

Экономика

УДК 658.7.01

Г.М. Грейз, Ю.Г. Кузменко, И.Ю. Окольнишникова

ЭНТРОПИЯ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Обосновано, что степень отклонения протекания логистических процессов от принятого эталона может рассматриваться как мера неопределенности поведения логистической системы в ответ на управляющие воздействия на нее и предложено учитывать эти отклонения показателем «логистической энтропии». Предложены расчетные зависимости для вычисления этого показателя, а также вариант снижения степени логистической энтропии на основе инструментария теории массового обслуживания. Дано описание предложенного и апробированного алгоритма оценки оптимальности ключевых показателей управления логистическими процессами промышленного предприятия. Алгоритм базируется на инструментарии теории нечетких множеств. Преимущества предлагаемого инструментария заключаются в том, что по сравнению с традиционной методикой многокритериальной оценки по величине интегрального показателя, она позволяет качественно и количественно оценить оптимальность того или иного сочетания ключевых параметров логистической системы, даже при одинаковой величине интегрального показателя. Оптимальность предложено оценивать по степени соответствия сочетания ключевых параметров логистической системы установленному критериальному набору требований. Критериальный набор задается на основе принятой управленческой концепции или мнения экспертов и может корректироваться в зависимости от специфических особенностей конкретного промышленного предприятия. Апробация предлагаемого алгоритма выполнена на базе Челябинского трубопрокатного завода. С использованием алгоритма выполнена оценка его чувствительности к изменению ключевого показателя – логистическая энтропия.

Ключевые слова: логистика, управление логистической системой промышленного предприятия, логистическая энтропия, теория массового обслуживания; теория нечетких множеств, алгоритм оценки оптимальности управления логистическими процессами.

Энтропия является одним из основных понятий термодинамики. В рамках процессов теплообмена энтропия представляет собой статистический параметр, равный числу элементарных актов взаимодействия частиц тела, в процессе которых они отдают тепловую энергию. Выявленная Больцманом связь между вероятностью состояния системы и энтропией позволила энтропии выйти за пределы термодинамики и проникнуть в другие области науки, например, в теорию информации. Информационную энтропию обычно представляют как меру хаотичности информации, вероятность появления в информационных сообщениях тех или иных символов при передаче сообщений.

Применительно к процессам взаимодействия любых систем приращение энтропии объекта равно числу актов взаимодействия, за счет которых данный объект воздействует на другие. Применительно к системам понятие энтропии имеет физический смысл, только если эти системы включают достаточно большое число элементов. Энтропия в теории управления – мера неопределенности состояния или поведения системы в данных условиях. Научный потенциал понятия энтропия позволяет ей проникать в новые области существования различных систем: физических, экономических, социальных и др.

С учетом вышеизложенного, авторами предложено в качестве одной из характеристик логистических систем промышленных предприятий использовать показатель логистической энтропии.

Говоря о содержании этого показателя, следует предварительно остановиться на роли и месте информации в триаде – вещество, энергия, информация, на значении информации для функционирования систем вообще и логистических систем в частности.

В любой системе (в том числе и в логистической) могут одновременно протекать противоположные по содержанию процессы: инертность и движение, регресс и прогресс, разрушение существующих структур и образование новых, разрыв и установление иерархических связей между элементами этих систем. При этом в системах происходит изменение двух противоположных характеристик, энтропии и так называемой негэнтропии [7; 9; 12]. Энтропию в данном контексте определяют как показатель хаоса неопределенности и беспорядка в системе [9]. Негэнтропия является показателем меры порядка, упорядоченности, внутренней структурированности системы, то есть противополо-

ложностью энтропии. По мере роста сложности системы, роста числа ее элементов, внешних и внутренних факторов, оказывающих на нее влияние, происходит рост ее энтропии и соответственно увеличивается неопределённость системы. При росте величины энтропии расширяется диапазон поиска управленческих решений, направленных на достижение поставленных перед системой целей и соответственно возрастает вероятность принятия неверного (или как минимум неоптимального) решения. В области математики и кибернетики именно информация является средством организации системы, инструментом снижения ее неопределенности (энтропии). Информация рассматривается как синоним уничтоженной сведениями энтропии. Именно информация, введенная в систему, повышает ее упорядоченность, ее негэнтропию.

Таким образом, если говорить об энтропии как о количественной мере беспорядка в системе, как числе возможных состояний системы, то такое представление энтропии соответствует зависимости:

$$\mathcal{E} = \ln S, \quad (1)$$

где S – число допустимых состояний системы.

