

УДК 333.07

UDC 333.07

**Применение треугольных нечетких чисел для прогнозирования величины материального потока в хлебопродуктовой цепи<sup>1</sup>**

**USE OF TRIANGULAR INDISTINCT NUMBERS FOR SIZE OF MATERIAL STREAM IN BREAD-PRODUCTION CHAIN FORECASTING**

Лойко Валерий Иванович  
заслуженный деятель науки РФ,  
д.т.н., профессор

Loyko Valery Ivanovich,  
The honored worker of science of the Russian Federation, Dr. Sci. Tech., professor

Ефанова Наталья Владимировна  
к.э.н., доцент

Efanova Natalya Vladimirovna  
Cand. Econ. Sci., assistant professor

Богославский Станислав Николаевич  
аспирант  
*Кубанский Государственный Аграрный Университет, Краснодар, Россия*

Bogoslavsky Stanislav Nikolaevich,  
post-graduate student  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

В статье спрогнозирована величина материального потока в хлебопродуктовой цепи с использованием теории нечетких множеств и введением рисков составляющей, разработана интервальная модель определения эффективности

In this article the size of material stream in bread-production chain with use of the theory of indistinct sets and application of risk component is predicted, the interval model of definition of efficiency is developed

Ключевые слова: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ПРОИЗВОДСТВО И ПЕРЕРАБОТКА ЗЕРНА, РИСК, ТРЕУГОЛЬНЫЕ НЕЧЕТКИЕ ЧИСЛА

Keywords: EFFICIENCY, MANUFACTURING AND GRAIN PROCESSING, RISK, TRIANGULAR INDISTINCT NUMBERS

Агропроизводство – это первый этап в сложной системе интеграционных взаимодействий различных отраслей народного хозяйства. Неопределенность условий, в которых осуществляется агропроизводство, сильно влияет на результаты деятельности других участников интеграционного процесса. Учет неопределенности позволяет приблизиться к реальным условиям ведения агробизнеса. Неопределенность порождает риск. Риск – это, прежде всего, категория качественная. Для получения количественной меры риска используют различные методы. Использование инструментария нечеткой математики – это сравнительно новый подход учета неопределенности, который успешно применяется в последние годы.

При прогнозировании часто используют приближенные значения показателей. Такой инструмент теории нечетких множеств как нечеткие

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (проект № 10-02-00-174а)

числа позволяет учесть неопределенность не только значения показателя, но и мнения экспертов. В связи с этим задача построения нечетких чисел для различных экономических показателей представляется актуальной.

К наиболее распространенным типам нечетких чисел относятся треугольные нечеткие числа (ТНЧ) [1]. Общий вид функции принадлежности ТНЧ представлен на рисунке 1.

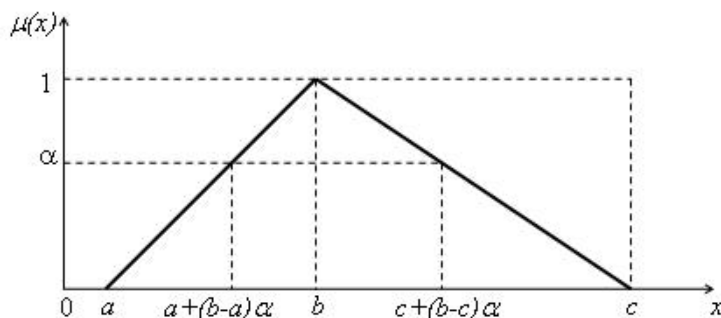


Рисунок 1 – Функция принадлежности треугольного нечеткого числа

Аналитическое представление ТНЧ:

$$f_{\Delta}(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (1)$$

В потоковых моделях материальный поток  $M_1$  является основным потоком, характеризующим агропроизводство и запускающим всю технологическую цепь, от которого зависит итог ее работы (рисунок 2).

