

АНАЛИЗ КОНСТРУКТОРСКОГО РЕШЕНИЯ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО» РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ТОКАРНЫХ ОПЕРАЦИЙ ОТРЕЗКИ

Аннотация. Предложена конструкция, реализующая принцип саморегулирования с помощью упругого элемента, увеличивающего его значение при возрастании сил резания, для проработки технического решения «интеллектуального» инструмента с управлением передним углом режущего клина для токарных операций отрезки. Рассмотрены результаты моделирования условий равновесия сил, действующих на поворотный сектор резца с изменяемым передним углом на операциях отрезки. Подтверждена техническая реализуемость предлагаемого технического решения с саморегулированием переднего угла. Получены рекомендации по выбору параметров узла саморегулирования, определены условия наиболее эффективного использования предлагаемого устройства резца. Подтверждена техническая реализуемость предложенного технического решения «интеллектуального» инструмента для управления процессом резания по переднему углу режущего клина на операциях отрезки.

Ключевые слова: «интеллектуальный» инструмент, операции отрезки, моделирование, условие равновесия сил, поворотный сектор, реакции опор, момент управления.

Для цитирования: Ерзин, О. А. Анализ конструкторского решения «интеллектуального» режущего инструмента для токарных операций отрезки / О. А. Ерзин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1. – С. 196–204. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_1_196.

Современный этап развития практически всех методов обработки связан с возрастанием роли оперативного управления параметрами, определяющими режимы и условия их реализации. В лезвийной обработке практически достигнут предел с точки зрения управления такими режимными параметрами, как скорость, подача и глубина резания.

Как показали проведенные ранее исследования, широкие перспективы повышения эффективности процессов резания связаны с управлением кинематическими углами режущего клина [1–4]. Анализ процессов управления, в частности, передним углом в предложенной конструкции проходного резца [5, 6] подтвердил его техническую реализуемость в условиях сложной нелинейной взаимосвязи его параметров, которая потребовала привлечения методов робастного управления и рационального выбора параметров систем управления и элементов конструкции на этапе синтеза законов управления [7–9].

К сложностям реализации управления передним углом, помимо нелинейности связей параметров, следует добавить нестационарность процесса резания, оказывающую отрицательное влияние практически на все технологические показатели операций точения. Нарушение стационарности определяется большим числом факторов, которые могут быть связаны с колебаниями припуска на обработку и параметров режима резания, характеристик заготовок, инструмента и оборудования, с погрешностями установки инструмента и т. п. Они носят стохастический характер. К детерминированным факторам, определяемым технологически обусловленным неуправляемым изменением параметров режима резания, следует отнести, например, скорость резания на операциях отрезки, прорезки канавок, подрезки торцов или поперечного точения.

В результате исследований операций отрезки [10], проведенных с использованием температурно-силовой модели С. С. Силина [11] и В. Ф. Безъязычного [12], установлено, что в рассмотренных условиях резания:

– абсолютные значения нормальных составляющих существенно зависят от оборотной подачи и увеличиваются по мере заглубления инструмента в заготовку более чем на 30 и 50 % для $S_o = 0,05$ мм/об и $S_o = 0,15$ мм/об соответственно;

– тангенциальная и радиальная составляющие равнодействующей силы резания по мере заглубления увеличиваются на 50 и 80 % для $S_o = 0,05$ мм/об и на 45 и 120 % для $S_o = 0,15$ мм/об соответственно;

– при увеличении переднего угла в пределах $-10 \geq \gamma \geq 15^\circ$ относительное значение нормальной составляющей силы стружкообразования к передней поверхности изменяется в пределах 38...50 %, слабо (не

более 5 %) зависит от оборотной подачи и погрешности установки инструмента, а момент поворота сектора вокруг режущей кромки носит экстремальный характер и изменяется всего на 15...25 %.

Относительно малые абсолютные значения момента поворота – менее (0,02...0,2) Нм – говорят о высокой энергоэффективности канала управления передним углом режущего клина на операциях отрезки.

Для проработки технического решения «интеллектуального» инструмента с управлением передним углом режущего клина для токарных операций отрезки предложена конструкция, реализующая принцип саморегулирования с помощью упругого элемента, увеличивающего его значение при возрастании сил резания (рис. 1).

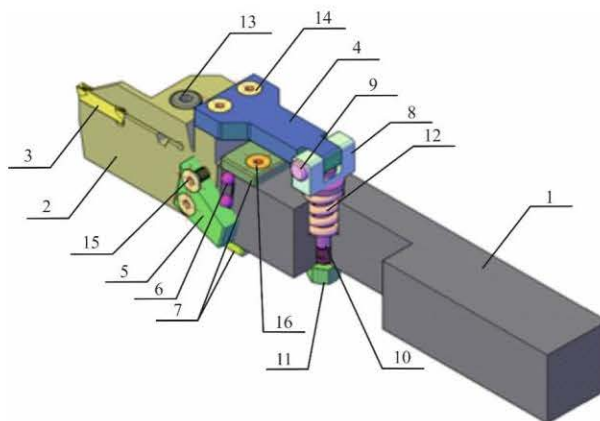


Рис. 1. Конструкторское решение отрезного резца с управляемым передним углом:

1 – державка; 2 – подвижный сектор; 3 – режущая пластина; 4 – рычаг; 5 – съемная круговая направляющая; 6 – шарикоподшипники; 7 – ограничители для шариков; 8 – серьга; 9 – штифт; 10 – шпилька; 11 – гайка; 12 – пружина механизма саморегулирования переднего угла; 13, 14, 15, 16 – винты крепления режущей пластины, рычага и съемных круговых направляющих к сектору, ограничителей шариков круговых направляющих к державке соответственно