В [8] для оценки величины степени упорядоченности системы, то есть показателя обратной энтропии, приводится следующая зависимость:

$$R = 1 - \frac{\mathcal{E}_{\text{реал}}}{\mathcal{E}_{\text{макс}}} = \frac{НЭ}{\mathcal{E}_{\text{макс}}}, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{реал}}$ – фактическое значение энтропии системы;

$\mathcal{E}_{\text{макс}}$ – максимально возможная энтропия всей системы или отдельных ее элементов или функций;

НЭ – негэнтропия системы.

В определенной степени детализируя данный подход, авторами предложен специфический показатель, определяющий степень отклонения протекания логистических процессов от принятого эталона. Данный показатель назван показателем «логистической энтропии» и рассматривается как мера неопределенности поведения системы в ответ на управляющие воздействия на нее, как мера беспорядка или мера несовершенства протекания логистических процессов в логистической системе.

Показателем логистической энтропии выступает показатель E_l , представляющий отношение каких-либо параметров идеализированного (эталонного) логистического процесса к аналогичным значениям фактического (реального) процесса:

$$E_l = \frac{P_t}{P_f}, \quad (3)$$

где P_t , P_f – теоретическое (эталонное) и фактическое значения определенного параметра логистического процесса.

В качестве параметров-характеристик могут быть использованы продолжительность логистического цикла, логистические затраты, число дефектов и др. Эталонные значения могут соответствовать предельно достижимым теоретически или же значениям, которые могут быть достигнуты в результате внедрения каких-либо конкретных инноваций в логистической сфере. Структура формулы (3) и экономический смысл используемых в ней параметров предполагают, что чем меньше величина показателя логистической энтропии, тем менее совершенны логистические процессы, и в то же время тем больше потенциальный резерв для их совершенствования. Максимально достижимое значение E_l равно 1, что соответствует достижению эталонных значений.

При использовании нескольких параметров-характеристик возможно вычисление комплексного показателя меры упорядоченности протекания экономических потоков в логистической системе промышленного предприятия на основе зависимости (4):

$$E_l^* = \sum_{i=1}^n k_i * \frac{P_{ti}}{P_{fi}}, \quad (4)$$

где E_l^* – комплексный показатель логистической энтропии;

P_{ti} , P_{fi} – теоретическое (эталонное) и фактическое значения i -го параметра логистического процесса;

k_i – весовой коэффициент i -го параметра логистического процесса.

При условии нормирования весовых коэффициентов k_i максимальное значение комплексного показателя логистической энтропии также как формуле (3) равно 1.

Если рассматривать представление энтропии в соответствии с формулой (1), можно ожидать, что ее снижение и, соответственно, рост степени упорядоченности системы произойдет в том случае, если удастся добиться уменьшения числа возможных состояний системы (S). Вместе с тем на практике добиться полного исключения каких-либо нежелательных состояний логистической системы, как правило, не удастся.

Авторы считают, что эффект снижения энтропии может быть получен не только за счет снижения числа возможных состояний логистической системы, но и за счет изменения времени пребывания системы в этих состояниях. Полезный эффект может быть достигнут путем увеличения времени пребывания логистической системы в оптимальном состоянии и снижения продолжительности периодов выхода системы из этого состояния.

В основу предлагаемого подхода к повышению степени упорядоченности логистической системы, по мнению авторов, может быть взят инструментарий систем массового обслуживания. Не останавливаясь подробно на содержании теории массового обслуживания (ТМО), по которой существует достаточно большой объем научной литературы, заметим, что основная задача ТМО заключается в том, чтобы в абстрактном виде отображать процесс функционирования реальных систем и на этой основе определить показатели функционирования и эффективности их работы и варианты рациональной организации этих систем.

Рассмотрим вариант снижения энтропии логистической системы на основе ТМО на примере сбытовой подсистемы промышленного предприятия. В ответ на поток заявок система сбыта выполняет поставки (поток $I_{\text{ВЫХ}}$), а поток готовой продукции поступает из производственной сферы предприятия (поток $I_{\text{ВХ}}$) в подсистему сбыта. Согласование спроса (потока заявок), имеющего стохастический характер, и потока готовой продукции обычно выполняется посредством содержания запаса готовой продукции в сбытовой системе. Чем более не согласованы входной и выходной потоки продукции, тем больший запас этой продукции должно содержать предприятие и, соответственно, тем выше уровень издержек обращения этого предприятия.

