

Информационно-коммуникационные технологии

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-15>

UDC: 681.5.042:621.9

IRSTI: 55.53.03

Разработка алгоритмов вычислений для новой технологии обработки нежестких валов

¹Тусупова Б.Б., ^{*2}Шакенова Ж.Н., ²Карлинская М.А.¹НАО Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан²Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б.Гончарова, г. Алматы, Казахстан*Автор-корреспондент e-mail: milya_scorpion@mail.ru**Аннотация**

В приведенной статье рассматривается, как определить минимальный прогиб нежесткого вала при финишной его обработке на токарно-винторезном станке 16К20. Формула (1) определяет основную силу резания с заданными параметрами $P_y = C_{py} \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$. Проведя математическое преобразование, были получены формулы (2,3) $y = \frac{P_y}{48 \cdot E \cdot J_x} \cdot \left[4 \cdot Z^3 - 8 \cdot \left(Z - \frac{1}{2} \right)^3 - 3 \cdot l^2 \cdot Z \right]$ и $y = \frac{P_y}{48 \cdot E \cdot J_x} \cdot [4 \cdot Z^3 - 3 \cdot l^2 \cdot Z]$, которые позволяют при расчете установить прогибы в разных точках детали. Чтобы выяснить силу резания в этих точках детали, требовалось еще раз выполнить преобразование формул (2,3), для получения математических выражений (4) $P_y = \frac{y \cdot 48 \cdot E \cdot J_x}{(4 \cdot Z^3 - 8 \cdot (Z - \frac{L}{2})^3 - 3 \cdot L^2 \cdot Z)}$ и $P_y = \frac{y \cdot 48 \cdot E \cdot J_x}{(4 \cdot Z^3 - 3 \cdot L^2 \cdot Z)}$ (5). При чистовой обработке детали для исключения погрешностей необходимо было обеспечить соответствующие значения силы резания и подачи инструмента в различных точках детали с заданным шагом, чтобы минимальный прогиб вала оставался постоянным по всей длине. Следовательно, для этого была проведена замена переменных в формуле (1) и в результате решения обратной задачи получили математическое выражение $S^y = \frac{P_y}{C_{py} \cdot t^x \cdot V^n \cdot K_p}$. С целью повышения эффективности работы и снижения временных затрат были разработаны взаимосвязанные алгоритмы. Первый алгоритм предназначен для определения минимального прогиба вала, на основе чего во втором алгоритме рассчитываются силы резания и подача инструмента таким образом, чтобы обеспечить постоянство минимального прогиба вдоль всей длины обрабатываемого изделия. Разработанные алгоритмы могут быть использованы в новой технологии обработки нежестких валов по I контуру. Автоматизированная система регулирования подачи инструмента, реализованная в данной технологии, является универсальной и может быть эффективно адаптирована к обработке нежестких валов из различных материалов и с разными геометрическими параметрами.

Ключевые слова: нежесткий вал, чистовая обработка, сила резания, подача инструмента, минимальный прогиб, автоматическая система управления, алгоритм.

Информация об авторах:

Тусупова Б.Б. К.т.н., доцент НАО «АУЭС имени Г. Даукеева», г. Алматы, Казахстан, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1924-004X>. E-mail: b.tusupova@aues.kz

Шакенова Ж.Н. Магистр, старший преподаватель, КазАДИ им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7801-4619>. E-mail: milya_scorpion@mail.ru

Карлинская М.А. Магистр, старший преподаватель, КазАДИ им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-2725-0305> E-mail: m_kar@mail.ru

Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-15>

ӘОЖ: 681.5.042:621.9

FTAMP: 55.53.03

Қатты емес біліктерді өндеудің жаңа технологиясы үшін есептеу алгоритмдерін әзірлеу

¹Тусупова Б.Б., ²Шакенова Ж.Н., ²Карлинская М.А.¹Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті ҰАО
Алматы қ., Қазақстан²Л.Б.Гончаров ат. Қазақ автомобиль-жол институті, Алматы, Қазақстан* Автор-корреспондент: e-mail: milya_scorpion@mail.ru**Түйіндеме**