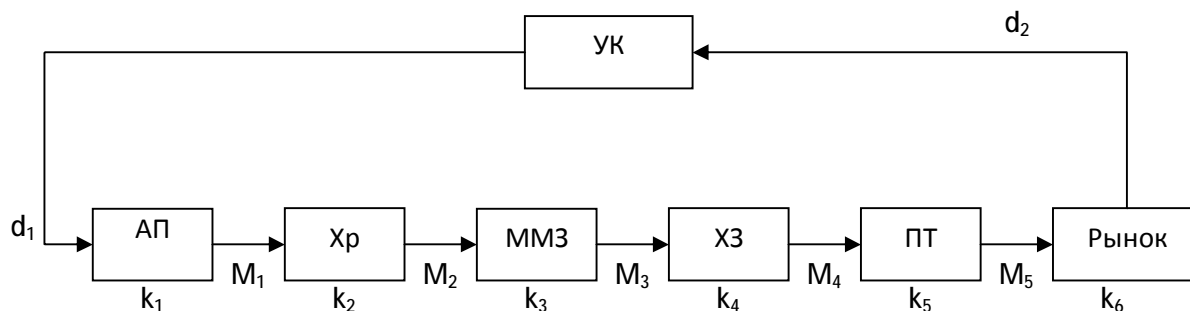


Рис.2. Поточковая схема предприятия по производству, переработке и реализации продукции из зерна пшеницы с полным технологическим циклом на примере хлебопекарной промышленности

Эта схема полностью охватывает технологический процесс производства и минимизируют материально-денежные потоки, что, в свою очередь, существенно уменьшает влияние времени прохождения денежных средств на производство.

Из рисунка 2 видно, что однонаправленные материальные потоки действуют между производственным предприятием АП (агропроизводство) и предприятием ПТ (сеть предприятий торговли), реализующем готовую хлебопродукцию на рынке, не затрагивая управляющую компанию, что уменьшает транспортные расходы и ускоряет переработку материальных производственных ресурсов между предприятиями.

Отсутствие между ступенями технологической цепочки денежных потоков, способствует ритмичной работе отдельных производств и всей системы в целом, тем самым обеспечивая возникновение синергического (системного) эффекта. В системе действуют только два денежных потока: от управляющей компании к предприятию АП (поток  $d_1$ ) и от предприятия ПТ к управляющей компании после реализации товара на рынке (поток  $d_2$ ).

Такая организация денежных потоков снимает их влияние на внутренний цикл производства, что очень важно в рыночных условиях.

Построим ТНЧ для прогнозируемой величины материального потока  $M_I$ . Ось абсцисс характеризует степень уверенности эксперта, ось ординат – объем материального потока  $M_I$ . На рисунке 3 представлено ТНЧ наиболее вероятного объема материального потока  $M_I$  (треугольник ABC). Вершина B характеризует значение  $M_I$  – наиболее вероятный объем материального потока. Вершины A и C – левая и правая граница полученного ТНЧ, которые характеризуют, соответственно, минимальный  $M_{Imin}$  и максимальный  $M_{Imax}$  объем материального потока.

