

*Для цитирования:* Гусейнов Р.В., Султанова Л.М. Особенности моделирования в оптимизационных задачах теории резания металлов. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017; 44 (1):8-16. DOI: 10.21822/2073-6185-2017-44-1-8-16

*For citation:* Guseynov R.V., Sultanova L.M. Simulation challenges in optimising theoretical metal cutting tasks. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2017; 44 (1):8-16. (In Russ.) DOI: 10.21822/2073-6185-2017-44-1-8-16

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ МЕХАНИКА

УДК 621.993

DOI: 10.21822/2073-6185-2017-44-1-8-16

### ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧАХ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

*Гусейнов Р.В.<sup>1</sup>, Султанова Л.М.<sup>2</sup>*

<sup>1-2</sup>Филиал Дагестанского государственного технического университета в  
г. Каспийске,

367015, г. Каспийск, ул. Алферова 3, Россия

e-mail: <sup>1</sup>e-mail:ragus05@mail.ru, <sup>2</sup>mili-g1@mail.ru

**Резюме: Цель.** В статье решаются проблемы оптимизации операций механической обработки, гарантирующих получение готовой детали требуемого качества при минимальной стоимости обработки. **Метод.** Повышение эффективности экспериментальных исследований достигнуто путем использования математических методов планирования экспериментов в оптимизационных задачах теории резания металлов. В качестве критерия выбора оптимальных параметров принята минимальная стоимость обработки, где целевая функция является полиномиальной функцией. **Результат.** Построены полиномиальные модели влияния углов  $\phi$ ,  $\alpha$ ,  $\gamma$  на крутящий момент при нарезании резьбы в различных сталях. По критерию минимума сил резания при обработке получены оптимальные значения геометрических параметров инструмента. Определена высокая стойкость инструмента с оптимальными геометрическими параметрами. Доказано, что использование методов планирования экспериментов позволяет оптимизировать параметры резания. Установлено, что в оптимизационных задачах теории резания металлов при выборе геометрии инструмента целесообразно использовать методы многофакторного планирования экспериментов, а в качестве параметра оптимизации – силы резания. **Вывод.** Совместное использование методов геометрического программирования и методов планирования экспериментов для оптимизации параметров резания значительно повышает эффективность технологических процессов обработки металлов.

**Ключевые слова:** обработка металлов резанием; методы оптимизации; геометрическое программирование; метод планирования экспериментов

## PHYSICAL-MATHEMATICALSCIENCE MECHANICS

### SIMULATION CHALLENGES IN OPTIMISING THEORETICAL METAL CUTTING TASKS

*Rasul V. Guseynov<sup>1</sup>, Lyudmila M. Sultanova<sup>2</sup>*

<sup>1-2</sup> Dagestan Technical State University, Kaspiysk Branch  
3 Alferov Str., Kaspiysk 367015, Russia,

e-mail: <sup>1</sup>e-mail:ragus05@mail.ru, <sup>2</sup>mili-g1@mail.ru

**Abstract. Objectives** In the article, problems in the optimising of machining operations, which provide end-unit production of the required quality with a minimum processing cost, are addressed. **Methods** Increasing the effectiveness of experimental research was achieved through the use of mathematical methods for planning experiments for optimising metal cutting tasks. The minimal processing cost model, in which the objective function is polynomial, is adopted as a criterion for the selection of optimal parameters. **Results** Polynomial models of the influence of angles  $\varphi$ ,  $\alpha$ ,  $\gamma$  on the torque applied when cutting threads in various steels are constructed. Optimum values of the geometrical tool parameters were obtained using the criterion of minimum cutting forces during processing. The high stability of tools having optimal geometric parameters is determined. It is shown that the use of experimental planning methods allows the optimisation of cutting parameters. In optimising solutions to metal cutting problems, it is found to be expedient to use multifactor experimental planning methods and to select the cutting force as the optimisation parameter when determining tool geometry. **Conclusion** The joint use of geometric programming and experiment planning methods in order to optimise the parameters of cutting significantly increases the efficiency of technological metal processing approaches.