Рассмотрим вариант достижения сбалансированности входного и выходного потоков не за счет содержания запасов, а за счет ускорения реакции производства на изменение рыночного спроса.

При анализе случайных процессов с дискретными состояниями используют специальные геометрические схемы – графы состояний.

Для рассматриваемой сбытовой подсистемы предприятия построим граф состояний, представленный на рис. В каждый момент времени подсистема может находиться в состоянии S_0, S_1, S_2 . λ_{ij} – это интенсивность потока событий, который переводит систему из состояния S_i в состояние S_j .

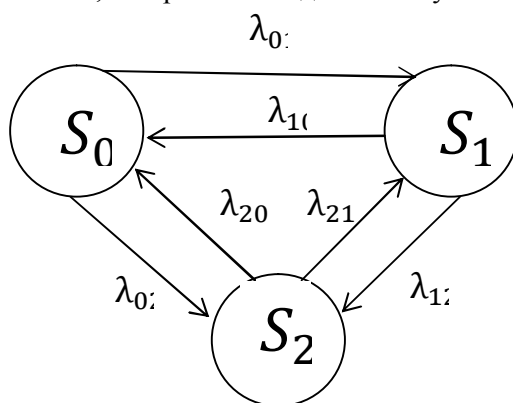


Рис. Размеченный граф состояния для системы сбыта промышленного предприятия

ТМО позволяет вычислить вероятность нахождения системы в одном из возможных состояний в момент времени t . На основе размеченного графа, для каждого состояния можно записать уравнение Колмогорова – дифференциальное уравнение, в котором неизвестной функцией является вероятность состояния [1; 2; 6]. В левой части этих уравнений находится производная вероятности нахождения системы в i -ом состоянии, в правой части – сумма произведений вероятности состояний на интенсивность соответствующих переходов. Для переходов, возвращающих систему в рассматриваемое состояние S_i (входящие стрелки), произведение берется со знаком «+», а для переходов обратного направления со знаком «-». Для системы, приведенной на рис. 1, система дифференциальных уравнений Колмогорова имеет вид:

S_0 – производство и спрос сбалансированы ($I_{\text{вх}} = I_{\text{вых}}$);

S_1 – объемы производства превышают текущие потребности рынка ($I_{\text{вх}} > I_{\text{вых}}$);

S_2 – объемы производства ниже текущих потребностей рынка ($I_{\text{вх}} < I_{\text{вых}}$);

λ_{ij} – это интенсивность того потока событий, который переводит систему из состояния S_i в состояние S_j .

$$\begin{cases} \frac{dp_0}{dt} = -(\lambda_{01} + \lambda_{02})p_0(t) + \lambda_{10}p_1(t) + \lambda_{20}p_2(t) \\ \frac{dp_1}{dt} = \lambda_{01}p_0(t) - (\lambda_{10} + \lambda_{12})p_1(t) + \lambda_{21}p_2(t) \\ \frac{dp_2}{dt} = \lambda_{02}p_0(t) + \lambda_{12}p_1(t) - (\lambda_{20} + \lambda_{21})p_2(t) \end{cases} \quad (5)$$

Так как для любого момента времени t сумма вероятностей всех состояний равна единице, четвертое уравнение системы (5) имеет вид: $\sum_{i=1}^n p_i(t) = 1$ или для рассматриваемой системы

$$p_0 + p_1 + p_2 = 1 \quad (6)$$

Решение дифференциальных уравнений Колмогорова существенно упрощается, если определять вероятности состояний при $t \rightarrow \infty$. В этом случае система S переходит в стационарный режим и получает предельные (финальные) вероятности состояний, которые уже не зависят от времени. С учетом того, что предельные вероятности не зависят от времени, левая часть уравнений Колмогорова $\frac{dp_i}{dt}$ становится равной 0 и система уравнений (2) с учетом нормировочного условия (6) приобретает вид:

$$\begin{cases} (\lambda_{01} + \lambda_{02})p_0 = \lambda_{10}p_1 + \lambda_{20}p_2 \\ (\lambda_{10} + \lambda_{12})p_1 = \lambda_{01}p_0 + \lambda_{21}p_2 \\ (\lambda_{20} + \lambda_{21})p_2 = \lambda_{02}p_0 + \lambda_{12}p_1 \\ p_0 + p_1 + p_2 = 1 \end{cases} \quad (7)$$

На основе использования системы уравнений (7) появляется возможность определения таких значений интенсивности λ , при которых сбытовая система промышленного предприятия будет находиться в желаемом (целевом) состоянии S_0 максимально возможную долю времени.

