

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ КОРРЕКЦИИ РЕЖИМА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

© 2017

А.Н. Унянин, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Технология машиностроения»
Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск (Россия)
П.Р. Финагеев, магистр, инженер-конструктор
АО «Фрест», Ульяновск (Россия)

Ключевые слова: методика коррекции режима механической обработки; режим механической обработки; коррекция режима механической обработки; механическая обработка; точение; шероховатость.

Аннотация: Перспективным направлением назначения режима механической обработки является его расчет с использованием моделей, связывающих выходные и входные параметры процесса. Однако модели получают с использованием многочисленных допущений, они не учитывают влияния ряда действующих в процессе обработки факторов и не обеспечивают высокую точность расчетных значений. Поэтому возникает необходимость в коррекции режима, определенного с использованием таких моделей. Для этого предлагается методика, предусматривающая подстройку (коррекцию) моделей процесса по данным текущей информации о выходных параметрах и варьирование управляемыми факторами по плану, реализация которого позволяет приблизить эти факторы к оптимальному уровню. Приведена зависимость для расчета интервала варьирования управляемыми факторами. Эта зависимость содержит в качестве аргумента частные производные, показывающие степень влияния элементов режима механической обработки на выходные параметры процесса. На первом этапе коррекции режима эти производные получают, используя модели, отражающие взаимосвязь выходных и входных параметров процесса; на последующих этапах используют данные о фактических значениях выходных параметров, полученных в результате их измерения. Даны рекомендации по выбору плана варьирования элементами режима в зависимости от соотношений предельных и фактических значений выходных параметров. Для апробации методики разработано программное обеспечение, учитывающее два выходных параметра: погрешность диаметрального размера и среднее арифметическое отклонение профиля обработанной поверхности – и два управляемых: скорость резания и подачу. Исследование эффективности разработанной методики осуществляли при обработке точением наружной цилиндрической поверхности заготовки проходным резцом с пластиной из сплава T15K6. Использование разработанной методики и программного обеспечения позволяет скорректировать предварительно рассчитанный режим обработки, за счет чего повышается производительность процесса точения при обеспечении качества обработанных деталей.

ВВЕДЕНИЕ

Назначение рационального режима процесса механической обработки является актуальной задачей, от решения которой зависит производительность обработки, качество и стоимость изготовления деталей. Режим определяют по формулам теории резания или назначают по нормативам и каталогам режущего инструмента [1]. Однако многие нормативы не соответствуют требованиям современных технологий, а в каталогах режимы указаны в достаточно широких диапазонах, что затрудняет выбор их оптимальных значений.

Для обеспечения качества обработанных деталей и производительности обработки используют адаптивное управление, ориентируясь на данные выходных (параметры качества деталей) и текущих показателей (мощность, силы резания, температура и др.) процесса обработки [2; 3]. Разработаны системы управления точностью обработки на основе виброметрической информации [4]. Адаптивные системы используют ограниченное количество выходных и текущих параметров процесса механической обработки, по результатам контроля которых вырабатывается управляющее воздействие. Кроме того, данные системы эффективно функционируют лишь в том случае, когда при номинальных значениях контролируемых показателей и управляющих воздействий режим обработки является оптимальным.

В последнее время получили развитие автоматизированные системы управления с элементами искус-

ственного интеллекта, реализующие переход от сложных математических расчетов к использованию логических выводов на основе теории нечеткой логики, позволяющей максимально приблизиться к стилю мышления человека [5; 6]. Однако системы с элементами искусственного интеллекта целесообразно применять, когда нельзя использовать методы и способы традиционной теории управления [7].

Для диагностики технологических процессов в последнее время широко используют теорию нейронных сетей. Эта теория используется, в частности, для прогнозирования параметров качества обработанных деталей в процессе точения [8; 9]. Разрабатываются системы диагностики процесса резания на основе динамических моделей, построенных на основе нейронных сетей, для управления металлорежущими станками [10].

