственного производства (РСП)**;
- **собственно производство (П)**, состоящее из *цехов, участков, отделений, бригад, служб, рабочих мест и др. подразделений, выполняющих те или иные технологические операции производственного процесса по преобразованию **производственных ресурсов (ПР) в продукцию (X)***, в которых производство представляет совокупность технологических операций, каждая из которых производит один единственный вид продукции (работы);
- на выходе – продукция (результаты) **–(Y, D¹)**

Σ
i

Межоперационный баланс затрат и результатов производства в стоимостном выражении

Потребление	Производство			
	Продукция, работы, услуги основных и вспомогательных производств (техн. операций) 1 2 3 ... j n	Внутризаводской оборот ВЗО(W)	Товарная продукция ТП(Y)	Валовая продукция ВП(X)
Ресурсы собственного производства(РСП): Продукция, работы, услуги основных и вспомогательных производств (технологических операций) 1... i.....n	I КВАДРАНТ $w'_{ij} = x'_{ij} = x_{ij} * p_i$	$w'_i = x_{ij} * p_i$	II КВАДРАНТ $y'_i = y_i * p_i$	$x'_{i=} x_i * p_i$
Технологический оборот ТО (W)	$w'_j = x_{ij} * p_i$	$w'_i = w'_j$	y'_i	x'_i
Первичные ресурсы(ПР): а) условно-переменные 1...L б) условно-постоянные 1... r... R	III КВАДРАНТ $x'_{lj} = x_{lj} * c_l$ $x'_{rj} = x_{rj} * c_r$		IV КВАДРАНТ $z'_l = z_l * c_l$ $z'_r = z_r * c_r$	
Условно-чистая продукция УЧП(V)	$v'_j = x'_{lj} + x'_{rj}$		$z'_l + z'_r =$ $= v'_j = y'_i$	
Валовая продукция ВП (валовой оборот X)	$x'_j = x'_i = v'_j + w'_j$		$x'_i = x'_j$	

Под балансовой моделью понимается система уравнений, каждое из которых выражает требование баланса между производимым отдельными экономическими объектами количеством продукции и совокупной потребностью в этой продукции.

Основу информационного обеспечения решения балансовых моделей составляет матрица – A коэффициентов прямых материальных затрат по конкретным направлениям их использования.

Экономическим содержанием этих коэффициентов являются нормы расхода потребленной продукции (РСП), произведенной данной экономической системой (предприятием).

Основным и практически реалистичным является вариант решения балансовой модели, когда известными (заданными) являются

- уровни производства конечной (товарной) продукции (Y),**
- искомыми (расчетными) – уровни производства валовой продукции (X).**

Этим решением является **балансовая формула В.В. Леонтьева лауреата Нобелевской премии по экономике**, впервые установленная и записанная им в матричной форме:

$$X = (E - A)^{-1} * Y$$

X_j – объемы производства валовой продукции

E – единичная матрица того же порядка, что и матрица A ;

A – квадратная матрица норм расхода ресурсов (ресурсов собственного производства (РСП)) ;

Y – вектор-столбец товарной (конечной) продукции.

Таблицы межотраслевого баланса описывает потоки товаров и услуг между всеми секторами народного хозяйства в течение фиксированного периода времени

Таблица 1: Упрощенная таблица межотраслевого баланса трехсекторной экономики [таблица 1.1, С.23. Леонтьев В.В. Межотраслевая экономика / пер. с англ.- М.: Изд-во «Экономика», 1997.- 479 с..

В Из	Сектор 1 Сельское хозяйство	Сектор 1 Промышленность	Сектор 1 Домашнее хозяйство	Общий выпуск
Сектор 1 Сельское хозяйство	25	20	55	100 бушелей зерна
Сектор 1 Промышленность	14	6	30	50 ярдов ткани
Сектор 1 Домашнее хозяйство	80	180	40	300 чел.-лет труда

Таблица 2. Упрощенная таблица межотраслевого баланса, выраженная в стоимостных показателях (в долларах) [таблица 1.2, С.25. Леонтьев В.В. Межотраслевая экономика / пер. с англ.- М.: Изд-во «Экономика», 1997.- 479 с..

В Из	Сектор 1 Сельское хозяйство	Сектор 1 Промышленность	Сектор 1 Домашнее хозяйство	Общий выпуск
Сектор 1 Сельское хозяйство	50	40	110	200
Сектор 1 Промышленность	70	30	150	250
Сектор 1 Домашнее хозяйство	80	180	40	300
Общий выпуск	200	250	300	

Таблица 3. Упрощенная матрица структурных коэффициентов
 в трехсекторной экономике [таблица 1.3, С.27. Леонтьев В.В. Межотраслевая экономика
 / пер. с англ.- М.: Изд-во «Экономика», 1997.- 479 с..