Решая систему уравнений (7) относительно p_0 – вероятности нахождения системы в состоянии S_0 , получим решение в виде:

$$p_0 = \frac{\lambda_{20}(\lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{21}) - \lambda_{21}(\lambda_{20} - \lambda_{10})}{\lambda_{01}(\lambda_{12} + \lambda_{20} + \lambda_{21}) + \lambda_{02}(\lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{21}) + \lambda_{20}(\lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{21}) + \lambda_{21}(\lambda_{10} - \lambda_{20})} \quad (8)$$

На основе выражения (8) выполним исследование влияния интенсивности переходов λ на величину p_0 . В качестве основных факторов возьмем интенсивности переходов, выводящих систему из состояния S_0 – λ_{01} и λ_{02} , и встречные интенсивности переходов, возвращающих систему в состояние S_0 – λ_{10} и λ_{20} . Чтобы выявить основные тенденции интенсивности остальных переходов рассматриваемой системы возьмем одинаковыми $\lambda_{12} = \lambda_{21}$. Условно примем диапазон изменения λ [1...10]. При исследовании одного из факторов другим присвоим средние значения $\lambda = 5$. С учетом этих условий модель для факторов λ_{01} и λ_{10} примет вид:

$$p_0 = \frac{2\lambda_{10} + 5}{3\lambda_{01} + 3\lambda_{10} + 15} \quad (9)$$

Относительное время нахождения системы в состоянии S_0 (аналог величины p_0) уменьшается по мере роста интенсивности переходов λ_{01} , выводящих систему из этого состояния, и увеличивается при росте встречной интенсивности переходов λ_{10} . Очевидно, что характер влияния интенсивности переходов λ_{20} аналогичен влиянию λ_{10} .

Преобразование выражения (8) с выделением факторов λ_{02} и λ_{20} и сохранением тех же начальных условий, что и при выводе выражения (9) приводит к получению зависимости (10), полностью идентичной выражению (9)

$$p_0 = \frac{2\lambda_{20} + 5}{3\lambda_{02} + 3\lambda_{20} + 15} \quad (10)$$

Рассмотрим возможные варианты логистической интерпретации полученных зависимостей вероятности состояний системы сбыта. Интенсивности переходов λ_{10} и λ_{20} , возвращающих систему сбыта в оптимальное состояние S_0 , можно интерпретировать не столько как выработку производственной подсистемы предприятия, а как скорость ее реакции на изменение рыночного спроса. В соответствии с принятой схемой повышение интенсивности перехода λ_{10} будет соответствовать снижению скорости поступления продукции в сбытовую подсистему из производственной подсистемы, и наоборот повышение интенсивности перехода λ_{20} будет соответствовать росту скорости поступления продукции в подсистему сбыта. Интенсивность переходов λ_{01} и λ_{02} , выводящих подсистему сбыта из оптимального состояния, будет зависеть как от внешних факторов – изменчивость спроса, так и от внутренних факторов промышленного предприятия. Полученные аналитические зависимости могут служить ориентиром для оценки возможностей гибкого производства как средства повышения эффективности работы промышленного предприятия.

В работе [3] авторами предложен алгоритм интегральной оценки сочетаний показателей логистической системы и прогнозирования последствий управленческих действий при управлении логистическими процессами промышленного предприятия. Логистическая энтропия использована как составная часть набора показателей, характеризующих логистическую систему промышленного предприятия. В этот набор входят следующие группы показателей: Финансовые показатели, Удовлетворение потребителей, Время, Издержки, Запасы и Показатель логистической энтропии.

При выполнении многокритериальной оценки чаще всего вычисляют интегральный показатель, характеризующий эффективность управления логистической сферой. Получение интегральных значений не всегда позволяет ответить на вопрос о степени оптимальности конкретного сочетания основных параметров логистической системы. Различные сочетания таких параметров логистической системы могут иметь одинаковые значения интегральных показателей, характеризующих эффективность логистического управления. Данная проблема решается путем выбора единственного сочетания, наиболее соответствующего заданному набору критериев, из спектра сочетаний параметров логистической системы с близкими интегральными значениями. В работе [3] предлагается использовать для такого выбора приложения теории нечетких множеств в рамках решения задач «определение образа нечеткого множества» и «определение подпрямого образа нечеткого множества» [4; 10; 11].