Конструктивно выделенный элемент предложенного резца – сектор 2 – характеризуется теми же параметрами, что и элемент проходного резца для продольного точения [6]: радиусами сектора R_s , положением его центра масс R_{CS} , центральным углом или углом заострения β и весом P_s , приложенным к центру масс CS . Его угловое положение относительно оси 0 задается углами γ , α передним и задним соответственно. На сектор действуют силы: нормальные составляющие и силы трения N_p , F_{mp} на передней поверхности режущего клина и N_3 , $F_{зтр}$ на задней его поверхности; усилие управления передним углом $F_{упр}$; реакции опор R_A , R_B , верхней и нижней соответственно [10].

Базирование режущей кромки пластины 3 в подвижном секторе 2 определяется центром его поворота вокруг режущей кромки. Точка приложения усилия управления определяется расстоянием радиуса сектора R_s и длины рычага от точки приложения управляющей силы $F_{упр}$ до образующей сектора:

$$H_y = R_s + h_y.$$

Нормальные и тангенциальные составляющие сил резания на передней и задней поверхностях режущего клина N_p , F_{mp} , N_3 , $F_{зтр}$ соответственно, а также координаты точек их приложения X_p , X_3 являются нелинейными функциями переднего угла и текущего относительного времени выполнения операции отрезка $T_{отн} = t / t_k f_i(\gamma, T_{отн})|_{\hat{S}_o, \hat{V}_p, \hat{t}_k, \hat{t}_p, \hat{h}_p}$. Они определяются для расчетных значений $\hat{S}_o, \hat{V}_p, \hat{t}_k, \hat{t}_p, \hat{h}_p$ – оборотной подачи, скорости резания, ширины резца, времени окончания операции и погрешности установки резца по модели, рассмотренной в [10].

Система уравнений, описывающих условие равновесия сектора в процессе резания в плоскости, перпендикулярной режущей кромке [6],

$$\begin{aligned} N_3 \cos \alpha - N_p \sin \gamma + F_{mp} \cos \gamma + F_{зтр} \sin \alpha - R_A \cos \gamma - R_B \sin \alpha &= 0; \\ N_p \cos \gamma - N_3 \sin \alpha + F_{зтр} \cos \alpha + F_{mp} \sin \gamma + P_s - R_B \cos \alpha - R_A \sin \gamma - F_{упр} &= 0; \end{aligned} \quad (1)$$

$$M_{пз} - M_{упр} = 0; \quad (2)$$

$$M_{пз} = N_{п} \cdot X_{п} - N_{з} \cdot X_{з} + P_{с} \cdot h_{ст}; \quad M_{упр} = F_{упр} \cdot H_y,$$

где $M_{пз}$ – момент, повораивающий подвижный сектор резца под действием сил резания; $M_{упр}$ – момент, предназначенный для изменения его углового положения.

Для равновесия режущего клина из последнего уравнения следует, что сила управления должна изменяться по следующему закону:

$$F_{упр} = \frac{N_{п} \cdot X_{п} - N_{з} \cdot X_{з} + P_{с} \cdot R_{сз} \cdot \cos(\gamma + \beta / 2)}{H_y}. \quad (3)$$

Принцип саморегулирования, реализованный в предлагаемом техническом решении с помощью пружины, имеет следующий вид:

$$M_{упр}(\gamma) = M_{упр}^{\min}(\gamma, T_{отн}) \Big|_{T_{отн}=0} + C_{пр} \cdot (H_y \cdot \sin \gamma - X_0) \cdot H_y, \quad (4)$$

где $C_{пр}$, X_0 – жесткость и предварительная деформация пружины 3 (см. рис. 1).

Моделирование токарной операции отрезки заготовок проведено на примере и режимах, рассмотренных в [10] для стали 40X. Параметры инструмента: отрезной резец с пластиной T15K6 с углами $\gamma = -10...+15^\circ$, $\beta = 65^\circ$, $r_1 = 0.2 \cdot 10^{-3}$ м, $r = 0.5 \cdot 10^{-3}$ м; погрешность установки по высоте отсутствует; державка $B_d \times h_d = 20 \times 20$ мм; сектор с $R_s = 20 \cdot 10^{-3}$ м и $H_y = 30 \cdot 10^{-3}$ м. В частности, в соответствии с (1) получены значения реакций опор R_A, R_B и $F_{упр}$ (рис. 2) для различных значений переднего угла $\gamma = -10...+10^\circ$ и подачи на оборот $S_0 = 0,05...0,15$ мм/об.

По мере заглубления инструмента в заготовку увеличение R_A, R_B наиболее интенсивно происходит только при $T_{отн} > 0,8...0,85$. При $S_0 = 0,05$ мм/об до этого момента в зависимости от переднего угла реакции опор увеличиваются: R_A – на 70...100 Н, R_B – на 50...100 Н, после него – на 170...200 Н и 250...400 Н (рис. 2, а). При $S_0 = 0,15$ мм/об до этого момента в зависимости от переднего угла реакции опор увеличиваются: R_A – на 100...300 Н, R_B – на 100...200 Н, после него – на 350...700 Н и 500...700 Н (рис. 2, б). По мере уменьшения переднего угла, независимо от подачи на оборот, реакция R_A уменьшается, а R_B увеличивается, причем R_A может изменить знак, то есть возникают размыкающие усилия в верхней части круговых направляющих.

