

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

---

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ  
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА  
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 1 (2022)

---

**ПАВЛОДАР**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**  
выходит 1 раз в квартал

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ KZ51VPY00036165

выдано  
Министерством информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем  
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,  
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

**Подписной индекс – 76129**

<https://doi.org/10.48081/TFZY8989>

**Импакт-фактор РИНЦ – 0,342**

---

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);  
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);  
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);  
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

**Члены редакционной коллегии:**

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);  
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);  
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);  
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);  
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

**Зарубежные члены редакционной коллегии:**

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);  
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);  
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);  
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);  
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);  
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);  
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);  
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);  
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);  
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);  
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);  
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);  
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов  
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

\*А. И. Денчик<sup>1</sup>, Ж. К. Мусина<sup>2</sup>, А. Ж. Касенов<sup>3</sup>, Л. Р. Мусина<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

### **РАЗРАБОТКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ-ИМИТАЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ДВУКРАТНОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

*Сложность решения проблемы качества при механической обработке резанием состоит в необходимости учета большого количества факторов, оказывающих влияние на технологический процесс изготовления изделия.*

*В этой связи целесообразным является применение вероятностно-статистических методов исследования, универсальность которых позволяет решать широкий круг научно-технических задач.*

*Вероятностный подход к формированию степени дефектности поверхностного слоя при обработке резанием с учетом фактора технологической наследственности (ТН) на наш взгляд является перспективным направлением исследования т.к. позволяет проанализировать наиболее общие закономерности кинетики процесса независимо от особенностей физико-механических свойств материалов, метода формообразования, особенностей конструкции металлорежущего инструмента и т.д.*

*В данной работе авторами разработана имитационная модель вероятности распределения дефектов в поверхностном слое по глубине при последовательном двукратном технологическом воздействии с учетом фактора технологической наследственности.*

*Также в работе экспериментально подтверждено влияние условий предварительного технологического воздействия ТВ1 на условия выполнения последующего ТВ2, что является прямым экспериментальным подтверждением активной роли фактора ТН при механической обработке и его влияния на результирующее состояние поврежденности поверхностного слоя при выполнении ТВ2.*

*Ключевые слова: точность, масштабный фактор, вероятностная модель, численное моделирование, функционально значимое технологическое возмущение, технологическое воздействие.*

#### **Введение**

Конкретизируем наши представления о физической модели формирования дефектов в геометрическом параметре поверхностного слоя объема (V), при выполнении двукратного технологического воздействия (ТВ).

Очевидно, результирующая, концентрация дефектов в геометрическом параметре поверхностного слоя – объеме  $V$ , будет определяться суммарной – интегральной концентрацией дефектов, образующихся при выполнении 2-х последовательных технологических воздействий ТВ) (рисунок 1).

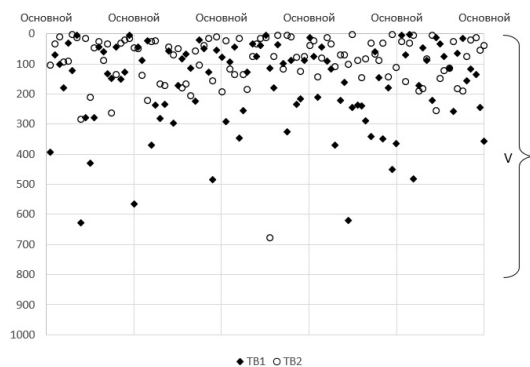


Рисунок 1 – Распределение дефектов по глубине поверхностного слоя при 2-х кратном технологическом воздействии

В этом случае, распределение концентрации дефектов, образующихся в поверхностном слое при двукратном технологическом воздействии, будет характеризоваться какой-либо функцией:

$$C = f(X, C_p, C_2, C_0, \lambda, P)$$

где  $C_0$ , – начальная концентрация дефектов;

$C_p, C_2$  – концентрации дефектов материала в результате технологических воздействий соответственно ТВ1 и ТВ2;

$\lambda$  – структурно чувствительный коэффициент формы аппроксимирующей кривой материала;

$X$  – толщина поверхностного слоя;

$P$  – силовой фактор технологического воздействия.