В рамках решения задачи «определение подпрямого образа нечеткого множества» выполняется оценка сочетаний рейтингов групп основных показателей системы управления логистическими процессами промышленного предприятия: x_1 – Финансовые показатели, x_2 – Удовлетворение потребителей, x_3 – Время, x_4 – Издержки, x_5 – Запасы и x_6 – Показатель логистической энтропии.

Критериальный (желаемый) набор признаков (подпрямой образ нечеткого множества A) для оценки эффективности управления логистическими процессами предприятия представлен как $A = \{(x_1 | p_1); (x_2 | p_2); (x_3 | p_3); (x_4 | p_4); (x_5 | p_5); (x_6 | p_6)\}$, где $p_1 - p_6$ критериальные (задаваемые) значения признаков $x_1 - x_6$.

Значения признаков $p_1 - p_6$ устанавливаются с учетом мнения экспертов или на базе принятой концепции управления или выбираются с учетом специфических особенностей конкретного промышленного предприятия (например, в зависимости от его финансового состояния).

Значения признаков из критериального набора A определяются степенью их значимости. Наиболее значимые критериальные признаки имеют значение единица или близкое к ней (0,8...1,0). Менее значимые для предприятия признаки получают более низкие значения.

Результатом решения данной задачи является выбор набора показателей (рейтингов), имеющего наибольшую степень соответствия критериальному набору. Величина расчетного параметра q , вычисляемого по формулам (11) и (12), определяет степень такого соответствия по близости его значения к единице.

Решение задачи «определение подпрямого образа нечеткого множества» в матричном виде представлено выражением (11):

$$(p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n) \leftarrow \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2j} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nj} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} = (q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_m), \quad (11)$$

Эта степень соответствия $q_1 - q_4$ равна (0,560; 0,630; 0,650; 0,640). Интерпретация этого результата показывает, что наилучший комплекс свойств имела логистическая система ЧТПЗ в 2014 г. ($q_3 = 0,650$), а в наименьшей степени эта система соответствовала выбранным критериям в 2012 г. ($q_2 = 0,560$).

Сохранив вышеописанный алгоритм решения, выполним проверку чувствительности интегральной оценки к изменению показателя логистической энтропии. Отразим эти изменения в матрице:

$$\begin{matrix} & 2012г. & 2013г. & 2014г. & 2015г. \\ \begin{matrix} 0,560 & 0,630 & 0,774 & 0,640 \\ 1,000 & 0,800 & 0,800 & 0,653 \\ 0,800 & 0,800 & 0,800 & 0,800 \\ 0,800 & 0,800 & 0,800 & 0,800 \\ 0,766 & 0,897 & 1,000 & 0,906 \\ \mathbf{0,600} & \mathbf{0,550} & \mathbf{0,650} & \mathbf{0,550} \end{matrix} & & & & \end{matrix} \quad (15)$$

и критериальном наборе $p_1 - p_6$ – (1,0; 1,0; 0,9; 0,9; 1,0; **0,6**). Изменения выделены жирным шрифтом.