Из рис. 2, в, г видно, что для стабилизации углового положения сектора $\gamma = +5^\circ$ в предложенном техническом решении инструмента достаточно приложить силу управления $F_{упр} = f(T_{отн})$, более чем на порядок меньшую значений реакции в верхней опоре и практически повторяющую закон изменения $R_A = f(T_{отн})$. Причем для $S_0 = 0,05$ мм/об $R_A > 0$ и $F_{упр} < R_A$, а для $S_0 = 0,15$ мм/об $F_{упр} > R_A$ и при $T_{отн} = 0,9$ изменяет знак с $R_A < 0$ на $R_A > 0$.

Поскольку, как показали исследования [10] и рис. 2, нестационарность процесса резания на токарных операциях отрезки наиболее существенно проявляется на финише при относительном значении времени их выполнения $T_{отн} > 0,8...0,85$, то целесообразно параметры $C_{пр}$, X_0 выбирать из следующих соображений:

$$X_0 = H_y \sin \gamma_{\min}; \quad C_{пр} = \frac{M_{пз}^{\max}(\gamma, T_{отн}) \Big|_{T_{отн}=0,95} - M_{пз}^{\min}(\gamma, T_{отн}) \Big|_{T_{отн}=0}}{H_y^2 (\sin \gamma_{\max} - \sin \gamma_{\min})}. \quad (5)$$

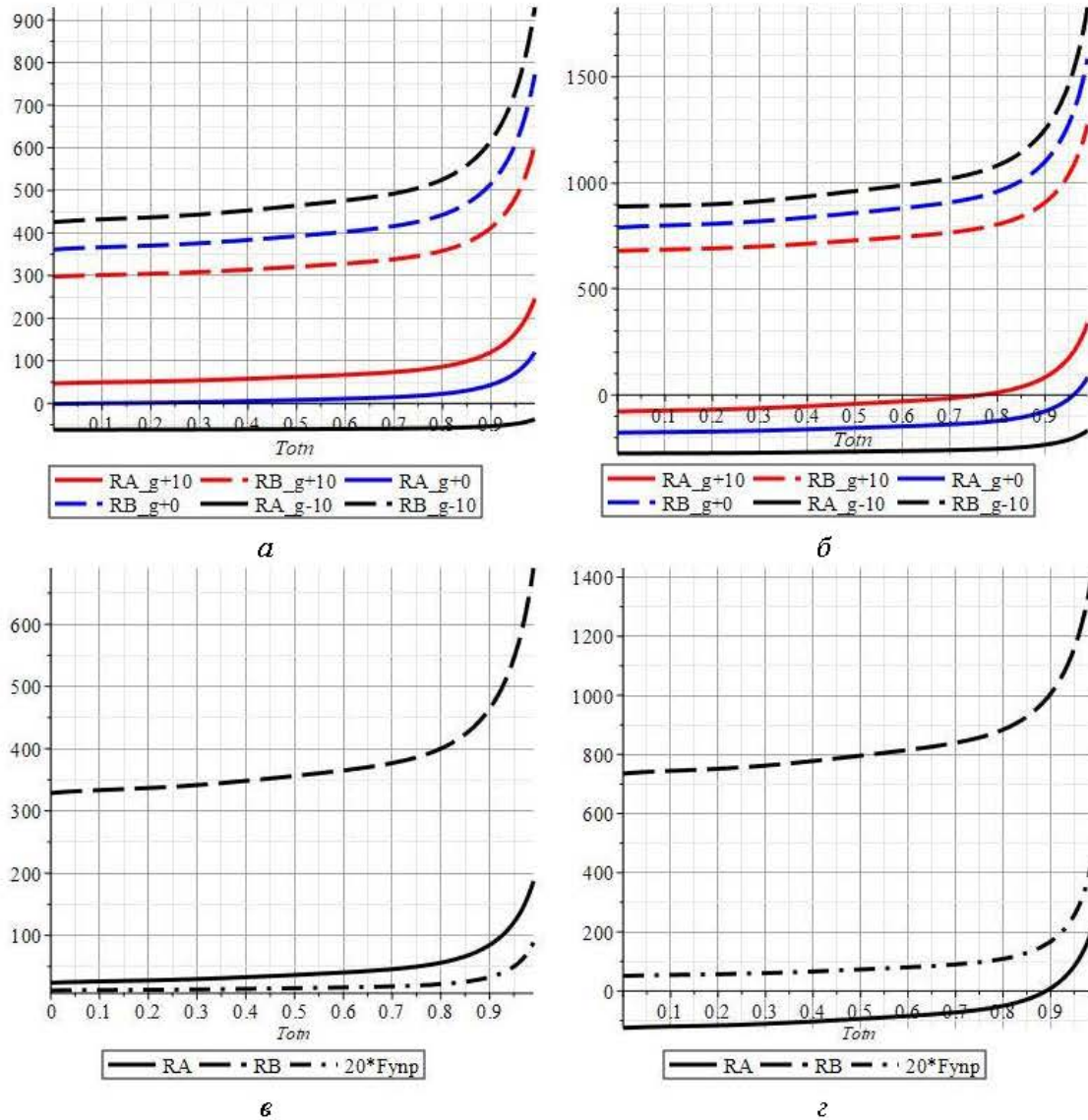


Рис. 2. Зависимости $R_A = f(T_{om})$, $R_B = f(T_{om})$ и $F_{yрр} = f(T_{om})$:

a и $в$ – при $S_0 = 0,05$ мм/об; $б$ и $г$ – при $S_0 = 0,15$ мм/об;

a и $б$ – при $\gamma = -10^\circ, 0, +10^\circ$; $в$ и $г$ – при $\gamma = +5^\circ$