Из	Сектор 1 Сельское хозяйство	Сектор 1 Промышленность	Сектор 1 Домашнее хозяйство
Сектор 1 Сельское хозяйство	0,25	0,40	0,133
Сектор 1 Промышленность	0,14	0,12	0,1
Сектор 1 Домашнее хозяйство	0,80	0,60??	0,133

Матрица состоит из строк и столбцов

со следующими обозначениями:

- $a_{i.} = A_i = [a_{i1} \ \cdots \ a_{ij} \ \cdots \ a_{in}]$ — это i -тая строка матрицы, а

- $a_{.j} = A^j = \begin{bmatrix} a_{1j} \\ \vdots \\ a_{ij} \\ \vdots \\ a_{mj} \end{bmatrix}$ — это j -тый столбец матрицы .

Для каждой матрицы

$$A = (a_{i,j})_{\substack{i=\overline{1,m} \\ j=\overline{1,n}}} = \begin{pmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m,1} & \cdots & a_{m,n} \end{pmatrix} \text{ размера } m \times n$$

можно построить матрицу

$$B = (b_{j,i})_{\substack{j=\overline{1,n} \\ i=\overline{1,m}}} = \begin{pmatrix} b_{1,1} & \cdots & b_{1,m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n,1} & \cdots & b_{n,m} \end{pmatrix} \text{ размера } n \times m$$

у которой $b_{j,i} = a_{i,j}$ для всех $i = \overline{1,m}$ и $j = \overline{1,n}$

Такая матрица называется транспонированной матрицей для A
и обозначается A^T

В разделе 3 «Прикладные аспекты к экономическим расчетам и научным исследованиям» (учебного пособия «Магистерская диссертация: методология научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 38.04.01. «Экономика») авторами показано, что «наблюдается непрерывный рост потоков экономической информации. Эта причина в первую очередь вызвана непрерывным ростом сложности выпускаемых изделий, которая требует установления большого числа связей как внутри предприятий, так и с предприятиями поставщиками и потребителями продукции. Эти связи растут быстрее, чем число экономических объектов. ...Сегодня можно говорить о том, что человечество переживает, так называемый взрыв. Сделать управляемым этот информационный поток, эффективно использовать его для решения экономических задач можно только современными алгоритмами сбора, передачи и обработки экономической информации при помощи информационных технологий и комплекса технических средств»

Так, профессором М.Д. Каргополовым было отмечено:

«...экономическая и математическая науки разработали богатый арсенал экономико-математических методов, который включает в себя следующие основные современные методы:

- классические методы высшей математики;
- балансовый метод «затраты-выпуск» нобелевского лауреата В. Леонтьева;
- методы корреляционного и регрессионного анализа;
- методы математического программирования;
- методы сетевого планирования;
- методы теории массового обслуживания;
- методы управления запасами;
- методы теории игр и др.

Современный этап развития ЭММиМ, информационных технологий, КТС позволяет реализовать на практике любой алгоритм экономической задачи. Однако процесс внедрения всего нового в практику экономических расчетов очень медленный. Элементом сдерживания является человеческий фактор [Каргополов М.Д., Куладжи Т.В., Демченко З.А., Андрианова Е.В. *Магистерская диссертация: методология научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 38.04.01. «Экономика»: учебное пособие / Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Архангельск: САФУ, 2014.. С.61]*

В цифровой экономике алгоритм матричной формулы профессора М.Д. Каргополова рекомендуется для расчетов стоимостных показателей производства любой продукции, позволяющей визуализацию как контрольных исходных данных и используемых компонентов для производства конечной продукции, так и для учета планируемых изменений в прогнозных показателях компонентов конечной продукции. Методическую базу (в ретроспективе) по определению экономической эффективности использования новой техники, изобретений или рационализаторских предложений, применявшееся в нашей стране, включая строительный комплекс:

- *Типовые методические рекомендации по планированию, учету и калькулированию себестоимости научно-технической продукции (№ ОР-22-2-46 от 15 июня 1994 г.);*
- *Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений (утв. постановлением от 14 февраля 1977 г. № 48/16/13/3 Госкомитета СМ СССР по науке и технике, Госплана СССР, Академии наук СССР и Государственного комитета по делам изобретений и открытий;*
 - *Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений (СН 509-78) .*

Для составления технико-экономической части прогрессивных технических решений, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений в строительстве использовались:

- *Руководство по выбору проектных решений в строительстве;*
- *Руководство по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений в производстве строительных конструкций из сборного железобетона;*
 - *Временное положение об оценке технического уровня и качества проектов на строительство, расширение и реконструкцию предприятий и др.*

Согласно п. 2.1 СН 5 09-78 годовой экономический эффект необходимо было рассчитывать путем сопоставления расчетных приведенных затрат (Z_i) по базовой (заменяемой) и новой технике по формуле: $Z_i = C_i + E_n K_i$,

где Z_i - расчетные приведенные затраты по i -му варианту техники на единицу строительной продукции или строительного-монтажных работ, руб.;

C_i - себестоимость единицы строительной продукции или строительного-монтажных работ по i -му варианту техники, руб.;

E_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

K_i - удельные капитальные вложения в производственные фонды на единицу строительной продукции или строительного-монтажных работ по i -му варианту новой техники, руб.

В расчетах экономической эффективности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений применялся единый нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений E_n равный 0,15.

Согласно п. 2.5. СН 509-78 сопоставимость сравниваемых вариантов по фактору времени должна была обеспечиваться приведением затрат и результатов к одному моменту времени по формуле: $\alpha_t = (1+E)^t$,

где α_t - коэффициент приведения;

E - норматив для приведения разновременных затрат по Инструкции СН 509-78 [8] был принят в размере 0,1;

t - период времени приведения в годах, равен числу лет, отделяющих затраты и результаты данного года от начала расчетного года.

Поэтому затраты и результаты, осуществляемые и получаемые до начала расчетного года, умножались на коэффициент приведения α_t , а после начала расчетного года - делились на этот коэффициент.

Расчет годового экономического эффекта Э от создания и использования новых строительных конструкций, согласно п.2.8. СН 509-78, производился по формуле:

$$\mathcal{E} = \left[(Z_1 + Z_{c_1}) \varphi + \mathcal{E}_3 - (Z_2 + Z_{c_2}) \right] A_2$$

где Z_1 и Z_2 - расчетные приведенные затраты на изготовление конструкций (деталей) на предприятиях стройматериалов с учетом стоимости транспортировки до строительной площадки по сравниваемым вариантам базовой и новой техники, в руб. на ед. измерения. При использовании в строительстве конструкций и деталей, освоенных промышленностью, на которые установлены оптовые цены промышленности, то в расчетах вместо приведенных затрат принималась отпускная цена: франко-строительная площадка);

Z_{c_1} и Z_{c_2} - расчетные приведенные затраты на возведение конструкций на стройплощадке (без стоимости заводского изготовления) по сравниваемым вариантам базовой и новой техники, в руб. на ед. измерения;

φ коэффициент изменения срока службы для новой строительной конструкции по сравнению с базовым вариантом, рассчитываемый по формуле:

$$\varphi = \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H}$$

где P_1 и P_2 - показатели доли сметной стоимости строительных конструкций по сравниваемым вариантам в расчете на один год их службы.

\mathcal{E}_3 - экономия, получаемая в сфере эксплуатации конструкции за срок службы определяемая по формуле:

где I_1 и I_2 - расчетные годовые издержки по сравниваемым вариантам в сфере эксплуатации на ед. конструктивного элемента здания, сооружения или объекта в целом, руб.

К ним относят затраты на капитальный ремонт строительных конструкций, а также восстановление и поддержание предусмотренной в проекте надежности конструкций или сооружения в целом, ежегодные затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание: отопления, освещения, очистку от снега и др.;

K_1^t и K_2^t - капитальные вложения в сопутствующие сферы по эксплуатации строительных конструкций, т.е. капитальные вложения (без учета стоимости конструкций) в расчете на единицу конструктивного элемента здания, сооружения или объект в целом по сравниваемым вариантам, руб.;

A_2 - расчетный годовой объем строительно-монтажных работ с применением новых строительных конструкций, в натуральных единицах.

Для сравнительного анализа вариантов расчетов стоимостных показателей по калькуляциям и матричной формуле профессора М.Д.Каргополова по строительным инновационным изделиям, ниже приведен пример расчета стоимости для железобетонной плиты (ж/б), выполненный по матричной формуле профессора М.Д. Каргополова (ж/б изделия изготавливаются по инновационным технологиям с применением композитных материалов, по которым стоимости компонентов, их состав, позволяющие сократить сроки набора прочности бетона в течение одних суток, приняты по [Алиев С.А. Бетонные композиты на основе техногенного сырья для условий сухого жаркого климата//дисс. на соиск. канд.техн.наук. Махачкала. 2011.-167с.]).