**Keywords:** metal cutting processes, optimisation methods, geometric programming, experiment planning method

**Введение.** Стабильность качественных показателей изделий машиностроения в решающей степени зависит от рационального построения технологических процессов. Оптимально выбранная технология дает возможность обеспечивать высокие эксплуатационные показатели изделий и экономическую эффективность производства.

Задача определения оптимальных параметров при обработке резанием представляет собой одно из инженерных приложений математического программирования.

В настоящее время для решения оптимальных задач применяют в основном следующие методы: методы исследования функций классического анализа; методы, основанные на использовании неопределенных множителей Лагранжа; вариационное исчисление; динамическое программирование; принцип максимума; линейное программирование; нелинейное программирование.

В целях использования теории оптимизации для решения задачи построения рациональных технологических процессов обработки металлов, необходимо достоверно оценивать возможности различных методов оптимизации технологической системы, на основе которых можно провести анализ альтернативных вариантов и выявить наилучший, осуществить выбор параметров резания, которые используются для целей оптимизации.

**Постановка задачи.** Оптимизация операций механической обработки связана с определением режима работы (скорости резания  $v$ , величины подачи  $s$ ), гарантирующего получение готовой детали требуемого качества при минимальной стоимости обработки. При увеличении значения этих параметров время обработки уменьшается и, следовательно, снижается ее стоимость, но при этом уменьшается стойкость режущего инструмента и возрастают затраты на инструмент.

В качестве критерия выбора оптимальных параметров  $v$  и  $s$  можно использовать минимум стоимости обработки, где целевая функция является полиномиальной. Такие задачи решаются методами геометрического программирования, основы которого были разработаны Зенером в 1961 г. За последующие годы методы получили значительное теоретическое развитие. Так, в обзоре [1] содержится подробное описание ряда различных оптимизационных моделей резания металлов, сопровождаемое соответствующими примерами.

В качестве иллюстрации рассмотрим задачу оптимизации параметров  $v$  и  $s$  по критерию минимальных затрат на обработку при обработке резцом [2].

Стоимость обработки в расчете на одну деталь за один проход резца определяется по формуле:

$$C = xT_l + \frac{x_l}{\lambda_{vs}} + (xT_d \frac{l}{\lambda_A} + \frac{y_l}{\lambda_A}) (1/v^{1/n} s^{1/n_1}), \quad (1)$$

где,

$T_l$  – время установки, снятия и осмотра детали;

$T_d$  – стойкость резца, мин;

$l$  – расстояние, проходимое резцом при обработке за один оборот;

$x$  – тарифная ставка с учетом накладных расходов;

$\lambda = 12/ld$ , где  $d$  – средний диаметр заготовки;

$A, n, n_1$  – постоянные коэффициенты;

$y$  – стоимость резца в расчете на режущую пластину.

При выборе диапазона изменения варьируемых параметров для них даются ограничения по скорости резания, подаче, по максимально допустимым усилиям резания  $P_{z\ max}$  (мощности резания).

Последнее условие необходимо для ограничения величины отклонения резца от заданного положения и его влияния на точность обработки заготовки. В работе [3] ограничение на величину режущего усилия дается в виде следующего ограничения на величину подачи, учитывая, что усилие резания однозначно связано с подачей степенной зависимостью:

$$s \leq [(P_{z\ max}/c_t t^\psi)^{1/\varepsilon}], \quad (2)$$

где,  $c_t, \psi, \varepsilon$  – постоянные;  $t$  – глубина резания, также постоянная во время обработки.

Ограничения по области устойчивости обработки задаются в виде:

$$v^\delta s > \beta, \quad (3)$$

где,  $\delta, \beta$  – заданные постоянные.

Анализ этой формулы показывает, что открытым остается вопрос последовательности выбора варьируемых параметров. Кроме того, формула не учитывает влияние на величину  $T_d$  других параметров, таких как: геометрические параметры инструмента, используемые СОЖ, глубина резания и др.

Другие модели геометрического моделирования, применяемые в машиностроении, описаны в работе [4].

**Методы исследования.** Для учета всех параметров необходимы дополнительные исследования по решению этой сложной технико-экономической задачи. Исследование может быть проведено на основе следующих методов:

1. Широко распространенным в настоящий момент экспериментальным методом определения режимов резания, основанным на проведении трудоемких и дорогостоящих стойкостных опытов с получением степенных формул для скорости резания и геометрических параметров инструмента;

2. Метод моделирования физических явлений в зоне резания.