Распределение концентрации дефектов по координатам  $X, Y$  в следствии  $i$ -го технологического воздействия в точке  $(O)$ , по геометрическому параметру  $V, S, L$ , хорошо аппроксимируется функцией (рисунок 2).

$$C_x = [P_i / \exp(\lambda \times X)] + C_0 \tag{1}$$

$$C_y = [P_i / \exp(\lambda \times Y)] + C_0$$

$$\Pi_i = K \times P_i \times C_0 \quad (2)$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности;

$P_i$  – силовой фактор  $i$ -го технологического воздействия.

$\Pi_i$  – прирост концентрации дефектов в поверхностном слое в следствии  $i$ -го технологического воздействия при  $x=0$ .

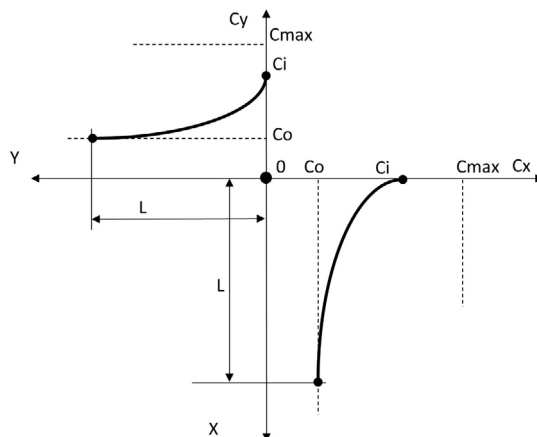


Рисунок 2 – Распределение концентрации дефектов

### Материалы и методы

Детализируем вопросы влияния на поврежденность обработанной поверхности неоднократного технологического воздействия. Практическое приложение данной задачи весьма распространено в технологии механической обработки, проектировании режущего инструмента и в тоже время наглядно иллюстрирует методику построения технологического процесса обработки в целом с учетом фактора технологической наследственности [1].

Анализ ранее выполненных работ [2–4], показывает, что процессы пластического деформирования, разрушения кристаллических твердых тел имеют вероятностный характер. Это обстоятельство является следствием случайного расположения дислокаций и локальных дефектов в объеме кристалла.

Распределение дефектов в поверхностном слое зависит от многих случайных факторов и в конечном итоге, становится результатом проявления большого числа случайных макро-, микро-, и субмикроскопических процессов [5–7]. Поэтому для анализа распределения дефектов в поверхностном слое при двукратном технологическом воздействии применим вероятностный подход.

Согласно утверждениям [8, 9], вероятность отсутствия дефектов в объеме  $V$  можно записать как

$$P'(V) = \exp(-C \times V) \quad (3)$$

Так как вероятность отсутствия и присутствия дефектов в геометрическом параметре поверхностного слоя – в объеме  $V$  представляет полную группу

событий [10], то вероятность присутствия дефектов в геометрическом параметре поверхностного слоя – в объеме  $V$  запишется в виде:

$$P(V) = 1 - \exp(-C \times V) \quad (4)$$

Очевидно, это уравнение (4) справедливо и для описания вероятности присутствия дефектов в геометрическом параметре поверхностного слоя – площади ( $S$ ) или длине ( $L$ ).

$C$  – имеет размерность  $V^{-1}, S^{-1}, L^{-1}$ , а физический смысл  $C$  – средняя концентрация дефектов в единице геометрического параметра  $V, S, L$  при условии, что дефекты равномерно распределены по геометрическому параметру  $V, S, L$ .

Выражение  $(C \times V)$  в (4), представляет собой суммарное количество дефектов – начального числа дефектов  $C_0$  и внесенного в поверхностный слой в результате двукратного технологического воздействия.

**Результаты и обсуждение**

Математическая модель формирования параметров поврежденности поверхностного слоя при двукратном технологическом воздействии приведена ниже.