Таблица 1		Матрица А норм расхода ресурсов собственного производства*) (5x5)						
Ресурсы собственного производства (РСП)		Составы вяжущих	Сухая бетонная смесь	Ж/б изделия с гелиотермо обработкой		Табл.2 р*) Расчетные стоимости (тыс.руб /ед. изм)		
Вода	Пар	КВ 100	КВ 100	КВ 100				
1.	1.	1.	1.	1.				
0	1	0	0	0,14	1	Вода, т	0,0804	
0	0	0	0	0	2	Пар, т	0,2485	
0	0	0	1	0	3	Составы вяжущих КВ 100 , кг	2,72	
0	0	0	0	1	4	Сухая бетонная смесь КВ100	3,095	
0	0	0	0	0	5	Ж/б изделия с гелиотермо обработкой КВ 100, м ³	4,7777	

*) Данные приняты по табл. 3.12 [47]

Таблица 3

Единичная матрица E - соответствует
размерности матрицы A (5×5)

1	0	0	0	0
0	1	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	1

Таблица 4

Матрица Д норм расхода первичных ресурсов, в том числе покупных, для производства железобетонных изделий*)

Ресурсы собственного производства (РСП)		Состав вяжущих	Сухая бетонная смесь	Ж/б изделие с гелиотермообработкой
Вода	Пар	КВ 100	КВ 100	КВ 100
1.	1.	1.	1.	1.
0	0	0	0	0,012
0	0	0,5	0	0
0	0	0	1,5	0
0	0	0	0	0
0	0	0,01	0	0
0	0	0	0	0,065
0,0237	0	0	0	0
0,0124	0,0414	0	0	0,2794
0,01	0,025	0	0	0,3439
0,0034	0,0085	0	0	0,1169
0,01278	0,03195	0	0	0,4395
0,0025	0,00625	0	0	0,086
0,002	0,005	0	0	0,06878
0,0137	0,05	0	0	0
*) Данные приняты по табл. 3.13 [47]				

Таблица 5

С*)

(Состав и оптово-заготовительные цены)

Наименование элементов затрат		
Капвложения в гелиоформы (т. руб)		1
Материальные затраты	Цемент, тыс.руб/т	5
	Отсев дроблен. тыс.руб/т	0,25
	Наполнитель тыс.руб/т	1,5
	БИО-НМ, тыс.руб/т	22
	Арматура, тыс.руб/т	5
	Вода, т.руб/т	1
	Э/э + топливо, тыс. руб	1
Заработная плата, тыс. руб		1
Отчисления на страх. взносы (34 % от зарплаты, тыс. руб.), (2011г.)		1
Расходы на содержание оборудование (127,8 % от зарплаты тыс. руб)		1
Цеховые расходы (25% от зарплаты, тыс. руб)		1
Общезаводские расходы (20% от з/платы, тыс. руб)		1
Прочие затраты, тыс. руб		1

ВЫВОДЫ. 1. Анализ действующих нормативно-правовых документов по введению цифровой экономики на современном этапе раскрывает сущность и актуальность внедрения цифровых технологий в хозяйственный комплекс нашей страны.

2. В настоящее время особо актуальны вопросы прогнозирования эффективности производства инновационной продукции с применением экономико-математических моделей, к которым относится матричная формула профессора М.Д. Каргополова, рассматриваемая как матричный инструментальный микропрогнозирования стоимостных показателей продукции (включая инновационных в кластере), производимых с обеспечением межоперационного баланса затрат и результатов производства, юридическими лицами различных отраслей в условиях цифровой экономики. Поэтому, если балансовое уравнение лауреата Нобелевской премии по экономике В.В. Леонтьева является общепризнанным инструментом *межотраслевого баланса и макропрогнозирования* выпуска продукции хозяйств на национальном и мировом уровнях, то алгоритм *матричной формулы профессора М.Д. Каргополова* необходимо рассматривать как инструмент *межоперационного баланса - цифрового микропрогнозирования эффективности производства продукции*, особенно инновационных, любых экономических единиц – организаций и предприятий, корпораций и индивидуальных предпринимателей, и др., в т.ч. входящих в кластер.

3. В условиях цифровой экономики матричная формула профессора М.Д. Каргополова, как инструмент цифрового микропрогнозирования, позволяющий *одномоментно и с абсолютной точностью определять стоимостные показатели* продукции (в том числе инновационных), рекомендуется для использования в целях прогнозирования, анализа в управленческом учете, контроллинге, стратегическом и внутреннем аудите, логистике и т.д.

Благодарим за внимание!