Необходимо заметить, что для решения задач, связанных с математическим описанием явлений, протекающих в зоне резания, используется целый ряд коэффициентов, определяемых экспериментальным путем, что значительно снижает их ценность. Часто результаты экспериментов не совпадают с теоретическими данными.

Например, в работах [5-6] авторами указываются на большое различие результатов экспериментальных исследований с теоретическими, полученными с использованием теории пластичности.

**Обсуждение результатов.** Анализ операций механической обработки показывает [7], что только для менее 30% режущего инструмента выбирается правильная геометрия, для 48% операций – рациональный режим. Это является результатом того, что применяемые математические модели резания [8] не в полной мере правильно описывают процессы.

Повышение эффективности экспериментальных исследований может быть достигнуто путем использования математических методов планирования экспериментов [9], позволяющих:

- минимизировать общее число опытов;
- применять математический аппарат, формализующий многие действия экспериментатора;

- выбирать четкие, логически обоснованные процедуры, последовательно выполняемые экспериментатором;
- одновременно варьировать различные параметры и оптимально использовать факторное пространство;
- обеспечивать выполнение большинства исходных предпосылок регрессионного анализа;
- получать математическую модель, обладающую лучшими свойствами по сравнению со свойствами моделей, полученных в результате пассивного эксперимента;
- рандомизировать условия опытов, т. е. перевести многочисленные дестабилизирующие факторы в разряд случайных величин;
- оценивать элемент неопределенности, связанный с экспериментом, что дает возможность сопоставлять результаты, получаемые разными исследователями.

После реализации полного факторного эксперимента получается модель вида:

$$\begin{aligned} \gamma &= \sum b_1 \alpha_2 \beta \dots K_\omega \cdot X_1^\alpha X_2^\beta \dots X_k^\omega, & (4) \\ 0 \leq \alpha &\leq (S - 1) \\ 0 \leq \beta &\leq (S - 1) \\ 0 \leq \omega &\leq (S - 1) \end{aligned}$$

где,  $k$  – число факторов;  $S$  – число уровней варьирования факторов; индексы  $\alpha, \beta \dots \omega$  у номера фактора означают  $\alpha, \beta \dots \omega$  раз по  $1, 2 \dots k$ .

В этой модели члены  $X_i, X_i^2, X_i^3 \dots$  и коэффициенты при них называют главными эффектами, остальные – эффектами взаимодействий.

Для того чтобы использовать математические результаты и методы теории оптимизации для решения конкретных инженерных задач, необходимо установить границы подлежащей оптимизации инженерной системы, определить количественный критерий, на основе которых можно произвести выбор внутрисистемных переменных, которые используются для определения характеристик и идентификации вариантов, и, наконец, построить модель, отражающую взаимосвязи между переменными.

Одной из проблем является определение факторных признаков, включаемых в модель [10]. Их число должно быть оптимальным. Из практики следует, что число факторных признаков должно быть в 5-6 раз меньше объема изучаемой совокупности.

Анализ работ, посвященных этому вопросу, показывает, что в большинстве случаев в качестве количественного критерия по выбору геометрических параметров инструмента принимают его стойкость.

Зависимость периода стойкости от геометрических параметров инструмента имеет экстремальный характер, а максимум периода стойкости и соответствующая ему величина одного из параметров зависят от значений других геометрических параметров, причем значение оптимального заднего угла для различных величин передних углов также различно.

Применение однофакторного эксперимента для нахождения оптимального значения какого-либо из геометрических параметров в этом случае связано с очень большим числом опытов, так как зависимость периода стойкости от одного параметра нужно повторять столько раз, сколько имеется других геометрических параметров, влияющих на стойкость. Кроме того, в рассматриваемом примере для каждого значения переднего угла связь между величиной заднего угла и периодом стойкости будет выражаться отдельной зависимостью. Для решения подобных задач целесообразнее применять методы планирования эксперимента.

Изучение процессов механической обработки металлов осевым инструментом методами теории подобия позволило подтвердить факт существования оптимальных температур резания для данных методов лезвийной обработки [11]. Экспериментально установлено, что оптимальные значения температур резания соответствуют минимальному значению силы резания (крутящего момента) при увеличении скорости и постоянстве глубины резания и подачи.