В результате решения задачи была получена измененная степень соответствия комплекса признаков $y_1 - y_4$ (матрица (15)) критериальному (оценочному) набору этих признаков $p_1 - p_6$. Эта степень соответствия $q_1 - q_4$ равна (0,560; 0,550; 0,774; 0,550), что означает: наилучший комплекс свойств логистическая система ЧТПЗ имела по-прежнему в 2014 г. ($q_3 = 0,774$), но в наименьшей степени эта система соответствовала выбранным критериям не в 2012 г., а в 2013 и 2015 гг. ($q_2 = q_4 = 0,550$). Такая проверка доказывает, что предложенный аналитический инструментарий для оценки ключевых показателей эффективности управления логистическими потоковыми процессами промышленного предприятия достаточно чувствителен к изменению такого ключевого показателя, как логистическая энтропия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. 2-е изд., стер. М.: Наука, 1988. 208 с.
2. Вагнер Г. Основы исследования операций. М.: Мир, 1973. Т.3. 503 с.
3. Грейз Г.М., Кузменко Ю.Г., Окольников И.Ю. Апробация алгоритма оценки оптимальности управления логистическими процессами промышленного предприятия // Вестн. ЮУрГУ. Сер.: «Экономика и менеджмент». 2017. Т. 11. № 4. С. 141-149. DOI: 10.14529/em170419
4. Грейз Г.М. Методология аналитического обеспечения логистического менеджмента промышленного предприятия: монография. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2016. 210 с.
5. Грейз Г.М. Информационно-аналитическое обеспечение системы управления логистическими потоковыми процессами промышленного предприятия: автореф. дис. ... д-ра экон. наук. СПб.: Санкт-Петербургский гос. эконом. ун-т, 2017. 42 с.
6. Лабскер Л.Г., Бабешко Л.О. Теория массового обслуживания в экономической сфере: учеб. пособие. М.: Банки и биржи, 1998. 319 с.
7. Лийв Э.Х. Инфодинамика. Обобщенная энтропия и негэнтропия. Таллин, 1998. 200 с.
8. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э. Системный анализ в логистике: учебник. М.: Изд-во «Экзамен», 2002. 480 с.
9. Ребане К.К. Энергия, энтропия и среда обитания. Таллин: Валгус, 1984. 159 с.
10. Ухоботов В.И. Введение в теорию нечетких множеств и ее приложения: учеб. пособие. Челябинск: УрСЭИ АТ и СО, 2005. 133 с.
11. Ухоботов В.И. Избранные главы теории нечетких множеств: учеб. пособие. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2011. 245 с.
12. Хургин В.М. Об определении понятия «информация» // Информационные ресурсы России. 2007. № 3. С. 20-26.

Поступила в редакцию 27.12.17

G.M. Greyz, Yu.G. Kuzmenko, I.Yu. Okolnishnikova

ENTROPY AS A STATUS INDICATOR OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE LOGISTIC SYSTEM

The article substantiates that the degree of deviation of the logistic processes flow from the accepted standard can be considered as a measure of the uncertainty of the logistics system behavior in response to the control impacts on it and it is suggested to take these deviations into account by the indicator of "logistic entropy". Calculated dependencies are proposed to estimate this indicator. A variant of reducing the degree of logistic entropy based on the tools of queuing

theory is also proposed. The description of the proposed and approved algorithm for estimating the optimality of key indicators of managing the logistical processes of an industrial enterprise is given. The algorithm is based on the methods of the fuzzy sets theory. Advantages of the proposed toolkit is that, in comparison with the traditional methodology of multicriteria evaluation by the value of the integral indicator, it allows qualitatively and quantitatively to evaluate the optimality of a combination of key parameters of the logistic system, even with the same value of the integral indicator. Optimality is suggested to be evaluated according to the degree of correspondence between the key parameters of the logistics system to the established criterion set of requirements. Criterion set is given on the basis of the accepted management concept or expert opinion and can be adjusted depending on the specifics of a particular industrial enterprise. Approbation of the proposed algorithm is performed on the basis of the Chelyabinsk Tube Rolling Plant. Using the algorithm, an estimation of its sensitivity to the change of a key indicator is made – logistic entropy.

Keywords: logistics; management of the logistics system of an industrial enterprise; logistic entropy; queuing theory; theory of fuzzy sets; algorithm for assessing the optimality of management of logistics processes.

Грейз Георгий Маркович,
доктор экономических наук, доцент,
доцент кафедры «Логистика и экономика торговли»
Высшей школы экономики и управления
E-mail: ggreyz09@mail.ru

Кузменко Юлия Геннадьевна,
доктор экономических наук, доцент,
профессор кафедры «Логистика и экономика
торговли» Высшей школы экономики и управления
E-mail: julia.kuzmenko@gmail.com

Окольнишникова Ирина Юрьевна,
доктор экономических наук, профессор,
зав. кафедрой «Маркетинг»
Высшей школы экономики и управления

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный
университет»
454080, Россия, г. Челябинск, просп. Ленина, 76

Greyz G.M.,
Doctor of Economics, Associate Professor
of the Logistics and Trade Economy Department
of the School of Economics and Management
E-mail: ggreyz09@mail.ru

Kuzmenko Yu.G.,
Doctor of Economics, Associate Professor, Professor
of the Logistics and Trade Economy Department
of the School of Economics and Management
E-mail: julia.kuzmenko@gmail.com

Okolnishnikova I.Yu.,
Doctor of Economics, Professor,
Head of the Marketing Department
of the School of Economics and Management

South Ural State University, Chelyabinsk
Prosp. Lenina, 76, Chelyabinsk, Russia, 454080