Пусть  $C_{x1}, C_{x2}$  – распределение концентрации дефектов по координате  $X$  в поверхностном слое соответственно в результате 1-го и 2-го технологического воздействия (рисунок 3).

$$C_{x1} = [P_1 / \exp(\lambda \times X)] + C_0 \quad (5)$$

где  $P_1, P_2$  – максимальное значение прироста концентрации дефектов на поверхности образца  $X=0$ , при заданных термо-силовых условиях 1-го и 2-го технологического воздействия;

$C_0$  – начальная концентрация дефектов в поверхностном слое;

$C_{max}$  – максимально допустимая концентрация дефектов в поверхностном слое до разрушения материала (если  $C_{1X}, C_{2X} > C_{max}$  материал разрушается);

$\lambda$  – коэффициент формы аппроксимирующей кривой.

$C_{x1}, C_{x2}$  – текущие распределение значений концентрации дефектов по глубине поверхностного слоя ( $X$ ), соответственно после 1-го и 2-го технологического воздействия – ТВ1, ТВ2.

$$C_{x1} = (K_1 \times P_1 \times C_0) \times \exp(-\lambda \times X) + C_0$$

где  $P_1 = C_0 \times K_1 \times P_1$   
при  $X=0; C_{x1} = P_1 + C_0;$

$P_1, P_2$  – сила давления соответственно при 1-м и 2-м технологическом воздействии.

$K_1, K_2$  – коэффициенты пропорциональности силового воздействия на  $C_1, C_2$ ,  
 $C_1, C_2 = f(C_0, K_1, P_1)$  соответственно при 1-м и 2-м технологическом воздействии.

$\Pi_{x1} = (K1 \times P1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X)$  – текущее значение прироста концентрации дефектов по глубине поверхностного слоя ( $X$ ), в результате 1-го технологического воздействия.

$\Pi_{x2}$  – текущее значение прироста концентрации дефектов по глубине поверхностного слоя ( $X$ ), в результате 2-го технологического воздействия.

С целью решения поставленной задачи поступим следующим образом:

1 Распределение концентрации дефектов в поверхностном слое после 1-го технологического воздействия ТВ1 с учетом 5 запишем как

$$C_{x1} = Co + \Pi_{x1} = Co + (K1 \times P1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X)$$

2 Сделаем допущение, что прирост концентрации дефектов при 2-м технологическом воздействии –  $\Pi_{x2}$ , пропорционален приросту концентрации дефектов в поверхностном слое от 1-го технологического воздействия равному

$$\Pi_{x2} = (K_1 \times P_1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X);$$

3 С учетом принятого допущения прирост концентрации дефектов по глубине поверхностного слоя ( $X$ ), в результате 2-го технологического воздействия  $\Pi_{x2}$  определим как

$$\Pi_{x2} = \Pi_{x1} \times K_2 \times P_2 = (K_1 \times P_1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X) \times K_2 \times P_2$$

Следовательно, концентрация дефектов в поверхностном слое при последовательном двукратном технологическом воздействии с учетом технологической наследственности будет определяться как (6) согласно рисунок 3

$$C_{2x} = C_{1x} + \Pi_{x2} \text{ или } C_{2x} = \Pi_{x1} + \Pi_{x2} + Co \quad (6)$$

Сделаем подстановки согласно рисунку 3 получим

$$C_{2x} = C_{1x} + (K1 \times P1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X) \times K2 \times P2$$

$$C_{2x} = Co + (K1 \times P1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X) + (K1 \times P1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X) \times K2 \times P2$$

$$C_{2x} = Co + (K1 \times P1 \times Co) \times (1 + K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times X)$$

Таким образом

$$C_{1x} = Co + (K1 \times P1 \times Co) \times \exp(-\lambda \times X)$$

$$C2_x = Co + (K1 \times P1 \times Co) \times (1 + K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times X) \quad (7)$$

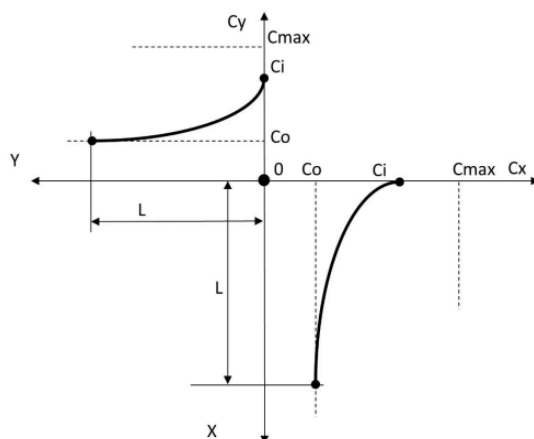


Рисунок 3 – Концентрация дефектов в поверхностном слое при последовательном двукратном технологическом воздействии с учетом технологической наследственности