Мақалада 16К20 бұрандалы кескіш станокта соңғы өндеу кезінде қатты емес біліктің ең аз ауытқуын қалай анықтау керектігі қарастырылады. (1) формула

$$P_y = C_{py} \cdot t_x \cdot S_y \cdot V_n \cdot K_p$$

берілген параметрлермен негізгі кесу күшін анықтайды. Математикалық түрлендіруді жүргізгеннен кейін формулалар (2,3) алынды $y = \frac{P_y}{48 \cdot E \cdot J_x} \cdot \left[4 \cdot Z^3 - 8 \cdot \left(Z - \frac{L}{2} \right)^3 - 3 \cdot L^2 \cdot Z \right]$ и $y = \frac{P_y}{48 \cdot E \cdot J_x} \cdot [4 \cdot Z^3 - 3 \cdot L^2 \cdot Z]$, бұл есептеу кезінде бөліктің әртүрлі нүктелерінде ауытқуларды орнатуға мүмкіндік береді. Бөлшектің осы нүктелеріндегі кесу күшін анықтау үшін математикалық өрнектерді (4) алу үшін (2,3) формулаларды түрлендіруді тағы бір рет орындау қажет болды $P_y = \frac{y \cdot 48 \cdot E \cdot J_x}{\left(4 \cdot Z^3 - 8 \cdot \left(Z - \frac{L}{2} \right)^3 - 3 \cdot L^2 \cdot Z \right)}$ и $P_y = \frac{y \cdot 48 \cdot E \cdot J_x}{(4 \cdot Z^3 - 3 \cdot L^2 \cdot Z)}$ (5). Бөлшекті әрлеу кезінде қателерді

болдырмау үшін біліктің минималды ауытқуы бүкіл ұзындықта тұрақты болып қалуы үшін біліктің әр түрлі нүктелерінде құралды кесу және беру күшінің тиісті мәндерін қамтамасыз ету қажет болды. Демек, бұл үшін (1) формуладағы айнымалылар ауыстырылды және кері есепті шешу нәтижесінде математикалық өрнек алынды $S_y = \frac{P_y}{C_{py} \cdot t_x \cdot V_n \cdot K_p}$. Жұмыс тиімділігін арттыру және уақыт шығындарын азайту мақсатында өзара байланысты Алгоритмдер жасалды. Бірінші алгоритм біліктің минималды иілуін анықтауға арналған, оның негізінде екінші алгоритм кесу күштерін есептейді және құралдың берілуі өндөлетін өнімнің бүкіл ұзындығы бойынша минималды иілудің тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Әзірленген алгоритмдерді I тізбек бойынша қатты емес біліктерді өндеудің жаңа технологиясында қолдануға болады. Осы технологияда іске асырылған құралды беруді реттеудің автоматтандырылған жүйесі әмбебап болып табылады және әртүрлі материалдардан және әртүрлі геометриялық параметрлерден қатты емес біліктерді өндеуге тиімді бейімделуі мүмкін.

Түйін сөздер: қатты емес білік, таза өндеу, кесу күші, құралды беру, минималды ауытқу, автоматты басқару жүйесі, алгоритм.

Авторлар туралы ақпарат:

Т.ә.к., Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті ҰАО IT-инженерия және жасанды интеллект кафедрасының доценті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1924-004X>. E-mail: b.tusupova@aues.kz

Тусупова Б.Б.

Магистр, аға оқытушы, Л.Б.Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институті, Алматы қ., Қазақстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7801-4619>. E-mail: milya_scorpion@mail.ru

Шакенова Ж.Н.

Магистр, аға оқытушы, Л.Б.Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институті, Алматы қ., Қазақстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-2725-0305> E-mail: m_kar@mail.ru

Карлинская М.А.

Information and communication technologies

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-15>

UDC: 681.5.042:621.9

IRSTI: 55.53.03

Development of computational algorithms for a new technology of non-rigid shaft processing**¹Tussupova B., ^{*2}Shakenova Z.N., ²Karlinskaya M.A.**¹NAO Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Republic of Kazakhstan²Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B.Goncharov, Almaty, Kazakhstan*Corresponding author e-mail:milva_scorpion@mail.ru**Abstract**

Received:

08 November 2024

Peer-reviewed:

27 November 2024

Accepted:

12 December 2024

The article discusses how to determine the minimum deflection of a non-rigid shaft during its finishing on a 16K20 screw-cutting lathe. Formula (1) defines the main cutting force with the given parameters $P_y = C_{py} \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$. After performing a mathematical transformation, formulas (2,3) were obtained $y = \frac{P_y}{48 \cdot E \cdot J_x}$. $\left[4 \cdot Z^3 - 8 \cdot \left(Z - \frac{L}{2}\right)^3 - 3 \cdot L^2 \cdot Z\right]$ and $y = \frac{P_y}{48 \cdot E \cdot J_x} \cdot [4 \cdot Z^3 - 3 \cdot L^2 \cdot Z]$, which will allow the calculation to establish deflections at different points of the part. To find out the cutting force at these points of the part, it was necessary to once again transform the formulas (2,3) to obtain the mathematical expressions (4) $P_y = \frac{y \cdot 48 \cdot E \cdot J_x}{\left(4 \cdot Z^3 - 8 \cdot \left(Z - \frac{L}{2}\right)^3 - 3 \cdot L^2 \cdot Z\right)}$ and $P_y = \frac{y \cdot 48 \cdot E \cdot J_x}{\left(4 \cdot Z^3 - 3 \cdot L^2 \cdot Z\right)}$ (5). During finishing of the part, in order to eliminate errors, it was necessary to ensure the appropriate values of the cutting force and tool feed at different points of the part with a given step so that the minimum deflection of the shaft remained constant along the entire length. Therefore, for this purpose, the variables were replaced in formula (1) and as a result of solving the inverse problem, the mathematical expression $S^y = \frac{P_y}{C_{py} \cdot t^x \cdot V^n \cdot K_p}$ was obtained. Interrelated algorithms were developed to improve work efficiency and reduce time costs. The first algorithm is designed to determine the minimum shaft deflection, based on which the second algorithm calculates the cutting forces and tool feed in such a way as to ensure the constancy of the minimum deflection along the entire length of the workpiece. The developed algorithms can be used in a new technology for processing non-rigid shafts along the first contour. The automated tool feed control system implemented in this technology is universal and can be effectively adapted to the processing of non-rigid shafts made of various materials and with different geometric parameters.

Keywords: non-rigid shaft, finishing, cutting force, tool feed, minimum deflection, automatic control system, algorithm.

Information about authors:

Tussupova B. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of IT Engineering and Artificial Intelligence, NAO Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Republic of Kazakhstan, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1924-004X>. E-mail: b.tusupova@aues.kz

Shakenova Z.N. Master of Engineering Sciences, Senior Lecturer, Kazakh Automobile and Road Institute named after Goncharova, Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7801-4619>. E-mail: milva_scorpion@mail.ru

Karlinskaya M.A. Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, Kazakh Automobile and Road Institute named after Goncharova, Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-2725-0305> E-mail: m_kar@mail.ru

Введение

Информационные технологии считаются одним из важнейших направлений в развитии машиностроительного производства Республики Казахстан. Внедрение современных информационных технологий значительно влияют на эффективность и производительность труда, на повышение качества изготовленной продукции на станках, безопасность и на коэффициент использования оборудования, а в некоторых случаях, позволяет интенсифицировать режим станочного оборудования. В машиностроительном производстве обширно используют детали типа «тел вращения» (кольца, шкивы, фланцы, стержни, барабаны, валы, тонкостенные цилиндры). Данные детали отличаются между собой по структуре, размерами, физико-химическим составом, а также по служебному предписанию. У деталей валов длина намного больше диаметра $L > d$, детали цилиндры и стаканы их диаметры и длина имеют одинаковые размеры $L = d$, а у деталей типа дисков, фланцев длина меньше диаметра $L < d$.

В процессе обработки нежестких валов возникают трудности, которые связаны с неизвестностью заготовки и требуют специальной оснастки, выбора не производительных режимов резания для уменьшения влияния упругих деформаций на точность токарной обработки. Токарная обработка нежестких валов является наиболее трудоемкой операцией. Поэтому для разработки новой технологии обработки нежестких валов путем автоматической стабилизацией величины упругих деформаций технологической системы по длине детали за счет регулирования режимов резания: подачи инструмента и скорости резания с возможностью обработать нежесткий вал за один проход является актуальной научно-технической задачей.

Цель работы: разработать алгоритм вычисления минимального прогиба вала и алгоритм вычисления зависимости силы резания P_y от подачи S при чистовой обработке по каждым точкам заготовки с заданным шагом.

Методы

В процессе токарной (чистовой) обработки на резец действуют силы резания, которые разлагаются на три составляющие P_x , P_y , P_z [1]:

- осевая составляющая P_x равна сопротивлению обрабатываемого металла врезанию резца в направлении подачи S и действующих в этом направлении сил трения;
- радиальная составляющая P_y силы резания изгибает обрабатываемую заготовку в горизонтальной плоскости;
- вертикальная (главная) составляющая силы резания P_z равна суммарному действию сил сопротивления металла в направлении оси Z .

