

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2021)

---

Павлодар

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

<https://doi.org/10.48081/OGVZ5983>

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

**Редакция алкасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*  
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/JQUV1140>**\*А. А. Барзов<sup>1</sup>, А. И. Денчик<sup>2</sup>, Ж. К. Мусина<sup>3</sup>, А. А. Ткачук<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Московский государственный имени М. В. Ломоносова, Российская Федерация, г. Москва;<sup>2,3,4</sup>Торайгыров университет», Республика Казахстан, г. Павлодар

## **ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО РАЗМЕРА ПРИ МНОЖЕСТВЕННОМ ВОЗМУЩЕНИИ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

*Предложено анализировать точность элементов изделий с учетом масштабного фактора, описываемого соответствующей вероятностной зависимостью. Приведены результаты имитационного моделирования, показывающие потенциальную результативность изучения точности изделий, на основе оценки влияния данного физико-технологического фактора на функциональное качество различных технических объектов.*

*В работе раскрывается физический смысл коэффициента концентрации случайных факторов ( $C_{\text{ср.им}}$ ) который представляет собой среднее число возмущений на единицу длины исполнительного размера за одно испытание при постоянных технико-экономических особенностях данного технологического воздействия. В работе также показано что  $C_{\text{ср.им}}$  – характеризует индивидуальность условий формирования всех возможных номиналов исполнительных размеров, с учетом технико-экономических особенностей данного технологического воздействия и что распределение вероятности возмущения исполнительного размера при формировании его точности имеет экспоненциальный характер. Предложен вариант вероятностной математической модели формирования точности исполнительного размера, которая имеет вид  $\delta_{Li} = (1 - e^{-C_i \times Li}) \times C_i$ ,  $\delta_{Li} = (1 - e^{-C_i \times Li}) \times C_i$ .*

*Ключевые слова: точность, масштабный фактор, вероятностная модель, имитационное моделирование, физико-технологическое возмущение.*

### **Введение**

В основе предлагаемого подхода вероятностного процесса формирования точности исполнительного размера с учетом влияния его величины – масштабного фактора используется понятие функционально значимого технологического возмущения (ФЗТВ) формирования некоторого исполнительного размера, которое приводит к возникновению соответствующей погрешности.

До настоящего времени согласно [2, 4, 5] при вероятностном имитационном моделировании процесса формирования точности исполнительного размера  $L$  (ИСПР- $L$ ) рассматривалось воздействие только одного возмущающего фактора в пределах одного испытания – реализации.

### **Материалы и методы**

Рассматривая технологическую операцию, условия формирования ИСПР- $L$ , многие ученые отмечают одновременное воздействие нескольких случайных факторов. Поэтому вероятностный подход в сочетании с имитационным моделированием формирования точности ИСПР- $L$  в условиях активного воздействия числа случайных факторов больше одного является актуальным.

Принимая во внимание вышеизложенное, рассмотрим структурную схему имитационного моделирования (рисунок 1), процесса формирования точности исполнительного размера при  $z > 1$ , где  $(z)$  – максимально-возможное значение одновременных возмущений исполнительного размера ( $L$ ) в одной из ( $m_p$ ) реализаций.

### **Результаты и обсуждение**

Имитационное моделирование испытания при множественном возмущении предполагает одновременное возмущение исполнительного размера ( $L$ ) случайными факторами в пределах от 0 до  $z$ , где  $z$  – любое целое число. Это достигается генерированием  $z$  случайных величин для каждой из  $m_p$  запланированных реализаций испытаний. Число реализаций ( $m_p$ ) определяется из условия стабилизации относительной частоты возмущений исполнительного размера  $P(m_i)$ , в этом случае общее число испытаний

$$n_{\text{общ}} = z \times m_p \times n_{\text{общ}} = z \times m_p \text{ (рисунок 2)}$$

$$P(m_i) = \frac{k}{k + m_p i},$$

где  $m_{pi}$  – номер текущей реализации;

$k$  – число возмущений за одну реализацию  $0 < k \leq z$ .