Оптимальное резание характеризуется максимальной размерной стойкостью осевого инструмента, а также минимальными значениями высоты неровностей, глубины и степени накле-

па поверхностного слоя отверстия. Поэтому в качестве параметра оптимизации можно использовать температуру резания.

Для ускорения и удешевления в качестве параметра оптимизации целесообразно использовать силы резания. Силы резания в основном определяются толщиной срезаемого слоя, интенсивностью напряженно-деформированного состояния и коэффициентом трения [12].

Экспериментально их измерение затруднительно. Их можно измерять косвенным способом через «измеряемые» параметры. Такими «измеряемыми» параметрами могут служить углы: заборного конуса (для метчиков); при вершине инструмента (для осевого инструмента); главный угол в плане (для резцов)  $\varphi$ , а также передний угол  $\gamma$  и задний угол  $\alpha$  заточки зубьев.

Дело в том, что при обычном, принятом в исследованиях подходе к изучению силовых зависимостей, изменяя какой-либо фактор можно без особых проблем проводить измерения сил резания. Но в этом случае мы не можем дать гарантии, что в иных условиях эксперимента это влияние окажется таким же, так как неизвестны корреляционные связи при одновременном действии различных факторов [13].

Изучение корреляционных зависимостей основывается на исследовании таких связей между факторами, при которых значения силы резания, принятой за зависимую переменную, в среднем изменяются в зависимости от того, какие значения принимают факторы, рассматриваемые как причина по отношению к зависимой переменной, то есть силы резания. Исключить при эксперименте ни один из факторов нельзя.

В лучшем случае можно некоторые из них сделать постоянными. Однако ценность таких экспериментальных данных сразу значительно снижается, так как это постоянство «не фиксированное», а, следовательно, оно не может быть перенесено в другие условия, на другой станок, на другую деталь. Поэтому результаты часто практикующих исследований влияния одного из параметров процесса резания при постоянстве других на силы являются лишь приближенными.

Первичными факторами можно принять углы  $\varphi$ ,  $\alpha$ ,  $\gamma$ . Это объясняется тем, что при этом в процессе проведения экспериментов появляется возможность достаточно точно задать не только геометрические параметры режущего лезвия, но и такие параметры процесса резания, как толщина или ширина среза. В случае нарезания резьбы метчиками угол заборного конуса метчика  $\varphi$  однозначно связан с толщиной среза  $a$  формулой (5): [14]

$$a = \frac{p}{z} \sin \varphi, \quad (5)$$

где,  $p$  – шаг резьбы;  $z$  – количество перьев метчика.

В случае обработки отверстий сверлами, зенкерами, развертками ширина среза  $b$

$$b = \frac{s}{\sin \varphi},$$

где,  $s$  – подача;  $\varphi$  – угол при вершине инструмента.

В случае обработки резцами ширина среза  $b$

$$b = \frac{s}{\cos \varphi},$$

где,  $s$  – подача;  $\varphi$  – главный угол в плане.

Каждый выбранный фактор имеет область своего определения. Границы этой области могут задаваться либо принципиальными ограничениями, которые не могут быть нарушены ни при каких обстоятельствах (выкрошивание режущей кромки при обработке уже первого отверстия), либо технико-экономическими соображениями, либо условиями в каждом конкретном случае.

После выбора области определения находим локальную область для проведения эксперимента. Выбор области эксперимента – плохо формализованная задача, хотя некоторые рекомендации здесь существуют. Обычно ее решают в каждом конкретном случае исходя из содержательного смысла задачи. Эта процедура включает выбор уровней варьирования факторов.

В общем случае уровней может быть любое число, расстояние между ними может быть одинаковым или нет. Число уровней определяется конкретной постановкой задачи, видом фактора, предполагаемой сложностью изучаемого объекта.

На рис. 1 приведена блок-схема программы проведения многофакторного эксперимента [15].