На процесс механической обработки накладываются ряд ограничений, обусловленных технологией, физикой и механикой процесса. Ограничения получают, используя математические зависимости (модели) процесса [11; 12].

Математические модели, описывающие взаимосвязь выходных параметров процесса механической обработки с входными и используемые при расчете режима, не всегда адекватно отражают эту взаимосвязь. Многие модели получены с использованием многочисленных допущений, не учитывают влияния ряда управляемых и неуправляемых факторов. В результате появляется

значительная разность между расчетными значениями выходных параметров и их фактическими значениями, а рассчитанный с использованием этих моделей режим будет далек от оптимального, поэтому потребуется его коррекция.

При назначении режима механической обработки в условиях неопределенности технологической информации предложено разработать математические модели и алгоритмы, предусматривающие подстройку (коррекцию) моделей, связывающих входные и выходные параметры процесса, по данным текущей информации о выходных параметрах.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Ниже представлена методика, разработанная для варьирования управляемыми параметрами процесса (элементами режима) с целью их приближения к оптимальному уровню.

При назначенных или рассчитанных элементах режима X_j^0 фиксируют значения выходных параметров $Y_i^{0ф}$. Если значения одного или нескольких выходных параметров превышают их предельное значение Y_{imax} , то необходима коррекция режима, чтобы исключить появление бракованных деталей. Для этого устанавливают менее «жесткие» элементы режима, в частности уменьшают скорость подачи и (или) глубину резания.

Если фактические значения выходных параметров не достигают предельных значений, то режим обработки можно интенсифицировать таким образом, чтобы повысить производительность обработки при обеспечении качества обработанных деталей.

Интервал варьирования j -м управляемым фактором для приближения i -го выходного параметра к предельному значению:

$$\Delta X_{ji} = \frac{Y_{imax} - Y_i^{0ф}}{k \cdot \frac{\partial Y_i}{\partial X_j} p}, \tag{1}$$

где Y_{imax} – предельное значение i -го выходного параметра; $Y_i^{0ф}$ – фактическое значение i -го выходного параметра при назначенных или рассчитанных элементах режима X_j^0 ; $\frac{\partial Y_i}{\partial X_j} p$ – частная производная, показывающая степень

влияния j -го элемента режима на i -й выходной параметр;

k – коэффициент, значение которого можно принять равным количеству управляемых факторов.

Для определения частных производных $\frac{\partial Y_i}{\partial X_j} p$ необходимы математические зависимости, отражающие взаимосвязь выходных и входных параметров процесса:

$$Y_i = f(X_j).$$

При реализации методики принимают интервалы варьирования, являющиеся минимальными из рассчитанных:

$$\Delta X_j = \min[\Delta X_{ji}]. \tag{2}$$

Определяют новые значения элементов режима, при которых производят обработку заготовок и фиксируют значения выходных параметров:

$$X_j^1 = X_j^0 + \Delta X_j. \tag{3}$$

План варьирования элементами режима на этом этапе зависит от соотношений предельных и фактических значений выходных параметров. Если после изменения j -го управляемого фактора для всех выходных параметров выполняется соотношение:

$$Y_{imax} - Y_i^{lф} \geq \frac{Y_{imax} - Y_i^{0ф}}{k}, \tag{4}$$

где $l=1, \dots, k-1$ – номер точки плана, то j -й управляемый фактор остается на уровне X_j^1 , после чего рассчитывается значение фактора X_{j+1}^1 .

При двух управляемых факторах X_1 и X_2 расположение точек плана варьирования приведено на рис. 1. В точке № 1 плана (см. рис. 1 а) обработка осуществляется с режимами X_1^1 и X_2^0 , в точке № 2 – с режимами X_1^1 и X_2^1 .