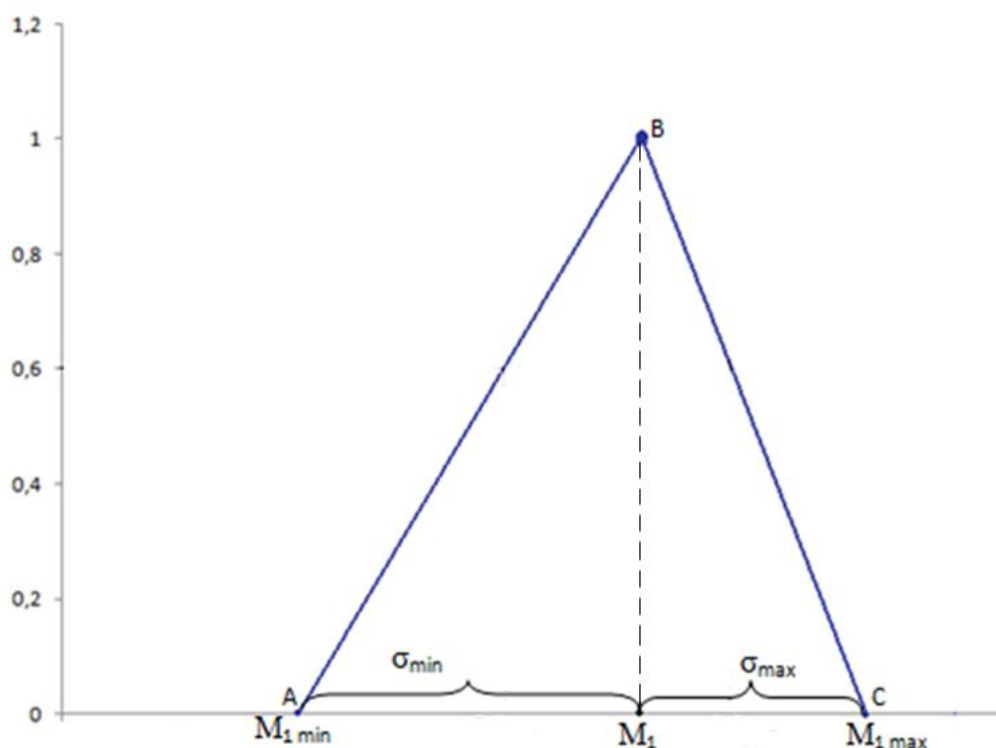


Рисунок 3 – ТНЧ наиболее вероятного объема материального потока

$\sigma_{min}$  – коэффициент предельного неблагоприятия,  $\sigma_{max}$  – коэффициент предельного везения. Данные коэффициенты необходимы для получения числовых значений  $M_{Imin}$  и  $M_{Imax}$ :

$$M_{Imin} = M_1 - M_1 s_{min} = M_1 (1 - s_{min})$$

$$M_{Imax} = M_1 + M_1 s_{max} = M_1 (1 + s_{max})$$

По мере приближения к точкам А и С уверенность эксперта в достижении предельных значений для объема материального потока падает. Это связано с тем, что  $\sigma_{max}$  надо рассчитывать при наиболее благоприятных условиях, а  $\sigma_{min}$  – при самых неблагоприятных условиях, а вероятность наступления самых наилучших или самых наихудших условий стремится к нулю. В общем случае  $\sigma_{min} \neq \sigma_{max}$ , причем  $\sigma_{max} < \sigma_{min}$ . Это закономерно, так как принято при прогнозировании закладываться на худшее в большей степени, чем на лучшее. Таким образом, получаем треугольное нечеткое число  $\underline{M}_1 = (M_{Imin}; M_1; M_{Imax})$  – «Объем материального потока равен примерно  $M_1$  и однозначно лежит в диапазоне  $[M_{Imin}; M_{Imax}]$ ».

В монографии [1] рассчитаны показатели риска для этапа агропроизводства, следовательно, можно уточнить левую границу построенного ТНЧ объема материального потока (см. рисунок 3). Треугольник DBC характеризует ТНЧ объема материального потока  $M_I$  с учетом риска:  $\underline{M}_1 = (M_{IRisk}; M_1; M_{Imax})$  – «Объем материального потока равен примерно  $M_I$  и однозначно лежит в диапазоне  $[M_{IRisk}; M_{Imax}]$ », где  $M_{IRisk} = M_1 - M_1 Risk = M_1 (1 - Risk)$ , Risk – показатель риска этапа агропроизводства. Таким образом, учтены реальные условия получения материального потока  $M_I$ .