**Рис.1. Блок-схема программы**

**Fig.1. Block diagram of the program**

После реализации полного трехфакторного эксперимента по плану  $4 \times 3 \times 3$  нами получены полиномиальные модели влияния углов  $\varphi$ ,  $\alpha$ ,  $\gamma$  на крутящий момент при нарезании внутренних резьб метчиками в сталях с различными коэффициентами обрабатываемости: сталь 50, коррозионно-стойкая сталь аустенитного класса 12X18H10T, высокопрочная жаропрочная сталь ДИ-8. Число уровней варьирования факторов углов  $\varphi$ ,  $\alpha$ ,  $\gamma$  равнялось 4, 3, 3, соответственно.

По критерию минимума сил резания при обработке получены оптимальные значения геометрических параметров инструмента. Так, например, при обработке внутренней резьбы М10 в

заготовках из стали 12Х18Н10Т оптимальными являются:  $\varphi = 9^\circ$ ,  $\alpha = 7-12^\circ$ ,  $\gamma = 4$ . Производственные испытания показали высокую стойкость инструмента с оптимальными геометрическими параметрами [14]. Это позволяет рекомендовать широкое использование методов планирования экспериментов в оптимизационных задачах теории резания металлов.

**Вывод.** Результаты проведенного исследования позволяют сформулировать следующее:

1. Применяемые оптимизационные модели резания не совершенны с точки зрения количества учитываемых факторов.
2. В оптимизационных задачах теории резания металлов при выборе геометрии инструмента целесообразно использовать методы многофакторного планирования экспериментов, а в качестве параметра оптимизации использовать силы резания.
3. Совместное использование методов геометрического программирования и методов планирования экспериментов для оптимизации параметров резания значительно повышает эффективность технологических процессов обработки металлов.

#### **Библиографический список:**

1. Philipson R.M. Application of Mathematical Programming in Metal Cutting. Math. Programming Study. 1979; 19:116-134.
2. Armarego E.J.A., Brown R.M. The machining of Metals. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall; 1969.
3. Reklaitis G.W., Ravindran A., Ragsdell K.M. Engineering Optimization Methods and Applications. NY: Wiley Interscience Publication; 1983.
4. Philips D.T., Beighler C.S. Optimization in Tool Engineering Using Geometric Programming. Amer. Inst. Ind. Eng. Trans. 1970; 2:355- 360.
5. Hill R. The mechanics of machining: a new approach. Journal of the Mechanics and Physics of Solids. 1954; 3:47-53.
6. Astakhov V.P. On the inadequacy of the single-shear plane model of chip formation. International Journal of Mechanical Science. 2005; 47:1649-1672.
7. Astakhov, V.P. Geometry of single-point turning tools and drills. Fundamentals and practical applications. London: Springer; 2010.
8. Shaw M.C. Metal cutting principles. 2<sup>nd</sup> Ed. Oxford: Oxford University Press; 2004.
9. Новик Ф С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я. Б. Арсов. М.: Машиностроение. 1972. 200 с.
10. Гусейнов Р.В. Использование методов оптимизации для анализа и обработки информации/М.Р.Ахмедова, Р.В.Гусейнов//Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016. Т.41.№ 2. С. 17–21.
11. Баранов А.В. Аналитический метод оптимизации режимов резания при обработке отверстий осевым инструментом: автореф. дис ... д-ра техн. наук. Рыбинск, 2000.- 16 с.
12. Гусейнов Р.В. Интенсификация технологических процессов обработки труднообрабатываемых материалов путем управления динамическими параметрами системы: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 1998. 32 с.
13. Гусейнов Р.В. Исследование влияния геометрии инструмента на крутящий момент при нарезании внутренних поверхностей методом планирования экспериментов/Р.В. Гусейнов, М.Р. Рустамова//Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2011. № 21. С.83–87.
14. Гусейнов Р.В. Математическое моделирование процесса резания коррозионно-стойких сталей/Р.В. Гусейнов//Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2015. № 4. С.65–70.
15. Гусейнов Р.В. Обоснование базы данных для исследования динамических процессов при резании/М.Р. Гусейнова, Р.В. Гусейнов//Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2014. Т.35.№ 4. С. 36–44.