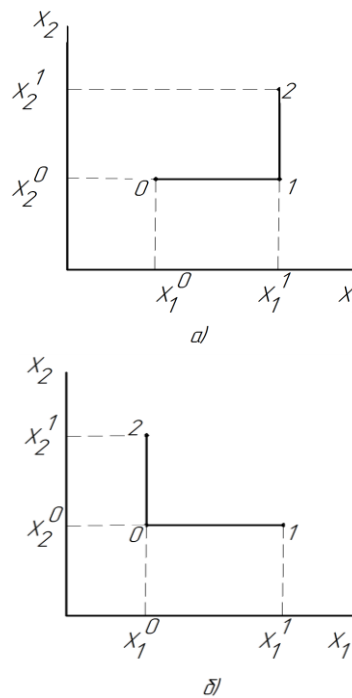


Рис. 1. Расположение точек плана варьирования управляемыми параметрами X_1 и X_2

Если после изменения j -го управляемого фактора условие (4) не выполняется хотя бы для одного выходного параметра, то j -й управляемый фактор не изменяется и остается на уровне X_j^0 . При двух управляемых факторах X_1 и X_2 расположение точек плана варьирования для подобного случая приведено на рис. 1 б. В отличие от рис. 1 а в точке № 2 плана обработка осуществляется с режимами X_1^0 и X_2^1 . При k управляемых параметрах получаем соответственно k точек плана варьирования элементами режима.

Если после первого этапа варьирования элементами режима фактические значения выходных параметров значительно отличаются от предельных (максимальных), то выполняются последующие этапы коррекции.

Интервал варьирования j -м управляемым фактором на втором и последующих этапах:

$$\Delta X_{ji} = \frac{Y_{i\max} - Y_i^{k\Phi}}{k \cdot \frac{\partial Y_i}{\partial X_j} \Phi},$$

где $Y_i^{k\Phi}$ – фактическое значение i -го выходного параметра в k -й точке плана;

$\frac{\partial Y_i}{\partial X_j} \Phi$ – коэффициент, показывающий степень влияния

i -го элемента режима (управляемого фактора) на j -й выходной параметр, представляющий уточненное значение частной производной:

$$\frac{\partial Y_i}{\partial X_j} \Phi = \frac{Y_i^{l\Phi} - Y_i^{l-1\Phi}}{X_j^l - X_j^{l-1}},$$

где l – номер точки плана варьирования управляемыми факторами;

$Y_i^{l\Phi}$ и $Y_i^{l-1\Phi}$ – фактические значения i -го выходного параметра в точках l и $l-1$ плана соответственно;

X_j^l и X_j^{l-1} – значения управляемого фактора (элемента режима) в точках l и $l-1$ плана.

Процессы механической обработки характеризуются совокупностью текущих и выходных параметров, к которым относятся параметры качества обработанных деталей, силы, температуры, период стойкости инструмента и др. [13; 14].

Для апробации предложенной методики в процессе коррекции режима точения в качестве выходных контролируемых параметров были выбраны среднее арифметическое отклонение профиля Ra и погрешность диаметрального размера детали ω . В качестве управляемых входных параметров (факторов) использовали подачу на оборот S и скорость резания V .

Средняя высота неровностей профиля обработанной поверхности при механической обработке [15–17]:

$$Rz = h_1 + h_2 + h_3 + h_4,$$

где h_1, h_2, h_3, h_4 – составляющие профиля шероховатости, обусловленные геометрией и кинематикой перемещения рабочей части режущего инструмента, относительными колебаниями инструмента и заготовки, пластическими деформациями в зоне контакта инструмента и заготовки и шероховатостью рабочих поверхностей инструмента соответственно.

Если главный (φ) и вспомогательный (φ_1) углы в плане режущего клина составляют $\varphi \geq \arcsin \frac{S}{2r}$

и $\varphi_1 \geq \arcsin \frac{S}{2r}$, составляющую h_1 зависимости можно определить:

$$h_1 = \frac{S^2}{8r},$$

где S – подача, мм/об;

r – радиус при вершине режущего клина инструмента, мм.

