

УДК 62-7

ОЦЕНКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА И СЕРВИСА АПК В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Редреев Г.В.¹, Метелёв А.Е.¹

¹ФГБОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» (644008, г. Омск, Институтская площадь, 2), e-mail: adm@omgau.ru

В статье обосновывается необходимость наличия комплексных интегральных показателей, обобщенно характеризующих производственные, организационно-технологические факторы, определяющие поведение производственной системы АПК. Одним из таких показателей может являться организационно-технологическая надежность. Методология оценки организационно-технологической надежности процессов агропромышленного производства, под которой понимается комплексная интегральная вероятность, обеспечивающая достижение требуемого результата, разрабатывается посредством энтропии как критерия неопределенности. Расчеты параметров закона распределения вероятностей состояния системы «организационно-технологическая надежность производства» производились из допущения его сходства с нормальным законом распределения случайных величин. Учет неопределенности на основе энтропии является новой концепцией обеспечения организационно-технологической надежности, позволяющей определять величину вероятности стабильности производства. Делается вывод, что представленная методология позволяет также оценить резервы системы и величину риска в условиях стабильности.

Ключевые слова: надежность, неопределенность, энтропия, вероятность, риск.

EVALUATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF PRODUCTION PROCESSES AND SERVICE AIC UNDER UNCERTAINTY

Redreev G.V.¹, Metelev A.E.¹

¹VPO "Omsk State Agrarian University named Stolypin" (644008, Omsk, str. Institutskaja area, 2), e-mail: adm@omgau.ru

The article explains the need for a comprehensive integrated indicators generally characterize industrial, organizational and technological factors that determine the behavior of the production system AIC. One of these indicators may be organizational and technological reliability. Methodology for assessing organizational and technological processes reliability of agricultural production, which is understood as a comprehensive cumulative probability that achieve the desired result, developed by the entropy as a measure of uncertainty. Calculations of the parameters of the distribution of probabilities of system state "organizational and technological reliability of production" made the assumption of its similarity to the normal distribution of random variables. Accounting for Uncertainty based on entropy is a new concept to ensure organizational and technological reliability, allows us to determine the probability of production stability. It is concluded that the presented methodology allows to assess the reserves of the system and the amount of risk in terms of stability.

Keywords: reliability, uncertainty, entropy, probability, risk.

Анализ литературы и практики производства и сервиса АПК показывает значительное повышение внимания к увеличению эффективности производства за счет инженерной диагностики и мониторинга динамики показателей производственных процессов. При этом организационно-технологические решения рассматриваются как система оптимальных технологических и организационных параметров работ на объекте, обеспечивающих достижение целей в пределах заданного ограничения затрат и времени при распределении ресурсов, устанавливаемых на стадии планирования [1]. Всё чаще в качестве критерия

эффективности организационно-технологических решений принимается организационно-технологическая надежность.

В сложный период неустойчивых экономических взаимоотношений процесс развития новых форм организаций, инновационных технологий, становление методологии организационно-технологической надежности производственных процессов в АПК и результатов его деятельности требуют ликвидации отставания фундаментальных научных исследований от практического опыта и требований времени.

Для решения этой задачи необходимо иметь комплексные интегральные показатели, обобщенно характеризующие производственные, организационно-технологические факторы, определяющие поведение как системы АПК в целом, так и ее подсистем. Учитывая складывающуюся в экономике ситуацию, оценка организационно-технологической надежности (ОТН) должна базироваться на стохастичности изменения ряда показателей, характеризующих организацию производства той или иной службы, а также потенциально возможного инновационного характера развития АПК. Организационно-технологическая надежность производства является показателем надежности производства АПК как критерия достижения конечного результата.

Отсутствие количественно заданной вероятности является неопределенностью относительно будущего состояния организационно-технологической надежности (ОТН) производства, порождающей риск неэффективных решений в обеспечении надежности технических систем АПК.