Следовательно, вероятность присутствия дефектов в поверхностном слое по глубине (X) с учетом (4) и (7) при последовательном двукратном технологическом воздействии с учетом технологической наследственности запишем как (8)

$$P(V) = 1 - \exp \{-[Co + ((K1 \times P1 \times Co) \times (1 + K2 \times P2) \times \exp(-\lambda \times X))] \times V\} \quad (8)$$

С целью экспериментальной проверки, предлагаемой модели формирования механических свойств поверхностного слоя с учетом технологической наследственности, при механической обработке резанием, для испытаний были изготовлены два образца из стали марки сталь 45. Исследуемая поверхность каждого образца подвергалась обработке следующим образом:

- 1 Предварительно каждый образец подвергался ковке.
- 2 Затем исследуемая поверхность каждого образца обрабатывалась фрезерованием.
- 3 На фрезерованной поверхности каждого образца, подготавливалось два локальных участка, с этой целью один локальный участок исследуемой поверхности подвергался упрочнению, а второй локальный участок фрезерованию.
- 4 Затем, исследуемые поверхности и первого и второго локальных участков, каждого образца, подвергалась технологическому воздействию – обработке при неизменных режимах, образец 1 – шлифованию, образец 2 – лазерной обработке.

Таким образом на исследуемой поверхности каждого образца формировалось по два локальных участка с различным предварительным и одинаковым окончательным технологическим воздействием.



На заключительном этапе осуществлялась оценка механических свойств обработанных участков исследуемой поверхности путем измерения глубины проникновения индентора, шарика диаметром  $\varnothing 4,5$ мм, в поверхностный слой, с последующим измерением диаметра отпечатка под микроскопом.

Заключение о механических свойствах исследуемых участков с упрочнением и без упрочнения осуществлялось на основе сравнительного анализа полученных результатов. Результаты проделанной работы представлены в таблице 1 и на рисунке 4. Коэффициент корреляции значений – глубины проникновения в поверхностный слой, и диаметра отпечатков индентора, исследуемых участков с различным предварительным (с упрочнением и без упрочнения) и с одинаковым окончательным технологическим воздействием составил  $KK=0,9952$ .

Таблица 1 – Механических свойствах исследуемых участков с упрочнением и без упрочнения

№	Глубина лунки мкм		№	Диаметр лунки мкм		№	Глубина лунки мкм	
	УпрО (-)	УпрО (+)		УпрО (-)	УпрО (+)		УпрО (-)	УпрО (+)
	Образец 1			Образец 1			Образец 2	
1	32,5	23	10	550	555	19	53,5	47
2	34,5	21	11	715	545	20	51	48,5
3	33	23	12	705	580	21	50	48,5
4	52,5	46	13	695	655	22	77	67,5
5	53,5	48,5	14	715	650	23	73	67,5
6	52,5	50	15	705	665	24	72,5	65,5
7	115	101	16	865	815	25	109	120
8	110	100	17	880	805	26	108	101,5
9	111	101	18	845	815	27	107,5	100