### References:

1. Philipson R.M. Application of Mathematical Programming in Metal Cutting. Math. Programming Study. 1979; 19:116-134.
2. Armarego E.J.A., Brown R.M. The machining of Metals. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall; 1969.
3. Reklaitis G.W., Ravindran A., Ragsdell K.M. Engineering Optimization Methods and Applications. NY: Wiley Interscience Publication; 1983.
4. Philips D.T., Beighler C.S. Optimization in Tool Engineering Using Geometric Programming. Amer. Inst. Ind. Eng. Trans. 1970; 2:355- 360.
5. Hill R. The mechanics of machining: a new approach. Journal of the Mechanics and Physics of Solids. 1954; 3:47-53.
6. Astakhov V.P. On the inadequacy of the single-shear plane model of chip formation. International Journal of Mechanical Science. 2005; 47:1649-1672.
7. Astakhov, V.P. Geometry of single-point turning tools and drills. Fundamentals and practical applications. London: Springer; 2010.
8. Shaw M.C. Metal cutting principles. 2<sup>nd</sup> Ed. Oxford: Oxford University Press; 2004.
9. Novik F.S., Arsov Ya.B. Optimizatsiya protsessov tekhnologii metallov metodami planirovaniya eksperimentov. 1972. 200 s. [Novik F.S., Arsov Ya.B. Optimisation of the processes of metal technology by the experiment planning methods. 1972. 200 p. (In Russ.)]
10. Akhmedova M.R., Guseynov R.V. Ispol'zovanie metodov optimizatsii dlya analiza i obrabotki informatsii. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskies nauki. 2016; 41:17–21. [Akhmedova M.R., Guseynov R.V. Use of optimisation methods for analysis and information processing. Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2016; 41:17-21. (In Russ.)]
11. Baranov A.V. Analiticheskii metod optimizatsii rezhimov rezaniya pri obrabotke otverstii osevym instrumentom. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni dokt. tekhn. nauk. Rybinsk; 2000. [Baranov A.V. Analytical method of cutting mode optimisation while machining holes with an axial tool. Published summary of Doctor of Technical Sciences thesis. Rybinsk; 2000. (In Russ.)]
12. Guseynov R.V. Intensifikatsiya tekhnologicheskikh protsessov obrabotki trudnoobrabatyvaemykh materialov putem upravleniya dinamicheskimi parametrami sistemy. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni dokt. tekhn. nauk. Sankt-Peterburg; 1998. [Guseynov R.V. Intensification of technological processing of the hardly processed materials by the management of system's dynamic parameters. Published summary of Doctor of Technical Sciences thesis. St. Petersburg; 1998. (In Russ.)]
13. Guseynov R.V., Rustamova M.R. Issledovanie vliyaniya geometrii instrumenta na krutyashchii moment pri narezanii vnutrennikh poverkhnostei metodom planirovaniya eksperimentov. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskies nauki. 2011; 21:83–87. [Guseynov R.V., Rustamova M.R. Investigation of the influence of the tool geometry on the torque while cutting internal surfaces by the method of experiment planning. Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2011; 21:83-87. (In Russ.)]
14. Guseynov R.V. Matematicheskoe modelirovanie protsessa rezaniya korrozionno-stoikikh stalei. Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. 2015; 4: 65–70. [Guseynov R.V. Mathematical modeling of cutting process of corrosion-resistant steels. Vestnik Of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering And Technologies. 2015; 4: 65–70. (In Russ.)]
15. Guseynova M.R., Guseynov R.V. Obosnovanie bazy dannykh dlya issledovaniya dinamicheskikh protsessov pri rezanii. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskies nauki. 2014; 35:36–44. [Guseynova M.R., Guseynov R.V. Justification of the database for the study of dynamic processes during cutting. Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2014; 35:36–44. (In Russ.)]



**Сведения об авторах.**

**Гусейнов Расул Вагидович** – доктор технических наук, профессор кафедры технических комплексов и САПР.

**Султанова Людмила Магомедовна** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры организации и безопасности движения.

**Information about the authors.**

**Rasul V. Guseynov** – Dr. Sc. (Technical), Prof., Department of technical systems and CAD.

**Liudmila M. Sultanova** – Cand. Sc.(Technical), Senior lecturer.

**Конфликт интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. The authors declare no conflict of interest.

**Поступила в редакцию** 30.12.2016.

**Received** 30.12.2016.

**Принята в печать** 29.01.2017.

**Accepted for publication** 29.01.2017.