Составляющая профиля шероховатости h_2 при точении определяется амплитудой колебаний вершины резца относительно обрабатываемой поверхности вследствие контакта с исходным микрорельефом и неравномерностью предела прочности материала заготовки на различных участках обрабатываемой поверхности:

$$h_2 = \frac{10 \cdot C_p \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{p_1}}{j_{т.с.}} \cdot \left(\left(\frac{\sigma_b^{\max}}{750} \right)^m \cdot t^x - \left(\frac{\sigma_b^{\min}}{750} \right)^m \cdot (t - Rz_{И})^x \right),$$

где C_p, y, n, x – эмпирические коэффициенты;

K_{p_1} – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания [18];

V – скорость резания, м/мин;

t – глубина резания, мм;

$Rz_{И}$ – средняя высота неровностей профиля по десяти точкам обрабатываемой поверхности, мм;

$\sigma_b^{\min}, \sigma_b^{\max}$ – минимальный и максимальный предел прочности материала заготовки, МПа;

$j_{т.с.}$ – жесткость технологической системы, Н/мм.

Составляющую h_3 определяют по следующей зависимости [15]:

$$h_3 = \frac{b_{сдв} \cdot (2S + b_{сдв})}{32r},$$

где $b_{сдв}$ – величина пластического отеснения, мм:

$$b_{сдв} = 0,5 \cdot \rho \left(1 - \frac{\tau_c}{\sqrt{\tau_c^2 + \sigma_T^2}} \right),$$

где τ_c – прочность обрабатываемого материала на сдвиг, МПа;

σ_T – предел текучести обрабатываемого материала, МПа;

ρ – радиус вспомогательной режущей кромки, мм.

Составляющая h_4 при точении определяется средней высотой профиля шероховатости вершины резца $Rz_{вр}$, т. е. $h_4 = Rz_{вр}$.

Методика определения погрешности диаметрального размера заготовок при точении приведена в работе [19].

Расчетные значения производных, показывающие степень влияния j -го управляемого фактора на i -й выходной, получают, дифференцируя вышеприведенные математические зависимости. Например:

$$\frac{\partial Ra}{\partial S} p = \frac{2 \cdot C_p \cdot S^{y-1} \cdot y \cdot V^n \cdot K_{p1}}{j_{т.с.}} \cdot \left(\left(\frac{\sigma_b^{\max}}{750} \right)^m \cdot t^x - \left(\frac{\sigma_b^{\min}}{750} \right)^m \cdot (t - Rz_{II})^x \right) + \frac{0,0125 \cdot b_{сдв}}{r} + \frac{0,05 \cdot S}{r}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе предложенной методики разработано программное обеспечение на языке программирования *Delphi*.

Исследование эффективности методики осуществляли при обработке точением наружных цилиндрических поверхностей заготовок проходным резцом со сменной многогранной пластиной из сплава Т15К6. Геометрические параметры пластины: главный и вспомогательный углы в плане $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$; радиус при вершине $r = 2$ мм; передний угол $\gamma = 0^\circ$; угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^\circ$; материал заготовки – сталь 45; глубина резания $t = 0,5$ мм. Физико-механические свойства материалов заготовки и державки резца были выбраны из справочников [18; 20]. Заданное (предельно допустимое) значение параметра шероховатости $Ra = 2,5$ мкм; допуск диаметрального размера $T = 0,16$ мкм.

Предварительно были рассчитаны элементы режима резания по методике [18] и скорректированы по паспортным данным станка: $S^0 = 0,15$ мм; $V^0 = 282$ м/мин.

Выполнив измерение параметров шероховатости Ra и диаметров цилиндрических шеек обработанных заготовок, получили их значения: $Ra^0_{\phi} = 0,8$ мкм и $\omega^0_{\phi} = 0,07$ мм. Фактические значения обоих выходных параметров значительно ниже их предельных значений, поэтому имеется возможность интенсифицировать режим с целью повышения производительности.

Программа составлена таким образом, что пользователь имеет возможность выбрать один из предлагаемых вариантов плана варьирования управляемыми факторами, реализация которого позволяет приблизить эти факторы к оптимальному уровню. Возможно варьирование одним из управляемых факторов (только подачей или скоростью) либо обоими.