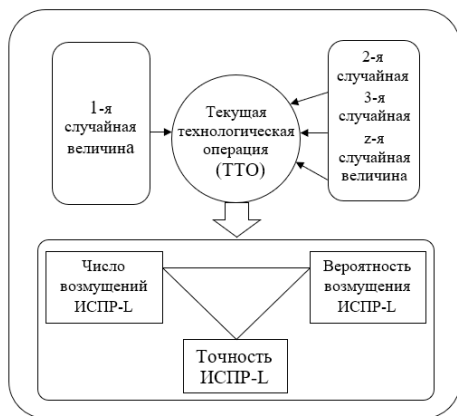


Рисунок 1 – Структурная схема имитационного моделирования при множественном возмущении

№ п/п (n)	№ реализ. (m)	Мах. возм. числ.	КС	ИСПР-L	Да / Нет	Числ. возм. (k)
1	1	z	←	←	0	2
2			←	←	1	
...			←	←	0	
n			←	←	1	

Рисунок 2 – Схема определения множественного возмущения

Определить условия испытания при возможном множественном одновременном возмущении исполнительного размера (L) это значит задать численное значение 1-ой случайной величины и задать значения случайных величин от 2-й до z-й, действующих при выполнении текущей технологической операции (ТТО).

В качестве входных параметров имитационного моделирования в соответствии с принятой схемой схематизации процесса формирования точности ИСПР – L использовались:

– 1-я случайная величина – координата старта КС, случайное число равномерного распределения:  $0 < КС < \infty$ ;

– 2-я случайная величина – координата функционально значимого технологического возмущения – КФЗТВ, случайное число равномерного распределения:  $0 < КФЗТВ < \infty$ ;

– 3-я случайная величина – значение исполнительного размера ИСПР – L, случайное число равномерного распределения:  $0 < ИСПР – L < 3500$ .

В качестве выходных параметров моделирования при каждом испытании фиксировался результат испытания: есть возмущение или нет возмущения, соответственно этому, переменной-показателю испытаний (ПИ), присваивалось значение 1 – если «Да», и присваивалось значение 0 – если «Нет»:

если  $КС < КФЗТВ < ИСПР – L + КС$ , то «Да»;

если  $КС < КФЗТВ < ИСПР – L$ , то «Нет».

По результатам испытаний определялись следующие выходные характеристики вероятностного процесса формирования точности ИСПР – L. Значения характеристик рассчитывались в соответствии с правилами теории вероятностей и математической статистики [1].

–  $P(L)$  – вероятность возмущения исполнительного размера ИСПР – L номиналом L в серии испытаний;

$$P(L_i) = \frac{ЧВ_{\Sigma L_i}}{ЧИ_{L_i}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{общ}}} ПИ_{L_i}}{n_{\text{общ}}}$$

–  $ЧВ_{\text{тек}L_i}$  – текущее значение суммы одинарных возмущений при i-м испытании ИСПР–L;

–  $P_{\text{тек}}(L_i)$  – текущее значение вероятности возмущения для i-го испытания ИСПР – L;

$$P_{\text{тек}}(L_i) = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{тек}}} ПИ_{L_i}}{i}$$

–  $ПИ_{L_i} ПИ_{L_i}$  – показатель испытаний при наличии возмущения равный + 1;

–  $ЧВ_{\Sigma L_i} ЧВ_{\Sigma L_i}$  – суммарное число возмущений (ФЗТВ) исполнительного размера за серию испытаний;

–  $n_{\text{общ}}$  – общее число испытаний в каждой серии;

–  $n_{\text{тек } i}$  – текущее значение номера испытаний;  
 –  $C_{\text{ср.им}}$  – средний коэффициент идентичности технологического воздействия (КИТВ) определяемый по результатам имитационного моделирования для нескольких значений ИСПР- $L_i$ .

$$C_{\text{ср.им.}} = \frac{\sum_{i=1}^m C_{L_i}}{m} = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\text{ЧВ}_{\Sigma L_i}}{n_{\text{общ}} \times L_i} \right) / m$$

$$C_{\text{ср.им.}} = \frac{\sum_{i=1}^m C_{L_i}}{m} = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\text{ЧВ}_{\Sigma L_i}}{n_{\text{общ}} \times L_i} \right) / m$$

где  $C_{L_i}$  – коэффициент идентичности условий технологического возмущения (КИТВ $_{L_i}$ ) при формировании  $i$ -го исполнительного размера  $L_i$ ;  
 $m$  – число исследуемых исполнительных размеров.