Системным исследованиям технических и экономических проблем производственных объектов АПК, теоретическому обоснованию совершенствования организации производственных процессов и управления ими посвящены работы ряда известных отечественных ученых. Однако проблема организационно-технологической надежности производства в АПК нашла своё отражение, согласно анализу литературы, только в работах Д.В. Стефановского, Т.В. Усковой, Р.Ю. Селименкова, А.Н. Чекавинского. При этом исследователями достаточно глубоко проработана проблема организационно-технологической надежности производства в строительном секторе экономики и на железнодорожном транспорте [2-4].

Вместе с тем, как показывает анализ, не нашел своего решения вопрос устранения (снятия) неопределенности в комплексной интегральной оценке организационно-технологической надежности производства.

Цель настоящего исследования – разработка методологии оценки организационно-технологической надежности процессов производства и сервиса агропромышленного комплекса в условиях неопределенности.

Результаты исследования. К числу классических критериев, которые используются при принятии решений в условиях неопределенности, относится энтропия.

Энтропия – количественная мера неопределенности некоторой выделенной совокупности характеристик исследуемого объекта любой природы (численность, состав и т.п.). Энтропия характеризует определенную направленность процесса в системе и как физическая величина характеризует меру внутренней неупорядоченности системы, то есть меру хаоса в системе.

Из существующих определений энтропии (H) дискретной случайной величины x два определения имеют фундаментальное значение [5; 6]:

1. Формула Р. Хартли:

$$H = \log_2 N, \quad (1)$$

где N – общее число значений дискретной случайной величины x . Для нашего случая параметр N – это суммарное количество следующих десяти структурных показателей (моделей) производства: технологических (2), организационных (2), управленческих (2), экономических (1), статистических (1), надежности (2).

2. Формула К. Шеннона:

Энтропией системы ($H(x)$) называется сумма произведения вероятностей (P_i) различных состояний системы на логарифмы этих вероятностей ($\log_2 P_i$), взятая с обратным знаком, то есть

$$H(x) = - \sum_{i=1}^N P_i \cdot \log_2 P_i . \quad (2)$$

Если все значения x равновероятны, то $P(x) = 1/N$ и $H(x) = H$, вообще же $H(x) \leq H$.

В теории информации соотношение между полным количеством информации, шумом и сохранившейся упорядоченностью системы выражается избыточностью (R), которая вычисляется по следующей формуле [7]:

$$R = 1 - \frac{H(x)}{H} . \quad (3)$$

В зависимости (3) отношение $H(x)/H$ называют относительной энтропией \tilde{H} :

$$\tilde{H} = \frac{H(x)}{H} = \frac{H(x)}{\log_2 S} = - \frac{1}{\log_2 S} \cdot \sum_{i=1}^S P_i \cdot \log_2 P_i, \quad (4)$$

где S – число состояний системы. В нашем случае параметр S тождественен параметру N - число состояний системы тождественно суммарному количеству структурных показателей (моделей) производства: технологических (2), организационных (2), управленческих (2), экономических (1), статистических (1), надежности (2).

Уравнение (3) представляет собой зависимость, посредством которой может определяться вероятность (B) стабильности системы «ОТН производства». В этом случае уравнение (3) будет выглядеть следующим образом:

$$B = \frac{H - H(x)}{H}. \quad (4)$$

То есть избыточность R тождественна вероятности B , представляющей собой искомую интегральную вероятность системы «ОТН производства», обеспечивающую достижение заданного результата.

Поскольку значения параметра S лежат в диапазоне от 0 до 10, то в этом диапазоне каждой величине параметра S должны соответствовать свои параметры риска: центр рассеивания \bar{x} и среднеквадратическое отклонение σ . Причём величина вероятности (p) появления значения \bar{x} среди 10 значений x равна $p = \frac{1}{10} = 0,1$. Вероятности ($P_{m.n} = P_i$) возможных исходов «появления» вышеназванных \bar{x} и σ , а значит и значений параметра S , могут быть определены по формуле Бернулли [8]:

$$P_{m.n} = C_n^m \cdot p^m \cdot q^{n-m}, \quad (5)$$

где C_n^m - символ, обозначающий количество сочетаний из n элементов по m элементов;

p - вероятность события;

m - точное количество раз появления события (в нашем исследовании $m = S$);

q - вероятность появления противоположного события, вычисляется $q = 1 - p$;

n - число всех исходов (в настоящем исследовании $n = 10$).