Когда принято решение варьировать лишь подачей, программа выдает ее скорректированное значение $S^1 = 0,496$ мм/об. Исходя из паспортных данных станка подача принята равной $S^1 = 0,45$ мм/об. При таком значении подачи фактические значения выходных параметров равны $Ra^1_{\phi} = 2,55$ мкм и $\omega^1_{\phi} = 0,118$ мм.

Поскольку фактическое значение параметра шероховатости превышает его заданное значение, режим корректируется повторно. Программа выдает скорректированное значение подачи $S^1 = 0,447$ мм/об, и после коррекции по паспортным данным принята подача $S^1 = 0,405$ мм/об. После обработки заготовок с такой подачей фактические значения выходных параметров равны $Ra^1_{\phi} = 2,21$ мкм и $\omega^1_{\phi} = 0,118$ мм. Обработка с такой подачей ($S^1 = 0,405$ мм/об) в сравнении с обработкой с подачей $S^0 = 0,15$ мм, рекомендуемой нормативами [18], позволяет повысить производительность обработ-

ки более чем в два раза при обеспечении заданных параметров качества детали.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Разработана методика коррекции режима механической обработки, предусматривающая варьирование управляемыми факторами по определенному плану и подстройку (коррекцию) моделей, связывающих выходные и входные параметры процесса.

2. Разработано программное обеспечение для коррекции режима точения, учитывающее два входных и выходных параметра процесса.

3. Использование разработанной методики и программного обеспечения позволяет повысить производительность обработки при обеспечении качества деталей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ульяновской области в рамках научного проекта № 16-47-732010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маталин А.А. Технология машиностроения. СПб.: Лань, 2008. 512 с.
2. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 1969. 358 с.
3. Григорьев С.Н., Завгородний В.И., Маслов А.Р. Обеспечение заданного качества деталей при высокоскоростной обработке // Вестник МГТУ Станкин. 2010. № 1. С. 38–40.
4. Клепиков С.И., Карплюк А.Ф. Адаптивное управление точностью токарной обработки на основе виброметрической информации // Проблемы повышения качества промышленной продукции: сб. трудов 3-й междунар. науч.-техн. конф. Брянск: БГТУ, 1998. С. 247–248.
5. Руденко А.С., Медведева О.И., Биленко С.В. Управление качеством обработанной поверхности при резании на основе искусственного интеллекта // Нелинейная динамика и прикладная синергетика: сб. статей. Комсомольск-на-Амуре: КНАГТУ, 2003. С. 276–280.
6. Емельянов С.Г., Титов В.С., Бобырь М.В. Автоматизированные нечетко-логические системы управления. М.: ИНФРА-М, 2011. 176 с.
7. Алиев Р.А. Производственные системы с искусственным интеллектом. М.: Радио и связь, 1990. 264 с.
8. Залогова В.А., Гонщик А.В., Зинченко Р.Н. Диагностика процессов механической обработки с применением искусственных нейронных сетей: состояние вопроса // Вісник Сумського державного університету. Серія: Технічні науки. 2012. № 2. С. 128–137.
9. Медведев В.В. Особенности диагностики качества механообработки с применением интеллектуальных систем // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. 2008. № 3Е. С. 131–135.
10. Кабалдин Ю.Г., Биленко С.В., Шпилев А.М. Построение перспективных систем управления металлорежущими станками на основе самоорганизации и принципов искусственного интеллекта // Вестник машиностроения. 2002. № 6. С. 59–65.
11. Ивченко Т.Г. Оптимизация режимов резания при чистовом и тонком точении методом геометрического программирования // Прогрессивные технологии