Значение погрешности согласно принятым допущениям исполнительного размера  $\delta_{L_i}$  определяется как произведение единицы точности  $\Delta \delta_i = C_{\text{ср.им.}}$  на число возмущений  $(\text{ЧВ}_{\Sigma L_i})(\text{ЧВ}_{\Sigma L_i})$  исполнительного размера.

$$\delta_{L_i} = \text{ЧВ}_{\Sigma L_i} \times C_{\text{ср.им.}}$$

но

$$P_{L_i} = \frac{\text{ЧВ}_{\Sigma L_i}}{n_{\text{общ}}},$$

следовательно

$$\delta_{L_i} = P_{L_i} \times n_{\text{общ}} \times C_{\text{ср.им.}}$$

А действительный исполнительный размер ( $L_{\text{дi}}$ )

$$L_{\text{дi}} = L_i \pm \frac{\delta_{L_i}}{2} = L_i \pm \frac{P_{L_i} \times n_{\text{общ}} \times C_{\text{ср.им.}}}{2}$$

Учитывая то, что физический смысл  $C_{\text{ср.им.}}$  представляет собой среднее число возмущений на единицу длины исполнительного размера за

одно испытание, значение коэффициента ( $C_i$ ) за серию испытаний  $n = n_{\text{общ}}$ ,  $n = n_{\text{общ}}$  запишем как

$$C_i = n_{\text{общ}} \times C_{\text{ср.им.}} n_{\text{общ}} \times C_{\text{ср.им.}}$$

Следовательно

$$\delta_{L_i} = P_{L_i} \times C_i,$$

а

$$L_{\text{дi}} = L_i \pm \frac{\delta_{L_i}}{2} = L_i \pm \frac{P_{L_i} \times C_i}{2}$$

$C_i$  - с учетом принятых допущений физический смысл  $C_i = C_{\text{ср.им.}} \times n_{\text{общ}}$   $C_i = C_{\text{ср.им.}} \times n_{\text{общ}}$  следует трактовать как среднее число возмущений на единицу длины исполнительного размера за весь цикл формирования его точности (за  $n_{\text{общ}}$ ) в условиях данного технологического воздействия, следовательно, точность запишем как

$$\delta_{L_i} = P_{L_i} \times C_i, \delta_{L_i} = P_{L_i} \times C_i; \text{ или } \delta_{L_i} = (1 - e^{-C_i \times L_i}) \times C_i,$$

$$\delta_{L_i} = (1 - e^{-C_i \times L_i}) \times C_i,$$

Расчётные графические зависимости точности при различных значениях  $C_{\text{ср.им.}}$  представлены на рисунке 3.

Особенностью определения при имитационном моделировании вероятности возмущения исполнительного размера является необходимость учета неоднократного возмущения при  $1 < k \leq z$ . Поэтому текущее значение вероятности  $P_{\text{тек}}(L_i)$ , при множественном ( $1 < k \leq z$ ) раз возмущении ИСПР –  $L_i$ , в процессе одной из ( $m$ ) реализаций будем определять как

$$P_{\text{тек}}(L_i) = \frac{k_{\Sigma}}{(m_p + k_{\Sigma})}$$

Имитационное моделирование осуществлялось для максимально-возможного числа возмущений  $z = 1, z = 7, z = 25, z = 50$ . Для всех исследуемых значений ИСПР –  $L$  общее число испытаний было принято



$n_{\text{общ}} = 300$ , т.к. это гарантированно обеспечивает «стабилизацию» текущего значения выходных параметров  $P_{\text{тек}}(L_i)$  и  $ЧВ_{\text{тек}L_i}$  исполнительного размера.