На рисунке 1 отображена схема составляющих сил резания при точении детали [2-4].

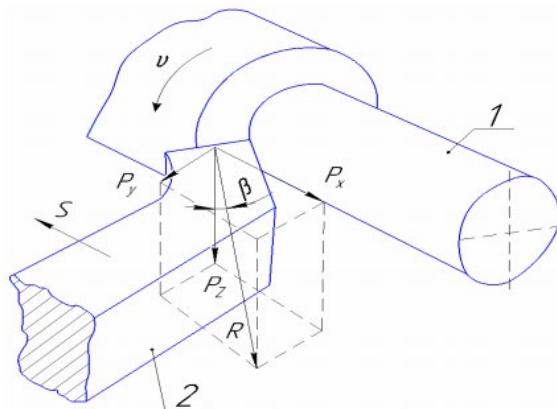


Рисунок 1. Разложение равнодействующей силы резания R на три составляющие P_x , P_y , P_z : 1 – обрабатываемая деталь; 2 – резец [2]

Следует отметить, если вылет резца l , будет большим, то соответственно и возрастет изгибающий момент, $M_{изг}=P_z \cdot l$, тогда и сечение державки резца должно быть большим. Чтобы от действия сил P_y и P_x , не было смещения резца, должно быть прочное закрепление его в резцодержателе[1, с.124].

Напряжения, вызываемые в державке инструмента от сил P_x , P_y , P_z , не должны превышать напряжений, допускаемых материалом державки на его прочность и жесткость. На практике принято рассчитывать резец только на плоский изгиб по силе P_z без учета деформаций от сил P_y и P_x [1, с.125].

Три указанные составляющие взаимно перпендикулярны, поэтому величина и направление равнодействующей силы R определяется как диагональ параллелепипеда [2, с.98]:

$$R = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}.$$

Для решения данной задачи, возьмем из 1 группы: бесступенчатый вал – сплошной вал без переходов. Технические характеристики: сталь 45, ГОСТ 1050-88; длина $l=240$ мм, диаметр $d=20$ мм [5].

На рисунке 2 представлена деталь вала, подлежащая чистовой обработке на станке 16К20.

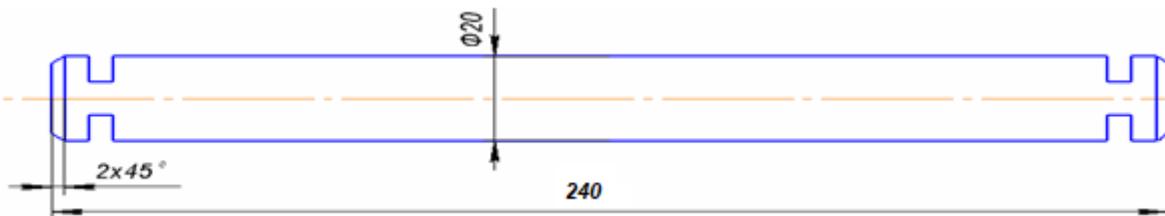


Рисунок 2. Деталь вала для чистовой обработки [5]

Для определения радиальной силы резания используем следующую формулу [6,7]:

$$P_y = C_{py} \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1)$$

где: C_{py} – коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала;

t^x – глубина резания;

S^y – подача инструмента;

V^n – скорость резания;

K_p – общий поправочный коэффициент.

Выведенные в работе [8] математические формулы (2,3) определяют прогиб детали:

$$y = \frac{P_y}{48 \cdot E J_x} \cdot \left[4 \cdot Z^3 - 8 \cdot \left(Z - \frac{l}{2} \right)^3 - 3 \cdot l^2 \cdot Z \right] \quad (2)$$

$$y = \frac{P_y}{48 \cdot E J_x} \cdot [4 \cdot Z^3 - 3 \cdot l^2 \cdot Z] \quad (3)$$

где: E – модуль Юнга;

J_x – момент инерции.

Для определения силы резания в разных точках заготовки, проведем преобразования формул (2,3) и получим формулы (4,5).

$$P_y = \frac{y \cdot 48 \cdot E \cdot J_x}{\left(4 \cdot Z^3 - 8 \cdot \left(Z - \frac{l}{2} \right)^3 - 3 \cdot l^2 \cdot Z \right)} \quad (4)$$

$$P_y = \frac{y \cdot 48 \cdot E \cdot J_x}{(4 \cdot Z^3 - 3 \cdot L^2 \cdot Z)} \quad (5)$$

Момент инерции: $J_x = \frac{\pi d^4}{64}$.