Для настройки узла саморегулирования $M_{yрр}(\gamma)$ (4) и (5) на весь диапазон изменения подачи на оборот ($S_0 = 0,05 \dots 0,15$ мм/об) на основании зависимостей изменения момента поворота режущего клина по мере заглубления инструмента в заготовку $M_{пз}(\gamma, T_{om})$ (рис. 3, a) были выбраны следующие координаты точек $M_{yрр}(\gamma)$: $\gamma_{max} = 15,0^\circ$; $\gamma_{min} = 0^\circ$ и $M_{пз}^{max}(\gamma, T_{om})|_{T_{om}=0,95} = 0,16$; $M_{пз}^{min}(\gamma, T_{om})|_{T_{om}=0} = 0,01$. С их помощью на основании выражения (5) получены значения $X_0 = 0$; $C_{np} = 644,0$ Н/м. Путем решения нелинейного уравнения $M_{пз}(\gamma, T_{om}) - M_{yрр}(\gamma) = 0$ (см. рис. 3, a) получена зависимость управляемого изменения угла поворота сектора по мере заглубления инструмента в заготовку $\gamma_{yрр}(T_{om})$ (рис. 3, $б$), реализующая принцип саморегулирования в диапазоне $S_0 = 0,05 \dots 0,15$ мм/об.

Из приведенных графиков (рис. 3, $в$ и $г$) видно, что использование выбранной настройки $M_{yрр}(\gamma)$ узла саморегулирования позволяет при $S_0 = 0,15$ мм/об уменьшить силы резания $P_z = f(T_{om})$, $P_x = f(T_{om})$ на финише операции на 15...20%. При этом реакция на опоре A возрастает, а на опоре B уменьшается.

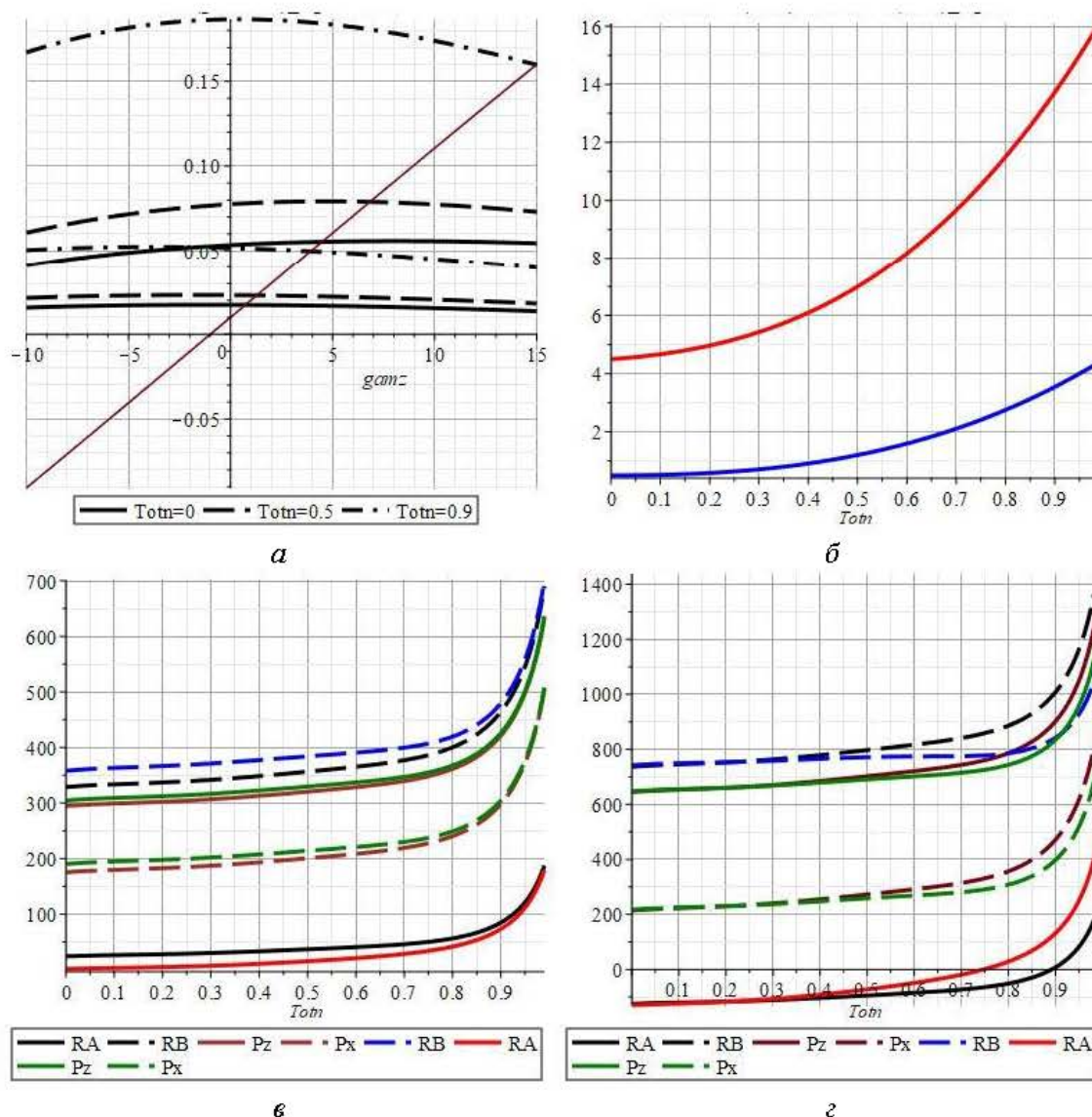


Рис. 3. Результаты моделирования силовых характеристик при постоянной настройке узла саморегулирования:

а – моментов нагрузки $M_{нз}(\gamma, T_{отн})$ и момента управления $M_{упр}(\gamma)$; **б** – углов поворота сектора $\gamma_{упрO}(T_{отн})$;

в и **г** – реакции опор $R_A = f(T_{отн})$, $R_B = f(T_{отн})$ и составляющие сил резания $P_z = f(T_{отн})$, $P_x = f(T_{отн})$;

в – для $S_0 = 0,05$ мм/об; **г** – для $S_0 = 0,15$ мм/об;

$\gamma = +5^\circ$ – черный, коричневый; $\gamma = \gamma_{упр}(T_{отн})$ – красный, синий, зеленый

Можно видеть, что на малых значениях подачи на оборот ($S_0 = 0,05$ мм/об) при определенной выше настройке $M_{упр}(\gamma)$ саморегулирование практически не оказывает влияния на силы резания на финише операции и даже приводит к незначительному их увеличению на большей части врезания инструмента в заготовку (рис. 3, в).

В связи с этим было проведено моделирование силовых характеристик при различных значениях настройки узла саморегулирования: $M_{упр1}(\gamma)$ при $S_0 = 0,05$ мм/об и $M_{упр2}(\gamma)$ при $S_0 = 0,15$ мм/об. Результаты моделирования приведены на рис. 4.

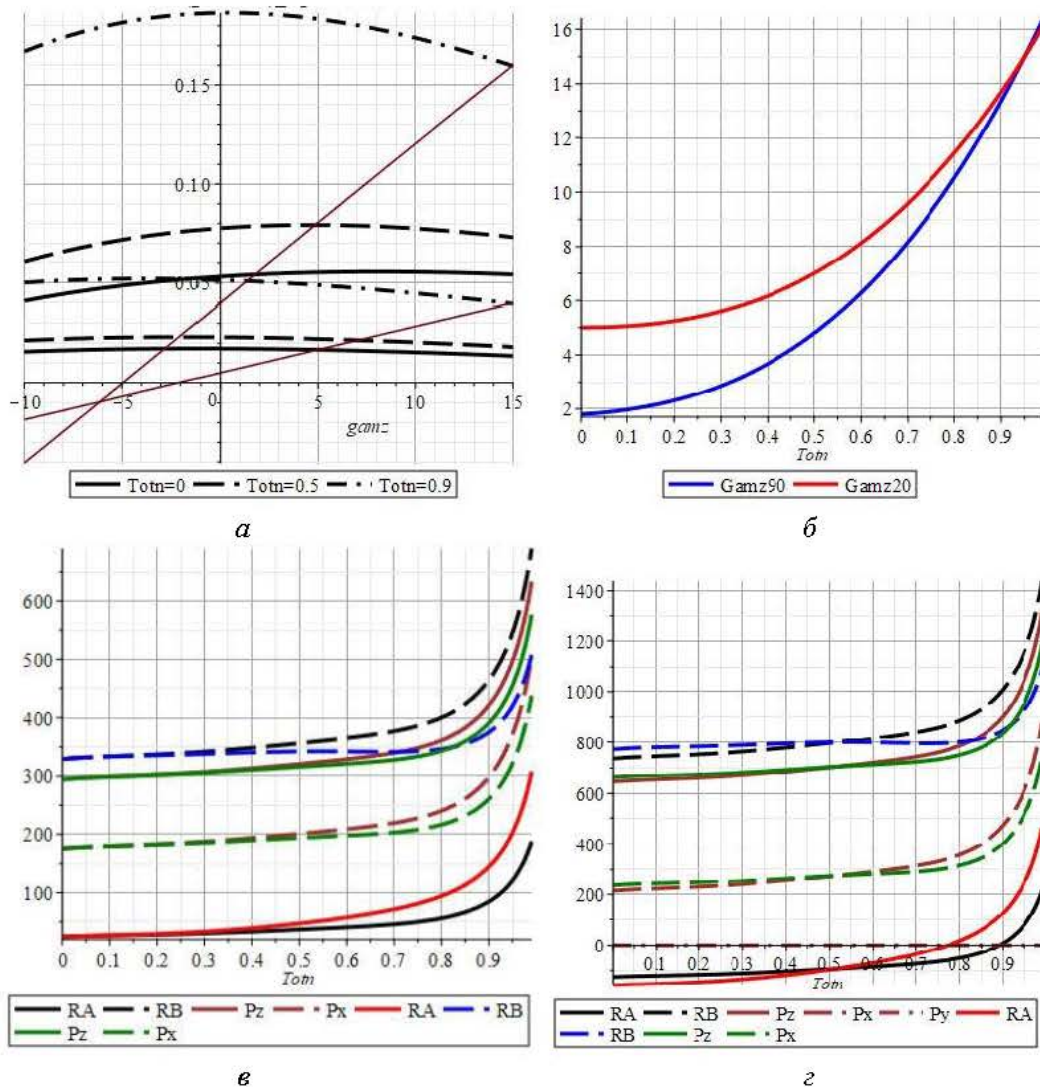


Рис. 4. Результаты моделирования силовых характеристик при различных значениях настройки узла саморегулирования:

a – момента нагрузки $M_{п3}(\gamma, T_{отн})$, моментов управления $M_{упр1}(\gamma)$, $M_{упр2}(\gamma)$; $б$ – углов поворота сектора $\gamma_{упр1}(T_{отн})$, $\gamma_{упр2}(T_{отн})$; $е$ и z – реакции опор $R_A = f(T_{отн})$, $R_B = f(T_{отн})$ и составляющие сил резания $P_z = f(T_{отн})$, $P_x = f(T_{отн})$;
 $е$ – для $S_0 = 0,05$ мм/об; z – для $S_0 = 0,15$ мм/об;
 $\gamma = +5^\circ$ – черный, коричневый; $\gamma = \gamma_{упр}(T_{отн})$ – красный, синий, зеленый

По аналогии с предыдущими рассуждениями по зависимостям $M_{п3}(\gamma, T_{отн})$ определены значения параметров $X_{01} = 0,008$ м, $C_{упр1} = 150,3$ Н/м для $M_{упр1}(\gamma)$ и $X_{02} = 0,01$ м, $C_{упр2} = 515,1$ Н/м для $M_{упр2}(\gamma)$. На основании решения нелинейных уравнений $M_{п3}(\gamma, T_{отн}) - M_{упр}(\gamma) = 0$ (рис. 4, а) получены зависимости управляемого изменения угла поворота сектора по мере заглубления инструмента в заготовку $\gamma_{упр1}(T_{отн})$ и $\gamma_{упр2}(T_{отн})$ (рис. 4, б), реализующие принцип саморегулирования для $S_0 = 0,05$ мм/об и $S_0 = 0,15$ мм/об соответственно.

Результаты изменения настроек узла саморегулирования $M_{упр2}(\gamma)$ для $S_0 = 0,15$ мм/об (рис. 4, z) существенно отличаются от результатов, приведенных на рис. 4, e. Изменение настроек узла саморегулирования $M_{упр1}(\gamma)$ для $S_0 = 0,05$ мм/об (см. рис. 4, e) привело на финише операции к уменьшению при $T_{отн} > 0,6$ составляющих силы резания $P_z = f(T_{отн})$, $P_x = f(T_{отн})$ на 50...70 Н. В то же время при

$T_{отн} > 0,4$ реакция опоры $R_A = f(T_{отн})$ увеличилась, реакция опоры $R_B = f(T_{отн})$ уменьшилась, например, при $T_{отн} = 0,98$ на 120 и 200 Н соответственно.

Проведенные исследования показали, что узел саморегулирования, приведенный на рис. 1, не может обеспечить одинакового качества управления передним углом режущего клина по мере его заглубления в заготовку на операциях отрезки для различных условий обработки. Предложенное техническое решение требует поднастройки узла при изменении, например, подачи на оборот, что практически невозможно в оперативном режиме. Это показывает, что для стабилизации сил резания в желаемом диапазоне на операции отрезки глубины регулирования переднего угла режущего клина, технически реализуемой в рассмотренном устройстве, совершенно недостаточно.

С учетом того, что погрешность установки резца относительно оси обрабатываемой заготовки оказывает влияние на его кинематический передний угол и силы резания [10], проведен анализ влияния ее изменения на распределение сил в предложенной конструкции резца (см. рис. 1). Результаты моделирования при установке резца выше оси на $h_d = 0,3 \cdot S_o$ приведены на рис. 5.

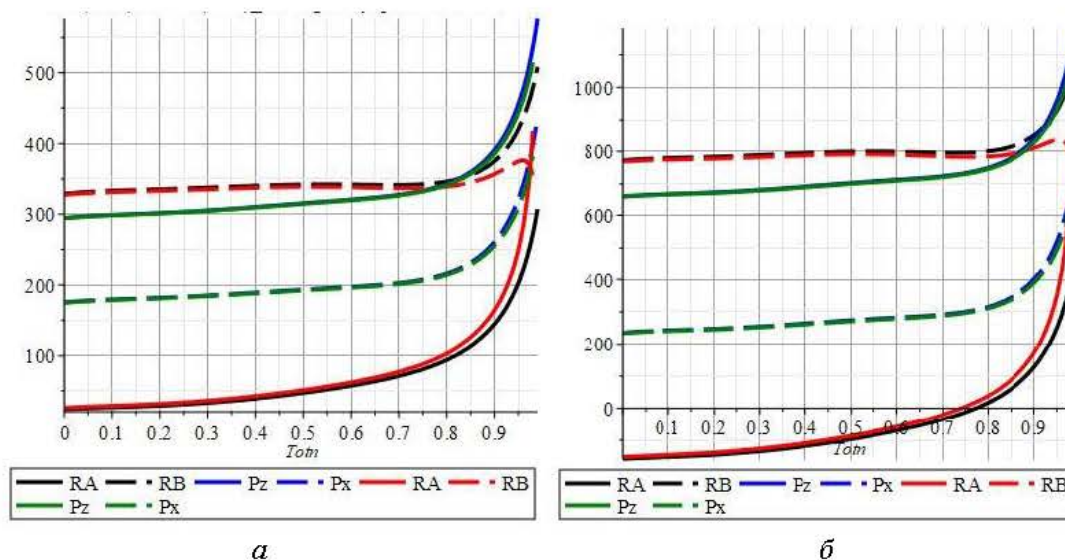


Рис. 5. Зависимости $R_A = f(T_{отн})$, $R_B = f(T_{отн})$, $P_z = f(T_{отн})$, $P_x = f(T_{отн})$:

a – для $S_o = 0,05$ мм/об; b – для $S_o = 0,15$ мм/об;