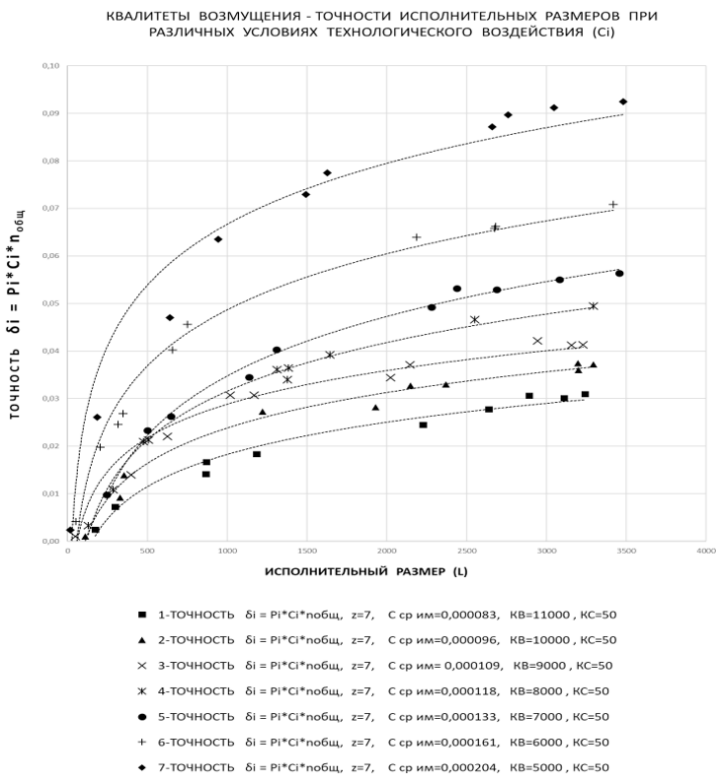


Рисунок 3 – Результаты имитационного моделирования

Исследование влияния масштабного фактора исполнительного размера позволило выявить нелинейный характер зависимости вероятности возмущения от величины исполнительного размера  $P(L) = f(L)$ . Характер зависимости  $P(L) = f(L)$  является устойчивым при различных условиях ИМ. Так исследование зависимости  $P(L) = f(L)$  при различном числе максимально-возможных возмущений  $Z = 1, Z = 7, Z = 25, Z = 50$  (рисунок 4) свидетельствует о подобии частных зависимостей и потенциальной возможности идентификации процесса формообразования на основе анализа влияния МФ на выходные параметры обработки.

По результатам ИМ средний коэффициент идентичности условий технологического возмущения –  $C_{\text{ср.им}}$  определялся как

$$C_{\text{ср.им}} = \frac{\sum_{i=1}^m C_{L_i}}{m}$$

Средний коэффициент  $C_{\text{ср.им}}$  по своему физическому смыслу является константой условий ИМ или математическим ожиданием возмущения ИСПР-L за одно испытание при ИМ,

Обработка результатов ИМ подтвердила зависимость  $C_{\text{ср.им}}$  от условий испытания при ИМ. Так при различном числе максимально-возможных возмущений  $Z=7, Z=25, Z=50$  были соответственно определены значения  $C_{\text{ср.им}} = 0,009, C_{\text{ср.им}} = 0,0322, C_{\text{ср.им}} = 0,0657$ .

Последующий корреляционный анализ позволил установить высокий уровень корреляции результатов имитационного моделирования с результатами расчета по экспоненциальной зависимости

Проверка справедливости гипотезы экспоненциального характера аппроксимирующей зависимости  $P(L) = f(L)$  показала что положительным результатом следует считать вариант аппроксимации функцией вида

$$y = 1 - e^{(-C \times x)},$$

о чем свидетельствует самый высокий коэффициент корреляции  $КК = 0,97-0,99$  из всех рассмотренных вариантов (таблица 1).

Недостатком аппроксимации функцией вида  $y = 1 - K \times e^{(-C \times x)}$  следует считать низкую корреляцию результатов аппроксимации и результатов ИМ,  $КК = 0,74-0,86$ .

Наряду с рассмотренными анализировался вариант аппроксимации полиномом 3-й степени  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$  и экспоненциальной зависимостью  $y = 1 - e^{(-C \times x)}$ , с последующим определением коэффициента корреляции (КК) результатов аппроксимации и результатов ИМ. Результаты проведенного анализа свидетельствуют о преимуществе аппроксимацией функцией экспоненциального вида

$$y = 1 - e^{(-C \times x)},$$

так как в этом случае  $КК = 0,81-0,94$ , а в противном случае  $КК = 0,76-0,89$ .