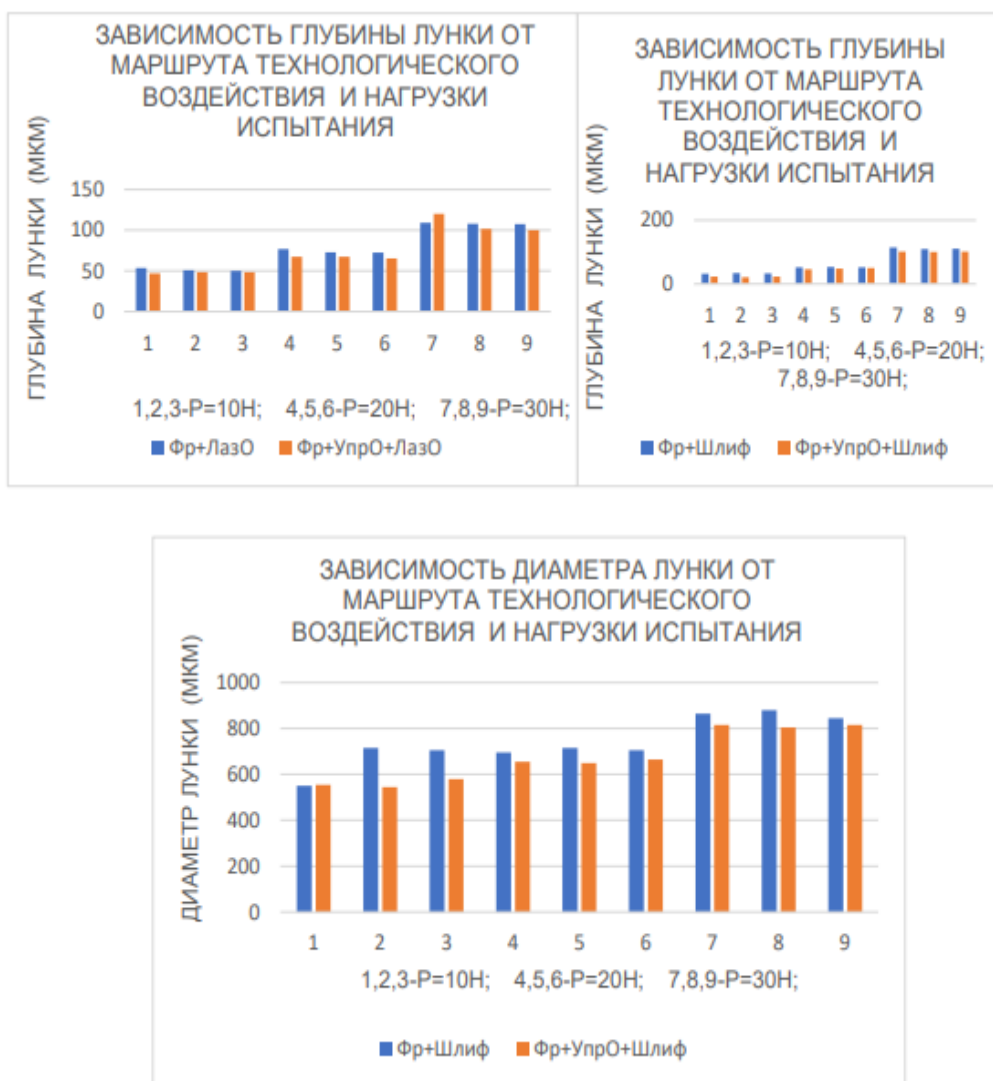


Рисунок 4 – Графики зависимостей значений глубины проникновения индентора в исследуемые участки поверхностного слоя с различным предварительным технологическим воздействием

**Выводы**

1 Разработана имитационная модель вероятности распределения дефектов в поверхностном слое по глубине (X) с учетом (4) и (7) при последовательном двукратном технологическом воздействии с учетом фактора технологической наследственности

$$P(V) = 1 - \exp \{ - [ C_o + ((K1 \times P1 \times C_j) \times (1 + K_2 \times P_j) \times \exp(-\lambda \times X))] \times V \}$$

2 Экспериментально подтверждено влияние условий предварительного технологического воздействия на условия выполнения последующего. Коэффициент корреляции значений - глубины проникновения индентора, диаметра отпечатка на исследуемых участках поверхностного слоя, с различным предварительным технологическим воздействием, составил  $KK=0,9952$ .

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Барзов А. А., Денчик А. И., Прохорова М. А., Сысоев Н. Н. Масштабный фактор (феноменология и физико-технологические приложения). – М.: издательство Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова. – ISBN 978-5-8279-0195-2. – 194 с.