Для нахождения общего поправочного коэффициента K_p найдем их по следующим таблицам [7,9-11]:

- учитывающий главный угол в плане $\varphi=45^0$; $K_\varphi=1,0$;
- учитывающий передний угол в плане $\gamma=0^0$; $K_\gamma=1,4$;
- учитывающий угол наклона главного лезвия $\lambda=0^0$; $K_\lambda=1,0$.
- учитывающие влияния качества обрабатываемого материала:

$$K_\mu = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{640}{750} \right)^{0.75} = 0,89.$$

Общий поправочный коэффициент равен:

$$K_p = K_\varphi \cdot K_\lambda \cdot K_\gamma \cdot K_\mu = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 0,89 = 1,25.$$

$$V = \frac{\pi d N}{1000}, \quad (6)$$

где d – диаметр обрабатываемой детали в мм;

N – число оборотов детали в об/мин.

При чистовом точении детали, чтобы не возникли погрешности, в разных точках заготовки с заданным шагом должна быть соответствующая сила резания и подача, для того чтобы минимальная величина прогиба вала имела постоянную величину.

Проведём замену переменных в формуле (1) и обратной задачей получим выражение (7):

$$S^y = \frac{P_y}{C_{py} \cdot t^x \cdot V^n \cdot K_p}. \quad (7)$$

По полученным формулам разработаем алгоритм вычисления, исходными будут:

- | | | | |
|-------------------------------------|-------------|-------------------------|--------------|
| 1. $S = 0,05$ мм/об; | $y = 0,6$; | 8. $V = 80,32$ м/с; | $n = -0,3$; |
| 2. $C_{py} = 243$; | | 9. $J_x = 7853,98$ мм; | |
| 3. $t = 0,2$ мм; | $x = 0,9$; | 10. $K_\varphi = 1,0$; | |
| 4. $d = 20$ мм; | | 11. $K_\gamma = 1,4$; | |
| 5. $L = 240$ мм; | | 12. $K_\lambda = 1,0$; | |
| 6. $N_{об} = 600$ об/мин.; | | 13. $K_\mu = 0,89$; | |
| 7. $E = 21000$ кг/мм ² ; | | 14. $K_p = 1,25$. | |

Результаты

Разработка алгоритмов вычислений

Для того чтобы выполнить поставленную задачу и получить нужный результат, необходимо будет выполнить последовательность действий, то есть точное предписание, определяющее вычислительный процесс. Алгоритм определяет вычислительный процесс, начинающийся с обработки некоторой совокупности возможных исходных данных и направленный на получение определенных этими исходными данными результатов.

Алгоритм I(схема алгоритма построена согласно ГОСТу [12] и приведена на рисунке 3.). Определение минимального прогиба в процессе финишной обработки нежесткого вала на универсальном станке 16К20.