$h_d = 0$ – черный, синий; $h_d = 0,3 \cdot S_o$ – красный, зеленый

Из анализа приведенных графиков можно сделать вывод, что смещение резца вверх относительно оси детали практически не сказывается на составляющих сил резания. В то же время на финише операции $T_{отн} = 0,98$ реакция на верхней опоре $R_A = f(T_{отн})$ увеличивается, а на нижней опоре $R_B = f(T_{отн})$ уменьшается при $S_o = 0,05$ мм/об на 120 и 150 Н, при $S_o = 0,15$ мм/об – на 220 и 210 Н соответственно. Наблюдается практически стабилизация реакции на нижней опоре на уровне 320 и 800 Н.

На основании проведенных исследований установлено, что предложенное техническое решение «интеллектуального» инструмента для управления процессом резания по переднему углу режущего клина на операциях отрезки технически реализуемо. Однако оно может быть эффективно использовано только в узком диапазоне изменения режимов резания, что связано с применением принципа саморегулирования, основанного на упругом элементе, определяющем угловое положение режущего клина в зависимости от нагрузки на него. Для использования предлагаемого подхода в более широком диапазоне изменения условий резания необходимо совместить регулирование переднего угла и подачи на основе принципов робастного управления. Поскольку канал управления передним углом в связи с малыми усилиями и подвижными массами обладает высоким быстродействием, то наибольший результат от его применения следует ожидать на частотах управления, соизмеримых с частотами образования сегментов стружки. Для моделирования таких процессов управления необходимо использовать ранее предложенные авторами дискретные модели процесса резания [13, 14].

Список литературы

- 1 Sellmer, D. High-performance processing by means of the “intellektualnyq” cutting tools / D. Sellmer // Werkstatt und Betrieb. – 2001. – No. 3. – P. 38–40.
- 2 Шадский, Г. В. Принципы регулирования направления вектора внешнего воздействия при лезвийном разрушении материала в режиме реального времени / Г. В. Шадский, В. С. Сальников, О. А. Ерзин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 10. – С. 585–590. – ISSN 2071-6168.
- 3 Шадский, Г. В. Перспективы управления кинематическими углами режущего клина на операциях точения / Г. В. Шадский, В. С. Сальников, О. А. Ерзин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – Вып. 12. – С. 342–349. – ISSN 2071-6168.
- 4 Шадский, Г. В. Анализ технических возможностей кинематическими углами режущего клина при точении / Г. В. Шадский, В. С. Сальников, О. А. Ерзин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – Вып. 12. – С. 360–367. – ISSN 2071-6168.
- 5 Патент RU2741397C1. Резец с изменяемым передним углом / Г. В. Шадский, В. С. Сальников, О. А. Ерзин. – № RU2020129113A ; заявл. 02.09.2020 ; опубл. 25.01.2021.
- 6 Сальников, В. С. Анализ конструкторского решения «интеллектуального» режущего инструмента с управляемым передним углом / В. С. Сальников, Г. В. Шадский, О. А. Ерзин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – Вып. 10. – С. 400–406. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-10-400-406.
- 7 Шадский, Г. В. Синтез системы управления передним углом режущего клина при точении / Г. В. Шадский, В. С. Сальников, О. А. Ерзин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – Вып. 8. – С. 313–322. – DOI 10.24412/2071-6168-2021-8-313-322.
- 8 Шадский, Г. В. Робастное управление передним углом режущего клина при точении / Г. В. Шадский, В. С. Сальников, О. А. Ерзин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – Вып. 8. – С. 297–302. – DOI 10.24412/2071-6168-2021-8-297-302.
- 9 Шадский, Г. В. Параметризация системы управления передним углом режущего клина для операций точения / Г. В. Шадский, В. С. Сальников, О. А. Ерзин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – Вып. 9. – С. 620–629. – DOI 10.24412/2071-6168-2021-9-620-629.