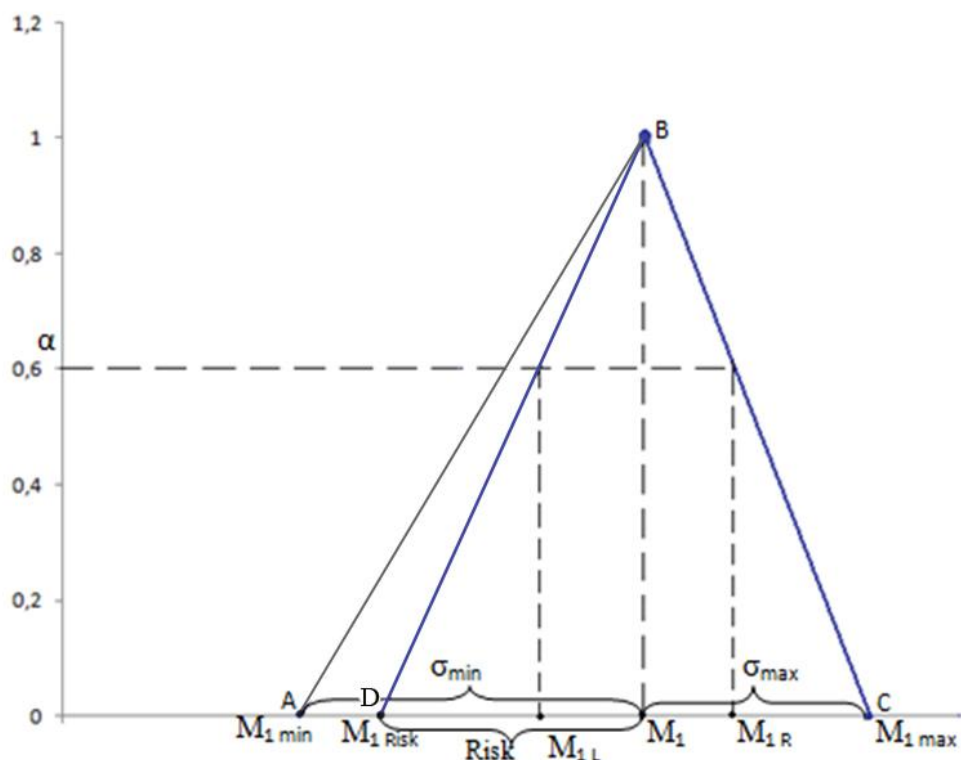


Рисунок 4 – ТНЧ наиболее вероятного объема материального потока с учетом риска

Используем понятие  $\alpha$ -сечения в теории нечетких множеств применительно к ТНЧ наиболее вероятного объема материального потока с учетом риска для сужения его интервала достоверности.  $\alpha$ -сечением (или множеством  $\alpha$ -уровня) нечеткого множества «Объем материального потока равен примерно  $M_I$ » называется подмножество универсума «Все возможные значения объема материального потока», элементы которого имеют степени принадлежности большие или равные  $\alpha$ . Значение  $\alpha$  называют  $\alpha$ -уровнем, в данном случае  $\alpha$  равно заданному уровню уверенности эксперта в том, что реальные условия для получения планируемого объема материального потока соответствуют прогнозируемым условиям [1]. Например, при  $\alpha = 0,6$  интервал достоверности для  $M_I$  равен  $[M_{IL}; M_{IR}]$  (см. рисунок 4).

Рассмотрим всю технологическую цепь получения материальных потоков, вплоть до выхода на рынок и получения результирующего денежного потока  $d_2$  [2] (рисунок 2); и с учетом интервала достоверности для

$M_1 = [M_{1L}; M_{1R}]$  перейдем к расчету интервалов достоверности материально-финансовых потоков технологической цепи. Для  $M_2$  получаем:

$$M_2 = k_2 M_1 \Rightarrow [M_{2L}; M_{2R}] = k_2 [M_{1L}; M_{1R}].$$

Из данного выражения видно, что материальный поток  $M_2$  (зерно после хранения на элеваторе), поступающий на мукомольный завод, был получен из материального потока  $M_1$  (зерно) с помощью коэффициента преобразования  $k_2$ , а интервал достоверности для  $M_2$  равен  $[M_{2L}; M_{2R}]$ .

Аналогичным образом получим интервал достоверности для материальных потоков  $M_3$ ,  $M_4$  и  $M_5$ :

$M_3 = k_3 M_2 \Rightarrow [M_{3L}; M_{3R}] = k_3 [M_{2L}; M_{2R}]$ , материальный поток  $M_3$  (мука), поступающий на хлебозавод (блок «ХЗ»), был получен из материального потока  $M_2$  (зерно после хранения на элеваторе) с помощью коэффициента преобразования  $k_3$ , а интервал достоверности для  $M_3$  равен  $[M_{3L}; M_{3R}]$ ;

$M_4 = k_4 M_3 \Rightarrow [M_{4L}; M_{4R}] = k_4 [M_{3L}; M_{3R}]$ , материальный поток  $M_4$  (хлебобулочные изделия), поступающий на комплекс предприятий торговли (блок «ПТ»), был получен из материального потока  $M_3$  (мука) с помощью коэффициента преобразования  $k_4$ , а интервал достоверности для  $M_4$  равен  $[M_{4L}; M_{4R}]$ ;

$M_5 = k_5 M_4 \Rightarrow [M_{5L}; M_{5R}] = k_5 [M_{4L}; M_{4R}]$ , материальный поток  $M_5$  (расфасованные и упакованные хлебобулочные изделия), поступающий на рынок (блок «ПТ»), был получен из материального потока  $M_4$  (хлебобу-

лочные изделия) с помощью коэффициента преобразования  $k_5$ , а интервал достоверности для  $M_5$  равен  $[M_{5L}; M_{5R}]$ .