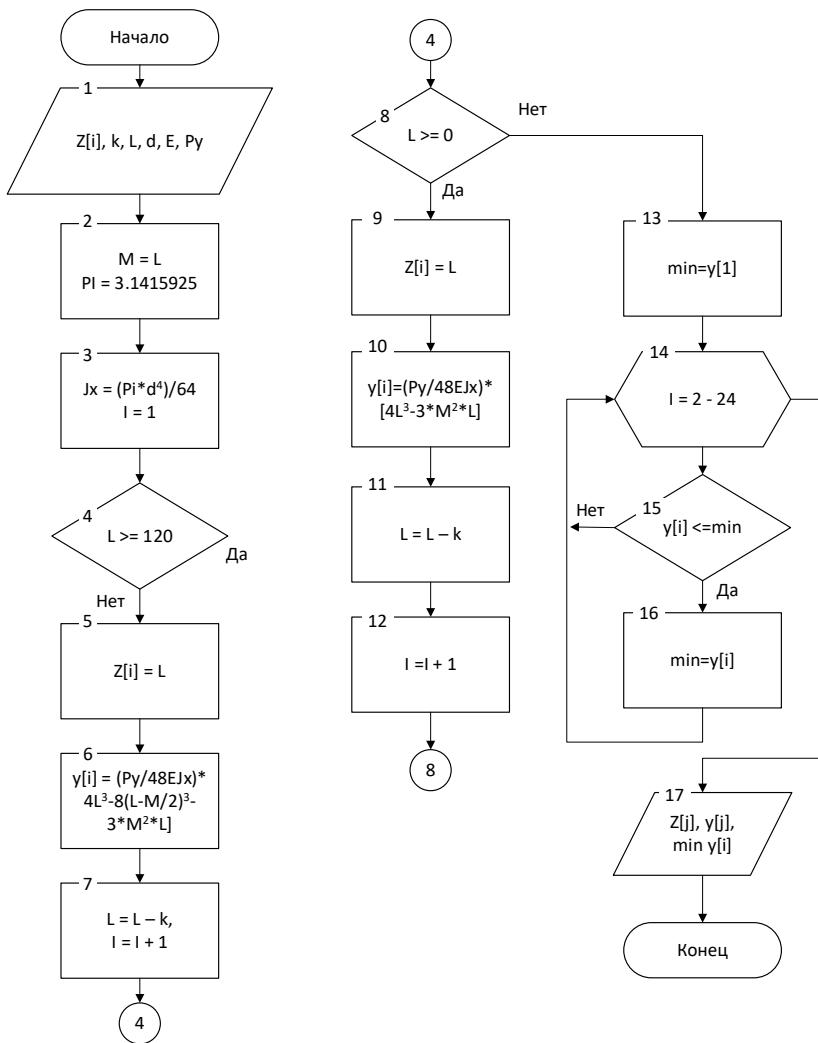


Рисунок 3. Алгоритм определения минимального прогиба по всей длине нежесткого вала
[материалы автора]

Блок 1. Вводим исходные переменные.

Блок 2. Присваиваем значения переменным.

Блок 3. Определяем крутящийся момент.

Блок 4. Проверяется условия для заданного интервала. Условие выполняется, переход на блок 8, если не выполняется, то осуществляется переход на блок 5.

Блок 5. Присваивается элементу массива значение точки.

Блок 6. Определяется прогиб для точек в интервале.

Блок 7. Определяется следующая точка для вычисления в интервале, увеличиваем на шаг элемента массива и переходим на блок 4.

Блок 8. Проверяется условия для заданного интервала. Если условие выполнимо, переходим на блок 9. Если же условие не выполнимо, то переходим на блок 13.

Блок 9. Присваивается элементу массива значение точки.

Блок 10. Определяется прогиб для точек в интервале.

Блок 11. Определяется следующая точка для вычисления в интервале.

Блок 12. Увеличиваем на один шаг элемент массива и переходим на блок 8.

Блок 13. Минимуму присваивается первое значение прогиба вала.

Блоки 14-16. Цикл поиска минимального значения прогиба нежесткого вала в разных точках заготовки с заданным шагом.

Блок 17. Результаты полученных значений и завершение работы алгоритма.

Алгоритм II (схема алгоритма построена согласно ГОСТу [12] и приведена на рисунке 4). Определение зависимости силы резания от подачи инструмента в разных точках нежесткого вала с заданным шагом в процессе финишной обработки на универсальном станке 16К20.

- 1 блок. Вводим необходимые переменные.
- 2 блок. Переменным присваиваются значения.
- 3 блок. Вычисляется значение общего поправочного коэффициента.
- 4 блок. Проверяется условия для заданного интервала. Условие выполняется, переход на 9 блок, если не выполняется, то переход на 5 блок.
- 5 блок. Присваивается элементу массива значение точки.
- 6 блок. Определяется сила резания для точек в интервале.
- 7 блок. Вычисляются значения подачи инструмента в заданных точках интервала.
- 8 блок. Определяется следующая точка для вычисления в интервале, увеличиваем на шаг элемент массива и переходим на 4 блок.
- 9 блок. Проверяется условия для заданного интервала. Если условие выполнимо, переходим на 10 блок. Если же условие не выполнимо, то переходим на 15 блок.
- 10 блок. Присваивается элементу массива значение точки.
- 11 блок. Определяется сила резания для точек в интервале.
- 12 блок. Вычисляются значения подачи инструмента в заданных точках интервала.
- 13 блок. Определяется следующая точка для вычисления в интервале.
- 14 блок. Увеличиваем на один шаг элемент массива и переходим на 9 блок.
- 15 блок. Выдача результатов и завершение работы алгоритма.