Символ C_n^m определяется посредством следующей формулы:

$$C_n^m = \frac{n!}{m! \cdot (n-m)!} \quad (6)$$

В настоящем исследовании вероятность появления противоположного события $q = 1 - p = 1 - 0,1 = 0,9$.

В таблице представлены рассчитанные посредством формулы (5) значения вероятности появления 11 состояний системы «ОТН производства», характеризующихся S -алгоритмом ($S = 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10$).

Таблица 1

Расчёт вероятностей появления 11 состояний системы «ОТН производства»

$m (= S_i)$	C_n^m	$p^m \cdot q^{n-m}$	$P_{m,n}$
10	$C_{10}^{10} = 1$	$p^m \cdot q^{n-m} = \left(\frac{1}{10}\right)^{10} \cdot \left(\frac{9}{10}\right)^0 = 10^{-10}$	$P_{10,10} \approx 0$
9	$C_{10}^9 = 10$	$p^m \cdot q^{n-m} = \left(\frac{1}{10}\right)^9 \cdot \left(\frac{9}{10}\right)^1 = 0,9 \cdot 10^{-9}$	$P_{9,10} \approx 0$
8	$C_{10}^8 = 45$	$p^m \cdot q^{n-m} = \left(\frac{1}{10}\right)^8 \cdot \left(\frac{9}{10}\right)^2 = 0,81 \cdot 10^{-8}$	$P_{8,10} \approx 0$
7	$C_{10}^7 = 120$	$p^m \cdot q^{n-m} = \left(\frac{1}{10}\right)^7 \cdot \left(\frac{9}{10}\right)^3 = 0,729 \cdot 10^{-7}$	$P_{7,10} \approx 0$
6	$C_{10}^6 = 210$	$p^m \cdot q^{n-m} = \left(\frac{1}{10}\right)^6 \cdot \left(\frac{9}{10}\right)^4 = 0,6561 \cdot 10^{-6}$	$P_{6,10} = 0,00014$
5	$C_{10}^5 = 252$	$p^m \cdot q^{n-m} = \left(\frac{1}{10}\right)^5 \cdot \left(\frac{9}{10}\right)^5 = 0,5905 \cdot 10^{-5}$	$P_{5,10} = 0,0015$
4	$C_{10}^4 = 210$	$p^m \cdot q^{n-m} = \left(\frac{1}{10}\right)^4 \cdot \left(\frac{9}{10}\right)^6 = 0,5314 \cdot 10^{-4}$	$P_{4,10} = 0,0111$
3	$C_{10}^3 = 120$	$p^m \cdot q^{n-m} = \left(\frac{1}{10}\right)^3 \cdot \left(\frac{9}{10}\right)^7 = 0,4782 \cdot 10^{-3}$	$P_{3,10} = 0,0573$
2	$C_{10}^2 = 45$	$p^m \cdot q^{n-m} = \left(\frac{1}{10}\right)^2 \cdot \left(\frac{9}{10}\right)^8 = 0,4304 \cdot 10^{-2}$	$P_{2,10} = 0,1937$
1	$C_{10}^1 = 10$	$p^m \cdot q^{n-m} = \left(\frac{1}{10}\right)^1 \cdot \left(\frac{9}{10}\right)^9 = 0,3874 \cdot 10^{-1}$	$P_{1,10} = 0,3874$
0	$C_{10}^0 = 1$	$p^m \cdot q^{n-m} = \left(\frac{1}{10}\right)^0 \cdot \left(\frac{9}{10}\right)^{10} = 0,3486$	$P_{0,10} = 0,3486$

Полученные в таблице 1 результаты можно представить графически.

В прямоугольной системе координат по горизонтальной оси откладываются числа $m = S_i$, а из этих точек восстанавливаются перпендикулярные отрезки, представляющие значения $P_{m,n}$. Для настоящего исследования эта кривая представлена на рисунке 1.