Таблица 1 – Результаты аппроксимации

№	ВИД АПРОКСИМИРУЮЩЕЙ Ф-И		КОЭФ. АПРОКС.				
	$P(L) = a \cdot L^2 + b \cdot L + d;$ $P(L) = 1 - K \cdot \text{EXP}(-C \cdot L);$ $P(L) = 1 - \text{EXP}(-C \cdot L);$	a	b	d	c	КОЭФ. КОРРЕЛЯЦ. С РЕЗУЛЬТ. ИМ	Z
1	$y = -7E-07x^2 + 0,0014x + 0,279$	$-7 \cdot 10^{-7}$	0,00140	0,279		0,926	7
2	$y = -7E-07x^2 + 0,0013x + 0,4515$	$-7 \cdot 10^{-7}$	0,00130	0,4515		0,838	25
3	$y = -7E-07x^2 + 0,0012x + 0,528$	$-7 \cdot 10^{-7}$	0,00120	0,528		0,693	50
4	$y = 1 - 0,5257e^{-0,001x}$				0,001	0,864	7
5	$y = 1 - 0,3055e^{-0,002x}$				0,002	0,829	25
6	$y = 1 - 0,2019e^{-0,003x}$				0,003	0,741	50
7	$P(L) = 1 - \text{EXP}(-0,009 \cdot L)$				0,009	0,995	7
8	$P(L) = 1 - \text{EXP}(-0,032 \cdot L)$				0,032	0,977	25
9	$P(L) = 1 - \text{EXP}(-0,066 \cdot L)$				0,066	0,992	50

## Выводы

Анализ полученных результатов позволяет констатировать:

– коэффициенты случайных величин КС и КФЗТВ оказывают влияние на характер и вероятность возмущения ИСПР – L при моделировании;

– при изменении величины КС с КС = 20 до КС = 50 и величины КФЗТВ с КФЗТВ = 150 до КФЗТВ = 400 приводит к изменению величины  $C_{cp}$  с  $C_{cp1} = 0,00391$  до  $C_{cp2} = 0,00241$ ;

– коэффициент условий обработки  $C_{cp,им}$  характеризует характер возмущения ИСПР – L и служит показателем, по которому можно идентифицировать процесс формирования точности исполнительного размера.

– высокий уровень корреляции расчётных результатов и результатов имитационного моделирования ( $K = 0,96$  и  $K = 0,87$ ), свидетельствует о справедливости выдвинутой гипотезы, что распределение вероятности возмущения исполнительного размера при формировании его точности имеет экспоненциальный характер

$$P(L) = 1 - e^{-cL}$$

**Список использованных источников**

- 1 **Гурман, В. Е.** Теория вероятности и математическая статистика [Текст]. – М. : Высшая школа, 1977. – 479 с.
- 2 **Барзов, А. А., Галиновский, А. Л., Пузаков, В. С., Троший, О. А.** Вероятностное моделирование в инновационных технологиях [Текст]. – М. : изд-во «НТ», 2006. – 100 с.
- 3 **Фрейденталь, А. М.** Статистический подход к хрупкому разрушению. Разрушение [Текст] / Под ред. Г. Либовица. – М. : Мир, 1975. – Т. 2. – С. 616–645.
- 4 **Барзов, А. А., Денчик, А. И., Ткачук, А. А.** Имитационное моделирование процесса вероятностного формирования исполнительного размера [Текст] // Наука и техника Казахстана, 2020. – № 1. – С. 39–47.
- 5 **Ткачук, А. А., Денчик, А. И., Барзов, А. А.** Вероятностный характер формирования исполнительного размера при механической обработке // Материалы международной научной конференции «XX Саптаевские чтения», 2020. – Т. 17. – С. 377–384.
- 6 **Барзов, А. А., Денчик, А. И., Корнеева, В. М., Корнеев, С. С.** Вероятностная модель взаимодействия необходимых и достаточных условий массовой заболеваемости населения с учетом масштабного-популяционного фактора // Качество и жизнь, 2020. – № 3. – С. 19–26.
- 7 **Абашин, М. И., Барзов, А. А., Денчик, А. И., Мусина, Ж. К.** Анализ инновационного потенциала ультраструйных гидротехнологий [Текст] // Наука и техника Казахстана, 2016. – № 3–4. – С. 7–15.
- 8 **Barzov, A. A., Belov, V. A., Denchik, A. I.** Information analysis of combined ultra-jet express diagnostics of materials and products of RST (rocket & space technology) [Text] // 43<sup>rd</sup> Academic Space Conference : Dedicated to the Memory of Academician S.P. Korolev and other Outstanding Russian Scientists – Pioneers of Space Exploration «Korolev Academic Space Conference», Bauman Moscow State Technical University. – AIP Conference Proceedings, Volume 2171, 15 November 2019, *номер статьи* 170014, *код* 154643.
- 9 **Дудак, Н. С., Итыбаева, Г. Т., Мусина, Ж. К., Касенов, А. Ж.** Методика планирования экспериментальных исследований при обработке новыми стержневыми инструментами [Текст] // Вестник Пермского университета. История, 2007. – № 4. – С. 154.
- 10 **Тарасик, В. П.** Математическое моделирование технических систем : учебник для вузов [Текст] / изд. 2-е дополн. и перераб. – Мн. : Изд-во «Дизайн ПРО», 2004. – 640 с.
- 11 **Дерябин, И. П., Козлов, А. В.** Математическое моделирование процессов в машиностроении: учебное пособие по выполнению лабораторных работ [Текст]. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 27 с.