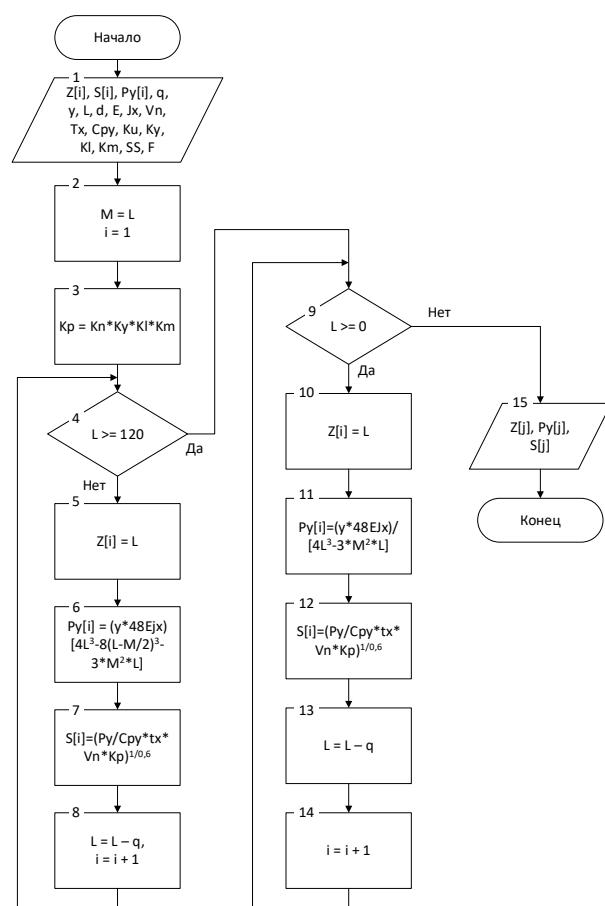


Рисунок 4. Схема алгоритма определения силы резания и подачи S для постоянного значения $y[i]$ [материалы автора]

На рисунке 5 представлена структурная схема автоматической системы управления для обработки нежестких валов по подаче инструмента (S).

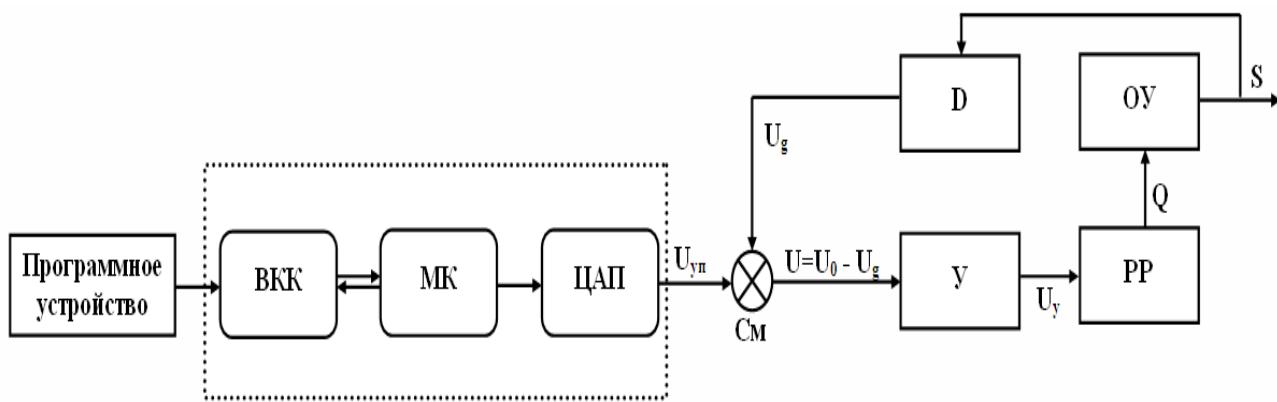


Рисунок 5. Структурная схема для новой технологии обработки нежесткого вала по I контуру [материалы автора]

Обсуждение

Автоматическая система управления состоит из программного устройства, в которую входят следующие компоненты:

1. ВКК – вычислительный комплекс компьютера;
2. МК – микроконтроллер, подающий управляющие сигналы в ЦАП;
3. ЦАП – цифровой аналоговый преобразователь.

Микроконтроллер подает сигналы в преобразователь, в котором они преобразуются в аналоговые сигналы U_0 и поступают в сумматор, туда же поступает электрический сигнал U_g от D – силометрического датчика.

Сигнал рассогласования $U = U_0 - U_g$, в связи с тем, что его мощность не велика, в усилителе (Y) усиливается до значения U_y и с его помощью производится необходимое изменение расхода Q в регуляторе расхода (РР).

Расход Q, поступающий в силовой гидроцилиндр обеспечивает подачу инструмента (S) по заданному алгоритму, обеспечивая тем самым необходимое регулирование радиальной составляющей силы резания таким образом, чтобы прогиб обрабатываемой детали оставался неизменным по всей длине обработки.