2 Барзов А. А., Денчик А. И., Мусина Ж. К., Ткачук А. А. Вероятностная модель имитационного моделирования формирования точности исполнительного размера при множественном возмущении процесса механической обработки // Вестник ТУ. – 2021. – № 1. – С. 45–57

3 Барзов А. А., Денчик А. И., Ткачук А. А. Имитационное моделирование процесса вероятностного формирования исполнительного размера // Наука и техника Казахстана. – 2020. – № 1. – С. 39–47.

4 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.

5 Барзов А. А., Галиновский А. Л., Пузаков В. С., Троший О. А. Вероятностное моделирование в инновационных технологиях. – М.: Изд-во «НТ», 2006. – 100 с.

6 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) // 43rd 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. – Vol. 2171. – 15 November 2019. – Номер статьи 170014. – Код 154643.

7 Абашин М. И., Барзов А. А., Денчик А. И., Мусина Ж. К. Анализ инновационного потенциала ультраструйных гидротехнологий // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 3. – 4. – С. 7–16.

8 Фрейденталь А. М. Статистический подход к хрупкому разрушению // Разрушение / Под ред. Г. Либовица. – М.: Мир, 1975. – Т.2. – С. 616–645.

9 Барзов А. А., Денчик А. И., Мусина Ж. К., Ткачук А. А. Разработка аналитической модели вероятностного формирования точности исполнительного размера с учетом влияния масштабного фактора // Наука и техника Казахстана. – 2021. – Выпуск № 1. – С. 19–29.

10 Гурман В. Е. Теория вероятности и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1977. – 479 с.

## REFERENCES

1 **Barzov A. A., Denchik A. I., Prokhorova M. A., Sysoev N. N.** Scale factor (Phelomenology and psyco technology applications). – Moscow : Publishing house of Faculty of Physics of Lomonosov Moscow State Univvversity. – 194 p. – ISBN 978-5-8279-0195-2.

2 **Barzov A. A., Denchik A. I., Mussina Zh. K., Tkachuk A. A.** Probabilistic model of simulation modeling of the formation of the accuracy of the executive size with multiple perturbation of the machining process // Vestnik TU. – 2021. – No. 1. – P. 45 – 57

3 **Barzov A. A., Denchik A. I., Tkachuk A. A.** Simulation modeling of the process of probabilistic formation of the executive size // Science and Technology of Kazakhstan. – 2020. – No. 1. – P. 39–47

4 **Dudak N. S., Itybaeva G. T., Mussina Zh. K., Kasenov A. Zh.** Methodology for planning experimental studies when processing with new rod tools [Text] // Bulletin of the Perm University. History. – 2007. – No. 4. – P. 154.

5 **Barzov A. A., Galinovsky A. L., Puzakov V. S., Troshchiy O. A.** Probabilistic modeling in innovative technologies. – Moscow : Publishing house «NT», 2006. – 100 p.

6 **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) // 43rd 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 Pro-ceedings. – Vol. 2171. – 15 November 2019. – Article number 170014. – Code 154643.

7 **Abashin M. I., Barzov A. A., Denchik A. I., Mussina Zh. K.** Analysis of the innovative potential of ultrajet hydrotechnologies // Science and Technology of Kazakhstan. – 2016. – No. 3–4. – P. 7–16.

8 **Freudenthal A. M.** Statistical approach to brittle fracture // Fracture / Ed. G. Liebovica. – Moscow : Mir, 1975. – V.2. – P. 616–645.

9 **Barzov A. A., Denchik A. I., Mussina Zh. K., Tkachuk A. A.** Development of an analytical model for the probabilistic formation of the accuracy of the executive size, taking into account the influence of the scale factor // Science and Technology of Kazakhstan. – 2021. – Issue No. 1. – P. 19–29.

10 **Gurman V. E.** Probability theory and mathematical statistics. – Moscow : Higher School, 1977. – 479 p.

Material received on 17.03.22.

\***А. И. Денчик<sup>1</sup>, Ж. К. Мусина<sup>2</sup>, А. Ж. Касенов<sup>3</sup>, Л. Р. Мусина<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға 17.03.22 түсті.