## References

1 **Gurman, V. E.** Teoriya veroyatnosti i matematicheskaya statistika. [Probability theory and mathematical statistics] [Text]. – М. : Vy`sshaya shkola, 1977. – 479 p.

2 **Barzov, A. A., Galinovskij, A. L., Puzakov, V. S., Troshhij, O. A.** Veroyatnostnoe modelirovanie v innovacionnyx texnologiyax. [Probabilistic modeling in innovative technologies] [Text] – М. : «NT» Publishing house, 2006. – 100 p.

3 **Frejidental', A. M.** Statisticheskij podxod k xrupkomu razrusheniyu. Razrushenie [Statistical approach to brittle fracture. Destruction] [Text] / Ed. G. Libovicza. – М. : Mir, 1975. – Vol. 2. – P. 616–645.

4 **Barzov, A. A., Denchik, A. I., Tkachuk, A. A.** Imitacionnoe modelirovanie processa veroyatnostnogo formirovaniya ispolnitel'nogo razmera [Simulation of the process of probabilistic formation of the executive size] [Text] // In Science and Technology of Kazakhstan, 2020. – № 1. – P. 39–47.

5 **Tkachuk, A. A., Denchik, A. I., Barzov, A. A.** Veroyatnostnyj karakter formirovaniya ispolnitel'nogo razmera pri mexanicheskoj obrabotke [The probabilistic nature of the formation of the executive size during machining] [Text] // In Materials of the international scientific conference «XX Satpayev Readings», 2020. – Vol. 17. – P. 377–384.

6 **Barzov, A. A., Denchik, A. I., Korneeva, V. M., Korneev, S. S.** Veroyatnostnaya model' vzaimodejstviya neobxodimyx i dostatochnyx uslovij massovoj zaboлеваemosti naseleniya s uchetom masshtabno-populyacionnogo faktora [Probabilistic model of interaction of necessary and sufficient conditions for mass morbidity of the population, considering the scale-population factor] [Text] // In Quality and life, 2020. – № 3. – P. 19–26.

7 **Abashin, M. I., Barzov, A. A., Denchik, A. I., Musina, Zh. K.** Analiz innovacionnogo potenciala ul'trastrujnyx gidrotexnologij [Analysis of the innovation potential of ultra-hydraulic technologies] [Text] // In Science and Technology of Kazakhstan, 2016. – № 3–4. – P. 7–15.

8 **Barzov, A. A., Belov, V. A., Denchik, A. I.** Information analysis of combined ultra-jet express diagnostics of materials and products of RST (rocket & space technology) // 43<sup>rd</sup> Academic Space Conference : Dedicated to the Memory of Academician S.P. Korolev and other Outstanding Russian Scientists – Pioneers of Space Exploration «Korolev Academic Space Conference», Bauman Moscow State Technical University. – AIP Conference Proceedings, 2019. – Vol. 2171. – Article number 170014. – Code 154643.

9 **Dudak, N. S., Itybaeva, G. T., Musina, Zh. K., Kasenov, A., Zh.** Metodika planirovaniya e'ksperimental'nyx issledovanij pri obrabotke novymi sterzhnevymi instrumentami [Methodology for planning experimental studies when processing new rod tools] [Text] // In Perm University Bulletin. History, 2007. – № 4. – P. 154.

10 **Tarasik, V. P.** Matematicheskoe modelirovanie texnicheskix sistem : uchebnik dlya vuzov [Mathematical modeling of technical systems: a textbook for universities] [Text]. – Mn. : «Dizajn PRO» publishing house, 2004. – 640 p.

11 **Deryabin, I. P., Kozlov, A. V.** Matematicheskoe modelirovanie processov v mashinostroenii: uchebnoe posobie po vypolneniyu laboratornyx rabot [Mathematical modeling of processes in mechanical engineering: a tutorial for laboratory work] [Text]. – Chelyabinsk : YuUrGU publishing house, 2003. – 27 p.