- и системы машиностроения. Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. С. 91–97.
12. Фомин И.А., Зантур Сахби, Богуславский В.А., Ивченко Т.Г. Оптимизация режимов резания при точении труднообрабатываемых материалов с учетом температурных ограничений // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. С. 156–161.
 13. Безъязычий В.Ф., Аверьянов И.Н., Кордюков А.В. Расчет режимов резания. Рыбинск: РГАТА, 2009. 185 с.
 14. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. М.: Машиностроение, 1989. 296 с.
 15. Инженерия поверхности деталей / под ред. А.Г. Сулова. М.: Машиностроение, 2008. 320 с.
 16. Сулов А.Г. Технология машиностроения. 2-е изд. М.: Машиностроение, 2007. 430 с.
 17. Сулов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 2000. 320 с.
 18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А.М. Дальского. 5-е изд. М.: Машиностроение, 2001. 910 с.
 19. Унянин А.Н., Семлюков Е.А. Определение производственной погрешности диаметральных размеров заготовок при токарной обработке в процессе выполнения размерного анализа технологического процесса // Физические основы высокоскоростной обработки и технологическое обеспечение компьютерных технологий в машиностроении: материалы междунар. молодеж. школы-семинара. Ульяновск: УлГТУ, 2011. С. 85–92.
 20. Справочник по конструкционным материалам / под ред. Б.Н. Арзамасова, Т.В. Соловьевой. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 640 с.
- REFERENCES**
1. Matalin A.A. *Tekhnologiya mashinostroeniya* [Mechanical engineering technology]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2008. 512 p.
 2. Balakshin B.S. *Osnovy tekhnologii mashinostroeniya* [Basics of mechanical engineering technology]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1969. 358 p.
 3. Grigoryev S.N., Zavgorodny V.I., Maslov A.P. Guarantee of the assigned quality of the components with the high-speed working. *Vestnik MGTU Stankin*, 2010, no. 1, pp. 38–40.
 4. Klepikov S.I., Karplyuk A.F. Adaptive control of accuracy of turning processing on the basis of vibrometric information. *Sbornik trudov 3 mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. "Problemy povysheniya kachestva promyshlennoy produkcii"*. Bryansk, BGTU Publ., 1998, pp. 247–248.
 5. Rudenko A.S., Medvedeva O.I., Bilenko S.V. Control of quality of treated surface when cutting on the basis of artificial intelligence. *Sbornik statey "Nelineynaya dinamika i prikladnaya sinergetika"*. Komsomolsk-na-Amure, KnAGTU Publ., 2003, pp. 276–280.
 6. Emelyanov S.G., Titov V.S., Bobyr' M.V. *Avtomatizirovannyye nechetko-logicheskie sistemy upravleniya* [Automated fuzzy logic controlling systems]. Moscow, INFRA-M Publ., 2011. 176 p.
 7. Aliev R.A. *Proizvodstvennye sistemy s iskusstvennym intellektom* [Production systems with artificial intelligence]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1990. 264 p.
 8. Zaloga V.A., Gonshchik A.V., Zinchenko R.M. Diagnosis of machining processes by means of application of artificial neural networks: prior art. *Vestnik Sumskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki*, 2012, no. 2, pp. 128–137.
 9. Medvedev V.V. Special aspects of diagnostics of mechanical treatment quality using intelligent systems. *Visnik Donbaskoy derzhavnoy mashinobutivnoy akademii*, 2008, no. 3E, pp. 131–135.
 10. Kabaldin Yu.G., Bilenko S.V., Shpilev A.M. Developing of advanced systems of control of metal cutting machines on the basis of self-organization and artificial intelligence principles. *Vestnik mashinostroeniya*, 2002, no. 6, pp. 59–65.
 11. Ivchenko T.G. Optimization of cutting modes during finish and precise turning using the method of geometric programming. *Progressivnye tekhnologii i sistemy mashinostroeniya*. Donetsk, DonNTU Publ., 2010. Vyp. 39, pp. 91–97.
 12. Fomin I.A., Zantur Sakhbi, Boguskavsky V.A., Ivchenko T.G. Optimization of cutting modes during the turning of hard-to-machine materials taking into account temperature limitations. *Progressivnye tekhnologii i sistemy mashinostroeniya*. Donetsk, DonNTU Publ., 2010. Vyp. 39, pp. 156–161.
 13. Bezyazychny V.F., Averyanov I.N., Kordyukov A.V. *Raschet rezhimov rezaniya* [Calculation of cutting modes]. Rybinsk, RGATA Publ., 2009. 185 p.
 14. Starok V.K. *Obrabotka rezaniem. Upravlenie stabilnostyu i kachestvom v avtomatizirovannom proizvodstve* [Cutting. Stability and quality control in automated industry]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1989. 296 p.
 15. Suslov A.G., ed. *Inzheneriya poverkhnosti detaley* [Surface engineering]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2008. 320 p.
 16. Suslov A.G. *Tekhnologiya mashinostroeniya* [Mechanical engineering technology]. 2nd ed. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2007. 430 p.
 17. Suslov A.G. *Kachestvo poverkhnostnogo sloya detaley mashin* [Quality of the surface layer of machine parts]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2000. 320 p.
 18. Dalsky A.M., ed. *Spravochnik tekhnologa mashinostroitel'ya* [Reference book of mechanical engineer]. 5th ed. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2001. Vol. 1, 910 p.
 19. Unyanin A.N., Semlyukov E.A. Identification of production inaccuracy of workpiece diametric dimensions when turning during the process of carrying out the dimensional analysis of technological process. *Materialy mezhdunar. molodezh. shkoly-seminara "Fizicheskoe obespechenie kompyuternykh tekhnologiy v mashinostroenii"*. Ulyanovsk, UIGTU Publ., 2011, pp. 85–92.
 20. Arzamasov B.N., Solovyeva T.V., eds. *Spravochnik po konstruktivnym materialam* [Structural materials reference book]. Moscow, MGTU im. N.E. Bauman Publ., 2006. 640 p.