**ЕКІ ЕСЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ КЕЗІНДЕ ӨНДЕЛГЕН  
БЕТТІҢ БҰЗЫЛУ ПАРАМЕТРЛЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ  
ЫҚТИМАЛДЫ-ИМИТАЦИЯЛЫҚ МАТЕМАТИКАЛЫҚ  
МОДЕЛІН ЖАСАУ**

*Кесу арқылы өңдеу кезінде сапа мәселесін шешудің күрделілігі өнімді өндірудің технологиялық процесіне әсер ететін көптеген факторларды ескеру қажеттілігінен тұрады.*

*Осыған байланысты әмбебаптығы ғылыми-техникалық міндеттердің кең ауқымын шешуге мүмкіндік беретін ықтималды-статистикалық зерттеу әдістерін қолдану орынды болып табылады.*

*Технологиялық түпнегіздік қуалаушылық факторын (ТТ) ескере отырып, кесу арқылы өңдеу кезінде беткі қабаттың ақаулық дәрежесін қалыптастырудың ықтималды тәсілі, біздің ойымызша, зерттеудің болашақты бағыты болып табылады, өйткені ол материалдардың физика-механикалық қасиеттерінің ерекшеліктеріне, қалыптастыру әдісіне, металл кесетін құралдың конструкция ерекшеліктеріне және т.б. қарамастан, процесс кинетикасының ең жалпы заңдылықтарын талдауға мүмкіндік береді.*

*Бұл жұмыста авторлар технологиялық түпнегіздік қуалаушылық факторын ескере отырып, екі реттік технологиялық әсермен беттік қабаттағы ақаулардың тереңдігі бойынша таралу ықтималдығының модельдеу моделін жасады.*

*Сондай-ақ, жұмыс ТӘ1-нің алдын-ала технологиялық әсер ету жағдайларының кейінгі ТӘ2-нің жұмыс жағдайларына әсерін эксперименталды түрде растады, бұл өңдеу кезіндегі ТТ факторының белсенді рөлін және оның ТӘ2-ді орындау кезінде беткі қабаттың бұзылу жағдайына әсерін тікелей эксперименттік растау болып табылады.*

*Кілтті сөздер: дәлдік, масштабты фактор, ықтималдық моделі, сандық модельдеу, функционалды маңызды технологиялық бұзылыс, технологиялық әсер.*

**\*A. I. Denchik<sup>1</sup>, Zh. K. Mussina<sup>2</sup>, A. Zh. Kasenov<sup>3</sup>, L. R. Mussina<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 17.03.22.

---

---

**DEVELOPMENT OF A PROBABILISTIC SIMULATION  
MATHEMATICAL MODEL FOR THE FORMATION  
OF DAMAGE PARAMETERS OF A TREATED SURFACE  
UNDER A TWO-TIME TECHNOLOGICAL IMPACT**

*The complexity of solving the problem of quality in machining by cutting lies in the need to take into account a large number of factors that affect the technological process of manufacturing a product.*

*In this regard, it is expedient to use probabilistic-statistical research methods, the versatility of which allows solving a wide range of scientific and technical problems.*

*The probabilistic approach to the formation of the degree of defectiveness of the surface layer during cutting, taking into account the factor of technological heredity (TH), in our opinion, is a promising area of research, since it allows you to analyze the most general laws of the process kinetics, regardless of the features of the physical and mechanical properties of materials, the method of shaping, the design features of the metal-cutting tool, etc.*

*In this paper, the authors have developed a simulation model of the probability of the distribution of defects in the surface layer in depth with a sequential double technological impact, taking into account the factor of technological heredity.*

*The work also experimentally confirmed the influence of the conditions of the preliminary technological impact of TI1 on the conditions for performing the subsequent TI2, which is a direct experimental confirmation of the active role of the TH factor during machining and its influence on the resulting state of damage to the surface layer during TI2.*

*Keywords: accuracy, scale factor, probabilistic model, numerical simulation, functionally significant technological disturbance, technological impact.*

Теруге 17.03.22 ж. жіберілді. Басуға 27.03.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

15 Мб RAM

Шартты баспа табағы 14,5. Таралымы 300 дана.

Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3952

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

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

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

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

67-36-69

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

<https://vestnik.tou.edu.kz/>

<http://stk.tou.edu.kz/>