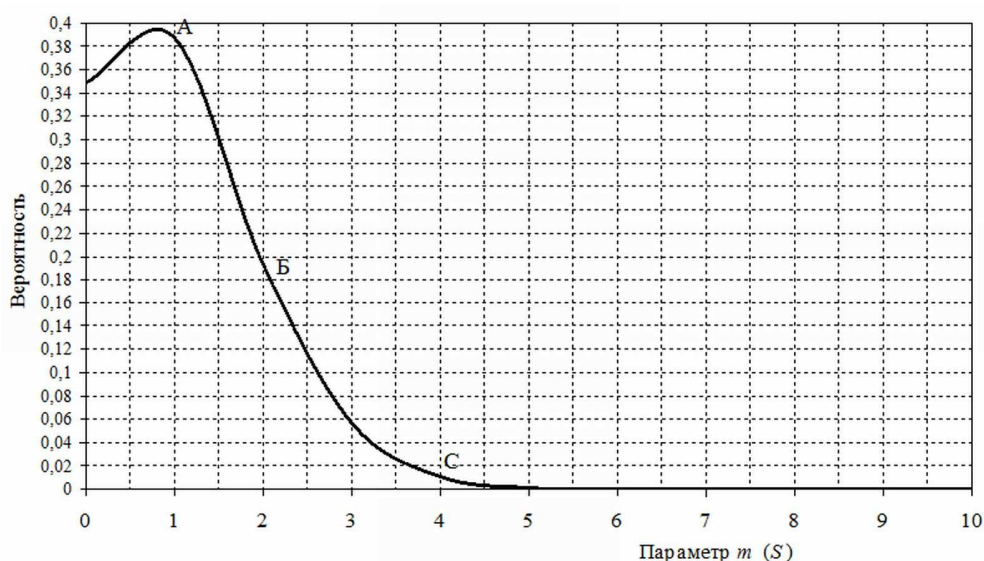


Рис. 1. Кривая вероятностей появления 11 состояний системы «ОТН производства».

Проведение дальнейшего исследования следует основывать, исходя из количества показателей 10 моделей, на нормальном законе распределения. Следовательно, имея значения вероятностей $P_{m, n}$, необходимо определить значения математического ожидания (a) как центра рассеивания \bar{x} и среднеквадратическое отклонение (σ).

Для этого необходимо определить и оценить каждый диапазон, в который попадает случайная величина x с определенной степенью достоверности. Основывается такой подход на том, что в каждом интервале должно быть k_s число цифр, которое может быть определено посредством следующего неравенства [8]:

$$k_s \geq \frac{\ln(1 - P_{m, n})}{\ln(1 - p)}, \quad (7)$$

то есть с вероятностью, не меньшей $P_{m, n}$, событие «появления» \bar{x} и σ произойдет в каждом испытании S_i хотя бы один раз. В качестве k_s берется ближайшее целое число, превосходящее значение правой части неравенства (7); величина $p = 1/7$, величины $P_{m, n}$ (см. колонку 4 таблицы 1).

Согласно рис. 1 наиболее вероятное появление нормального закона распределения в диапазоне $0 < S < 3,24$ возможно только при $S = 1$.

Для этого состояния производства вероятность $P_{1,10}=0.3874$, вероятность события $p = 1/7$, тогда допустимое число цифр k_s , на основании которых определяются показатели интервала (то есть показатели \bar{x} и σ), составит согласно формуле (7):

$$k_s \geq \frac{\ln(1 - 0,3874)}{\ln(1 - 1/7)} = \frac{-0,4900}{-0,1541} = 3,18.$$

Отсюда $k_s = 4$. На основании данных таблицы 1 математическое ожидание \bar{x} , дисперсия D , среднеквадратическое отклонение σ составят:

$$\bar{x} = 4 \cdot 0,0111 + 3 \cdot 0,0573 + 2 \cdot 0,1937 + 1 \cdot 0,3874 = 0,9911 = 1;$$

$$D = (4-1)^2 \cdot 0,0111 + (3-1)^2 \cdot 0,0573 + 0,1937 = 0,5229; \quad \sigma = \sqrt{D} = \sqrt{0,5229} = 0,7231.$$

Поскольку $\bar{x} = S = 1$, то первое состояние системы является её центром в ориентации обеспечения организационно-технологической надежности производства.