References

- 1 Sellmer, D. High-performance processing by means of the “intellektualnyq” cutting tools / D. Sellmer // Werkstatt und Betrieb. – 2001. – No. 3. – P. 38–40.
- 2 Shadskiy, G. V. Principles of regulation of the external impact vector direction at blade material destruction in real time mode / G. V. Shadskiy, V. S. Salnikov, O. A. Erzin // Proceedings of the Tula State University. Technical Sciences. – 2018. – No. 10. – P. 585–590. – ISSN 2071-6168.
- 3 Shadsky, G. V. Prospects of controlling the kinematic angles of the cutting wedge at turning operations / G. V. Shadsky, V. S. Salnikov, O. A. Erzin // Proceedings of the Tula State University. Technical Sciences. – 2019. – Issue. 12. – P. 342–349. – ISSN 2071-6168.
- 4 Shadsky, G. V. Analysis of technical possibilities by kinematic angles of a cutting wedge at turning / G. V. Shadsky, V. S. Salnikov, O. A. Erzin // Proceedings of the Tula State University. Technical Sciences. – 2019. – Issue. 12. – P. 360–367. – ISSN 2071-6168.
- 5 Patent RU2741397C1. Cutter with variable front angle / G. V. Shadsky, V. S. Salnikov, O. A. Erzin. – No. RU2020129113A ; application form 09.02.2020 ; published 01/25/2021.
- 6 Salnikov, V. S. Analysis of the design solution of the “intellectual” cutting tool with a controlled front angle / V. S. Salnikov, G. V. Shadskiy, O. A. Erzin // Proceedings of the Tula State University. Technical Sciences. – 2022. – Issue. 10. – P. 400–406. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-10-400-406.
- 7 Shadskiy, G.V. Synthesis of the control system of the cutting wedge front angle at turning / G. V. Shadskiy, V. S. Salnikov, O. A. Erzin // Proceedings of the Tula State University. Technical sciences. – 2021. – Issue. 8. – P. 313–322. – DOI 10.24412/2071-6168-2021-8-313-322.
- 8 Shadskiy, G. V. Robust control of the cutting wedge front angle during turning / G. V. Shadskiy, V. S. Salnikov, O. A. Erzin // Proceedings of the Tula State University. Technical Sciences. – 2021. – Issue. 8. – P. 297–302. – DOI 10.24412/2071-6168-2021-8-297-302.
- 9 Shadskiy, G. V. Parametrization of the control system of the cutting wedge front angle for turning operations / G. V. Shadskiy, V. S. Salnikov, O. A. Erzin // Proceedings of the Tula State University. Technical Sciences. – 2021. – Issue. 9. – P. 620–629. – DOI 10.24412/2071-6168-2021-9-620-629.

- 10 Сальников, В. С. Перспективы управления передним углом режущего клина при технологической обусловленности изменения скорости резания / В. С. Сальников, Г. В. Шадский, О. А. Ерзин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 12. – С. 276–284. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-12-276-277.
- 11 Силин, С. С. Методы подобия при резании материалов / С. С. Силин. – Москва : Машиностроение, 1979. – 162 с.
- 12 Безъязычный, В. Ф. Расчет режимов резания : учебное пособие / В. Ф. Безъязычный, И. Н. Аверьянов, А. В. Кордюков. – Рыбинск : РГАТА, 2009. – 185 с.
- 13 Шадский, Г. В. Дискретная модель движения стружки по передней поверхности режущего клина / Г. В. Шадский, О. А. Ерзин, В. С. Сальников // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – Вып. 11. – Ч. 2. – С. 553–560. – ISSN 2071-6168.
- 14 Shadskii, G. V. Dynamic Aspects of Chip Formation / G. V. Shadskii, O. A. Erzin, S. V. Salnikov // Russian Engineering Research. – 2018. – Vol. 38. – No. 2. – P. 130–134.
- 10 Salnikov, V. S. Prospects of the cutting wedge front angle control at technological conditionality of the cutting speed change / V. S. Salnikov, G. V. Shadskiy, O. A. Erzin // Proceedings of the Tula State University. Technical Sciences. – 2023. – No. 12. – P. 276–284. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-12-276-277.
- 11 Silin, S. S. Similarity methods in cutting of materials / S. S. Silin. – Moscow : Mashinostroenie, 1979. – 162 p.
- 12 Bezyazichny, V. F. Calculation of cutting modes : tutorial / V. F. Bezyazichny, I. N. Averyanov, A. V. Kordyukov. – Rybinsk : RSATA, 2009. – 185 p.
- 13 Shadskiy, G. V. Discrete model of a chip motion on the front surface of a cutting wedge / G. V. Shadskiy, O. A. Erzin, V. S. Salnikov // Proceedings of the Tula State University. Technical Sciences. – 2016. – Issue. 11. – Part 2. – P. 553–560. – ISSN 2071-6168.
- 14 Shadskii, G. V. Dynamic Aspects of Chip Formation / G. V. Shadskii, O. A. Erzin, S. V. Salnikov // Russian Engineering Research. – 2018. – Vol. 38. – No. 2. – P. 130–134.

O. A. Erzin

ANALYSIS OF THE DESIGN SOLUTION OF AN “INTELLIGENT” CUTTING TOOL FOR TURNING OPERATIONS

Abstract. The invention proposes a design implementing the principle of self-regulation with the help of an elastic element which improves its value at increasing cutting forces, for working out the technical solution of the “intelligent” tool with control of the front angle of the cutting wedge for section turning operations. It is considered the results of simulating conditions of equilibrium of forces acting on cutter rotary sector with variable front angle at section operations. The technical feasibility of the proposed technical solution with front angle self-regulation has been confirmed. The recommendations on selection of parameters of self-adjustment unit are obtained. It is determined the conditions of most effective use of proposed cutter device. The technical feasibility of the proposed technical solution for an “intelligent” tool for controlling the cutting process along the front angle of the cutting wedge during cutting operations has been confirmed.

Keywords: intelligent” tool, cutting operations, modeling, force equilibrium condition, rotary sector, support reactions, control torque.

For citation: Erzin, O. A. Analysis of the design solution of an “intelligent” cutting tool for turning operations / O. A. Erzin // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 1. – P. 196–204. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_1_196.

Сведения об авторе

Ерзин Олег Александрович
Тульский государственный университет
(ТулГУ),
кафедра «Промышленная автоматика и робототехника»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail:erzin79@mail.ru

Information about the author

Erzin Oleg Alexandrovich
Tula State University (TulSU),
Chair «Industrial Automation
and Robotics»,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: erzin79@mail.ru