THE DEVELOPMENT AND RESEARCH OF METHODOLOGY OF CORRECTION OF MECHANICAL TREATMENT MODE IN THE CONDITIONS OF UNCERTAINTY OF TECHNOLOGICAL INFORMATION

© 2017

A.N. Unyanin, Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor,
professor of Chair “Technology of mechanical engineering”
Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk (Russia)

P.R. Finageev, master, design engineer
Joint-Stock Company “Freest”, Ulyanovsk (Russia)

Keywords: methodology of correction of mechanical treatment mode; mechanical treatment mode; correction of mechanical treatment mode; machining; turning; roughness.

Abstract: The promising direction to apply the mode of mechanical treatment is its calculation using the models linking the input and output parameters of the process. However, the models are obtained using the numerous assumptions; they do not consider the influence of a number of factors acting in the treatment process and do not provide high accuracy of calculated values. Therefore, the necessity arises to correct the mode defined with the use of such models. For this purpose, the authors propose the methodology involving the adjustment (correction) of the process models according to the current information about the output parameters and the variation of controllable factors under the plan, the implementation of which allows bringing these factors to the optimal level. The authors give the dependence for the calculation of the controllable factors variability interval. As an argument, this dependence contains partial derivatives displaying the degree of influence of the elements of mechanical treatment modes on the process output parameters. At the first stage of the mode correction, these derivatives are obtained using the models displaying the relationship between the process output and input parameters; at the next stages, data on actual values of output parameters obtained in the result of their measurement are used. The authors give the recommendations on the selection of the plan of the variability of the mode elements depending on the ratios of the limiting and actual values of output parameters. To test the methodology, the authors developed a software that takes into account two output parameters: the accuracy of diameter dimension and the mean absolute error of the treated surface profile; and two controllable parameters: cutting velocity and feed. The study of the effectiveness of the developed methodology was carried out during the turning processing of the workpiece outer cylindrical surface using the cutter with a plate made of T15K6 alloy. The application of the developed technique and software allows adjusting the pre-calculated processing mode, due to that, the performance of turning process when providing the quality of treated parts increases.