Материал поступил в редакцию 19.03.21.

*A. A. Barzov<sup>1</sup>, A. I. Denchik<sup>2</sup>, Zh. K. Mussina<sup>3</sup>, A. A. Tkachuk<sup>4</sup>*

**Механикалық өңдеу процесінің бірнеше бұзылуы кезінде атқарушы өлшемнің дәлдігін қалыптастыруды модельдеудің ықтималды моделі**

<sup>1</sup>М. В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті,  
Ресей Федерациясы, Мәскеу қ.;  
<sup>2,3,4</sup>Торайғыров университеті,  
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Материал 19.03.21 баспаға түсті.

*A. A. Barzov<sup>1</sup>, A. I. Denchik<sup>2</sup>, Zh. K. Mussina<sup>3</sup>, A. A. Tkachuk<sup>4</sup>*

**Probability model of imitation modeling of formation of accuracy of executive dimension with multiple disturbances of the mechanical process**

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University,  
Russian Federation, Moscow;  
<sup>2,3,4</sup>Toraighyrov University,  
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.  
Material received on 19.03.21.

*Түісті ықтималдық тәуелділікте сипатталған масштабты факторды ескере отырып, өнім элементтерінің дәлдігін талдау ұсынылады. Берілген физика-технологиялық фактордың әртүрлі техникалық объектілердің функционалды сапасына әсерін бағалау негізінде өнімнің дәлдігін зерттеудің ықтимал тиімділігін көрсететін модельдеу нәтижелері келтірілген.*

*Жұмыста кездейсоқ факторлардың шоғырлану коэффициентінің физикалық мәні ашылады ( $C_{ср.им}$ ) бұл осы технологиялық әсердің тұрақты техникалық-экономикалық ерекшеліктері кезінде бір сынау үшін атқарушылық өлшемнің ұзындығы бірлігіне бұзылулардың орташа санын білдіреді. Бұл жұмыста  $C_{ср.им}$  да көрсетілген оларға. -осы технологиялық әсердің техникалық-экономикалық*

*ерекшеліктерін ескере отырып, атқарушы өлшемдердің барлық мүмкін номиналдарын қалыптастыру жағдайларының даралығын сипаттайды және оның дәлдігін қалыптастыру кезінде атқарушы мөлшердің бұзылу ықтималдығын бөлу экспоненциалды сипатқа ие. Атқарушы өлшемнің дәлдігін қалыптастырудың ықтималды математикалық моделінің нұсқасы ұсынылған, ол келесідей  $\delta_{Li} = (1 - e^{-C_i \times Li}) \times C_i$ ,  $\delta_{Li} = (1 - e^{-C_i \times Li}) \times C_i$ .*

*Кілтті сөздер: дәлдік, масштабты фактор, ықтималдық моделі, имитациялық модельдеу, физика-технологиялық бұзылыс.*

*It is proposed to analyze the accuracy of product elements considering the scale factor described by the corresponding probabilistic dependence. The results of simulation are presented, showing the potential effectiveness of studying the accuracy of products, based on an assessment of the influence of this physical and technological factor on the functional quality of various technical objects.*

*The paper reveals the physical meaning of the coefficient of concentration of random factors ( $C_{cp.um}$ ), which is the average number of perturbations per unit length of the executive size per test with constant technical and economic features of this technological impact. The paper also shows that the  $C_{cp.um}$  – characterizes the individuality of the conditions for the formation of all possible denominations of executive sizes, considering the technical and economic features of this technological impact, and that the probability distribution of perturbation of the executive size in the formation of its accuracy is exponential. A variant of the probabilistic mathematical model of the formation of the accuracy of the executive size is proposed, which has the form  $\delta_{Li} = (1 - e^{-C_i \times Li}) \times C_i$ ,  $\delta_{Li} = (1 - e^{-C_i \times Li}) \times C_i$ .*

*Keywords: accuracy, scale factor, probabilistic model, simulation, physical and technological disturbance.*

Теруге 19.03.2021 ж. жіберілді. Басуға 29.03.2021 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

17,4 Мб RAM

Шартты баспа табағы 21,0. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3746

Сдано в набор 19.03.2021 г. Подписано в печать 29.03.2021 г.

Электронное издание

17,4 Мб RAM

Усл. печ. л. 21,0. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3746

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

E-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik.tou.edu.kz](http://www.vestnik.tou.edu.kz)