Возвращаясь к формуле (4) и используя формулы (1), (2) и данные четвертого столбца таблицы 1, определим вероятность стабильности системы «ОТН производства».

$$\text{Энтропия составит величину: } H = \log_2 S = \log_2 (11 - 4) = 2,8073;$$

энтропия $H(x) = - \sum_{i=1}^s P_i \cdot \log_2 P_i$ составит величину в размере

$$H(x) = - \left(0,3486 \cdot \log_2 0,3486 + 0,3874 \cdot \log_2 0,3874 + 0,1937 \cdot \log_2 0,1937 + 0,0573 \cdot \log_2 0,0573 + \right. \\ \left. + 0,0111 \cdot \log_2 0,0111 + 0,0015 \cdot \log_2 0,0015 + 0,00014 \cdot \log_2 0,00014 + 0 + 0 + 0 + 0 \right) = 1,8419$$

В результате вероятность стабильности исследуемой системы «ОТН производства» будет в размере $B = \frac{H - H(x)}{H} = \frac{2,8073 - 1,8419}{2,8073} = 0,3439$. Это означает, что риск при стабильности

составляет $\sigma_{\text{стабильности}} = 0,4449$ [9]. В этих условиях первое состояние системы продолжает оставаться её центром в ориентации обеспечения организационно-технологической надежности производства. При этом в центре первого состояния находятся технологии (две модели согласно формуле (1)) как комплекс организационных мер, операций и приемов, направленных на изготовление, обслуживание, ремонт и эксплуатацию любого конечного продукта труда с оговоренным техническим заданием и согласованным техническим предложением и минимально возможными затратами, обусловленных текущим уровнем развития науки и техники.

Выводы

1. Повышение эффективности производственных процессов АПК возможно за счёт системы обеспечения организационно-технологической надёжности производства, включая инженерную диагностику и мониторинг динамики показателей производственных процессов.

2. Развитие производственных систем АПК трудно прогнозировать, поэтому обеспечение организационно-технологической надёжности процессов производства и сервиса происходит в условиях неопределённости. Снимается, учитывается и измеряется неопределённость посредством энтропии.

3. Учёт неопределённости на основе энтропии является новой концепцией обеспечения организационно-технологической надёжности производства, позволяющей определять величину вероятности стабильности как главный индекс надёжности системы «ОТН производства», резервы системы и величину комплексного интегрированного риска системы в условиях стабильности.

Список литературы

1. Верескун В.Д. Развитие теоретических основ организационно-технологической надёжности и повышения эффективности функционирования производственных объектов железнодорожного транспорта : дис. ... д-ра техн. наук. – Новосибирск : СибГУПС, 2010. – 375 с.
2. Вяхирев Ю.Д. Организационно-технические решения устойчивого развития предприятий ТЭК в условиях регионализации экономики : дис. ... д-ра техн. наук. – СПб. : Гос. Горный ин-т им. Г.В. Плеханова (техн. ун-т), 2004. – 234 с.
3. Казарян Р.Ж. Моделирование организационно-технологической надёжности при оптимизации обслуживания подсистем строительного производства : дис. ... д-ра техн. наук. – М. : Моск. гос. строит. ун-т, 2004. – 244 с.
4. Шепитько Т.В. Методология выбора организационно-технологических решений при переустройстве железных дорог : дис. ... д-ра техн. наук. - М. : МИИТ, 2000. – 281 с.
5. Мартин Н., Ингленд Дж. Математическая теория энтропии / пер. с англ. – М. : Мир, 1988. – 350 с.
6. Волькенштейн М.В. Энтропия и информация. – М. : Наука. Глав. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 192 с. - (Проблемы науки и технического прогресса).
7. Низовкина Н.Г. Оценка темпов развития предприятия на основе связи темпов с энтропией // Экономические науки. – 2009. – № 2. – С. 211–215.

8. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория вероятностей. Математическая статистика. - 2-е изд. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 296 с.
9. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. - Изд. 2-е, стереотип. – Харьков : Техника, 1977. – 768 с.

Рецензенты:

Бурьян Ю.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой основ теории механики и автоматического управления ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет», г. Омск;

Браилов И.Г., д.т.н., профессор, профессор кафедры механики ФГБОУ ВПО «Омская автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)», г. Омск.