Используя ту же методику, получим интервал достоверности для финансового потока  $d_2$ :

$$d_2 = k_6 M_5 \Rightarrow [d_{2L}; d_{2R}] = k_6 [M_{5L}; M_{5R}].$$

Таким образом, нами рассмотрена вся технологическая цепь получения материального потока  $M_1$  для производства до получения финансового потока  $d_2$  после реализации готовой продукции.

Хлеб в России – по-прежнему не просто продукт, а высшая ценность. Он – «всему голова». Так как хлеб является социально-важным продуктом необходимо контролировать его цену. Поэтому выражая цену на хлеб  $P_x$  [3] через материальный поток  $M_5$  (хлеб):

$$d_2 = P_x M_5, \tag{2}$$

где  $k_6 = P_x$ ,

переходим к доверительным интервалам цены на хлеб  $P_x$ :

$$P_x = \frac{d_2}{M_5} \Rightarrow [P_{xL}; P_{xR}] = \frac{d_2}{[M_{5L}; M_{5R}]} = \left[ \frac{d_{2L}}{M_{5L}}; \frac{d_{2R}}{M_{5R}} \right].$$

В результате полученное ТНЧ может быть использовано для вычисления доверительных интервалов возможной цены на хлеб.

Следующим шагом проводимого исследования стала разработка интервальной модели определения эффективности. Для ее получения воспользуемся постулатами теории нечетких множеств:

- действительное число есть частный случай ТНЧ;
- сумма ТНЧ есть ТНЧ;
- ТНЧ, умноженное на действительное число, есть ТНЧ.



Для того, чтобы получить ТНЧ для эффективности и цены хлеба воспользуемся условными обозначениями формулы [3] полученной при расчете экономической эффективности:

$$\mathcal{E} = \frac{mk_{To} P_x}{C_a + C_{\Sigma n}} - 1, \quad (3)$$

где  $\mathcal{E}$  – эффективность, зависящая от коэффициентов технологических преобразований;

$m$  – число циклов в исследуемый период;

$k_{To}$  – общий технологический коэффициент преобразования материальных потоков;

$P_x$  – цена реализации хлеба;

$C_a$  – затраты на производство единицы сельскохозяйственной продукции;

$C_{\Sigma n}$  – суммарные затраты производства.

Тогда имеем следующие ТНЧ для эффективности  $\underline{\mathcal{E}} = (\mathcal{E}_{min}, \mathcal{E}, \mathcal{E}_{max})$  и цены хлеба  $\underline{P}_x = (P_{xmin}, P_x, P_{xmax})$ . При заданном фиксированном уровне  $a$  доверительные интервалы ТНЧ  $\underline{\mathcal{E}}$  и  $\underline{P}_x$ :  $[\mathcal{E}_L; \mathcal{E}_R]$  и  $[P_{xL}; P_{xR}]$ , соответственно. Тогда интервальная модель эффективности имеет вид:

$$[\mathcal{E}_L; \mathcal{E}_R] = \frac{mk_{To} [P_{xL}; P_{xR}]}{C_a + C_{\Sigma n}} - 1 = \left[ \frac{mk_{To} P_{xL}}{C_a + C_{\Sigma n}}; \frac{mk_{To} P_{xR}}{C_a + C_{\Sigma n}} \right] - 1 = \left[ \frac{mk_{To} P_{xL}}{C_a + C_{\Sigma n}} - 1; \frac{mk_{To} P_{xR}}{C_a + C_{\Sigma n}} - 1 \right]$$

Таким образом, имея интервальную модель, можно построить ТНЧ экономической эффективности  $\mathcal{E}$  (см. рисунок 5), в котором треугольник

DBC будет характеризовать ТНЧ экономической эффективности  $\mathcal{E}$  с учетом риска.

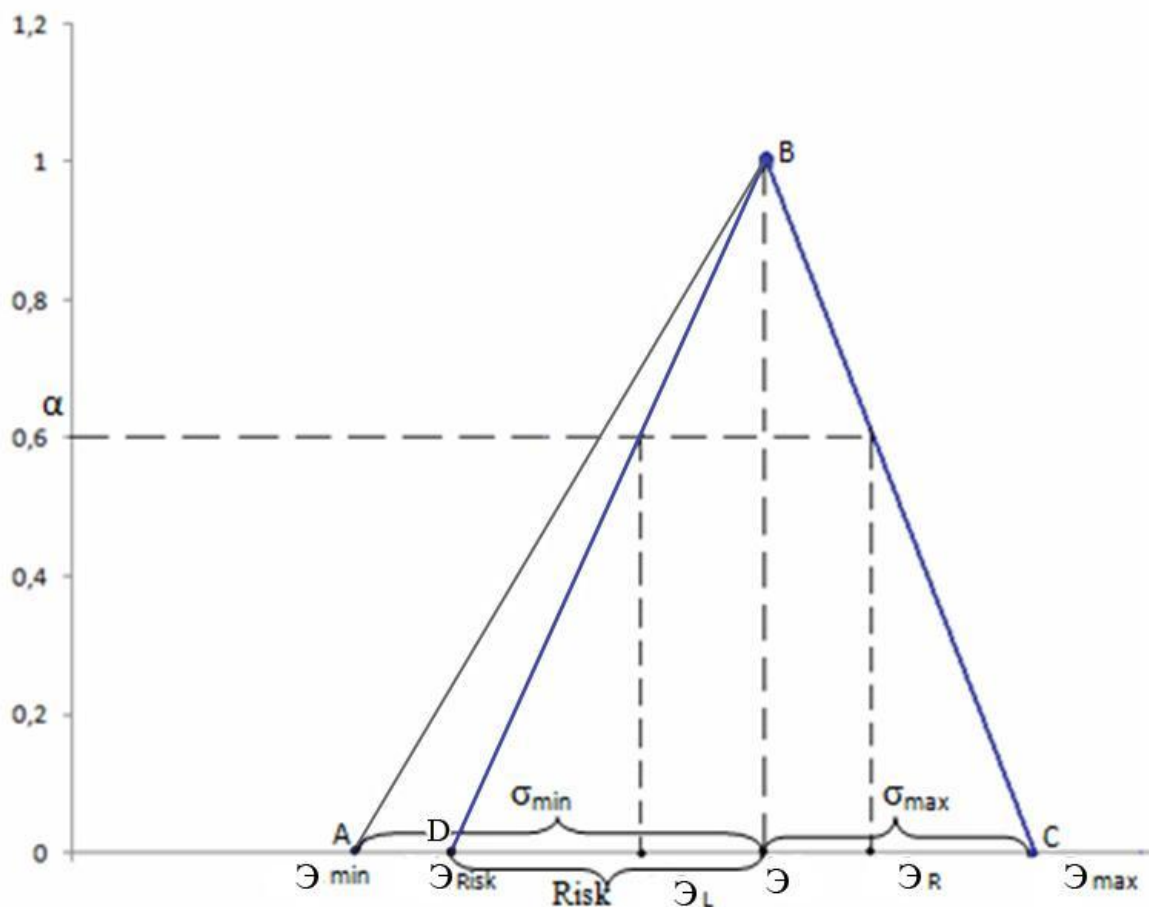


Рисунок 5 – ТНЧ экономической эффективности с учетом риска

Эта модель эффективности учитывает рисковую составляющую, то есть указывает на некоторую неопределенность значений экономического параметра (экономической эффективности), что более соответствует реальным условиям функционирования экономических систем.

## Выводы

В результате проведенного анализа потоковой модели технологически полной вертикально интегрированной системы по производству и реализации хлебопекарной продукции с применением теории нечетких чисел нам удалось построить ТНЧ для прогнозируемой величины материального потока  $M_1$ . С использованием рискованной составляющей рассчитаны доверительные интервалы ТНЧ экономической эффективности  $\underline{\mathcal{E}}$  и цены на хлеб  $\underline{P}_x$ . Получены интервалы достоверности для материальных потоков  $M_2$ ,  $M_3$ ,  $M_4$  и  $M_5$  и для финансового потока  $d_2$ . Разработана модель эффективности, учитывающая рискованную составляющую, которая более соответствует реальным условиям функционирования экономических систем.

## Литература

1. Ефанова Н.В., Лойко В.И. Модели и методики управления рисками в производственных системах АПК: Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 217 с.
2. Богославский С.Н., Лойко В.И., Макаревич О.А. Экономико-математический анализ технологически полной цепи по производству зерна, его переработке и реализации хлебопродукции // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №10(54).
3. Богославский С.Н. Конкретизация обобщенной потоковой модели экономической эффективности технологически полной вертикально интегрированной системы по производству и реализации хлебопекарной продукции // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №04(58).