Программное устройство выдаёт управляющие сигналы U_o по любому заранее заданному закону в зависимости от вводимых величин: длины, диаметра, модуля упругости обрабатываемой детали, глубины резания и первоначального значения подачи.

Величина радиальной составляющей силы резания P_y измеряется и преобразуется силометрическим датчиком ДСР-1 в электрический сигнал U_g , который по линии обратной связи поступает в сумматор.

Сигнал рассогласования $U = U_0 - U_g$ является управляющим и обеспечивающим контроль силы резания P_y , чтобы её отклонение от заданной величины было минимальным.

Выводы

Таким образом, для того чтобы при финишной обработке нежесткого вала не возникали погрешности, были разработаны взаимосвязанные алгоритмы, в первом из которых

определяется минимальная величина прогиба вала, на основании полученного результата во втором алгоритме определяются силы резания, и подача инструмента для того чтобы минимальная величина прогиба имела постоянное значение по всей длине обрабатываемого изделия. Данные алгоритмы могут быть использованы в новой технологии обработки нежесткого вала по I контуру. Разработанная автоматическая система обработки нежестких валов по подаче инструмента является универсальной, и может быть эффективно переналоженной для обработки нежестких валов с различными материалами и геометрическими размерами.

Конфликт интересов. Корреспондент автор заявляет, что конфликта интересов нет.

Ссылка на данную статью: Шакенова ЖН, Карлинская МА.Разработка алгоритмов вычислений для новой технологии обработки нежестких валов. Вестник Казахского автомобильно-дорожного института = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyn Khabarshysy. 2024; 4(8): 115-125. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-15>

Cite this article as: Shakenova ZN, Karlinskaya MA. Razrabotka algoritmov vychislenij dlya novoj tekhnologii obrabotki nezhestkikh valov [Development of computational algorithms for a new technology of non-rigid shaft processing]. Vestnik Kazahskogo avtomobilno-dorozhnogo instituta = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyn Khabarshysy. 2024; 4(8): 115-125. (In Russ.) <https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-15>

Литература

- [1] Муслимов А.П., Шакенова Ж.Н., Нурпеисова Т.Б., Абдигалиева М.С. Экспериментальное исследование радиальной силы резания при обработке нежестких валов. Вестник Казахского национального исследовательского технического университета. 2019; 1(131): 123-127.
- [2] Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. Учебник для вузов. Москва: Высшая школа. 1985, 304.
- [3] Вереина Л.И. Справочник токаря. Учебное пособие. Москва: Издательский центр «Академия». 2010, 448.
- [4] Филиппов А.В. Повышение точности обработки нежестких валов путем оптимизации параметров бреющего точения. Диссертация канд. техн. наук: 05.02.07. Томск. 2015, 194.
- [5] Шакенова Ж.Н., Абдигалиева М.С. Характеристика конструктивных особенностей изготовления нежестких валов. Сборник научных трудов седьмой международной научно-практической конференции «Автомобильные дороги и транспортная техника: проблемы и перспективы развития». КазАДИ им. Л.Б. Гончарова. Алматы. 2024. 192-196.
- [6] Барановский М.А., Белькевич Б.А., Тимашков В.Д. Книга молодого токаря. Мн.: «Беларусь». 1971, 272.
- [7] Косиловой А.Г., МещеряковаР.К. Справочник технолога-машиностроителя. Москва: Машиностроение. 1985, 496.
- [8] Шакенова Ж.Н., Муслимов А.П. Разработка математической модели прогиба нежёсткого вала в процессе резания. Известия КГТУ им. И. Рazzакова. Теоретический и прикладной научно-технический журнал. Бишкек: Издательский центр «Текник». 2017. 2 (42). 82-87.
- [9] БайкаловаВ.Н., Колокатова.М., Малинина.Д. Расчет режимов резания при точении. Методические указания по курсу «Технология конструкционных материалов и материаловедение» (раздел «Обработка конструкционных материалов резанием»). Московский государственный агронженерный университет имени В.П. Горячкina. Москва, 2000.<http://window.edu.ru/resource/968/45968/files/tkm-dop3.pdf>.
- [10] Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Москва: Машиностроение. 2001, 920.
- [11] Безъязычный В.Ф., Аверьянов И.Н., Кордюков А.В. Расчет режимов резания. Учебное пособие. Рыбинск: РГАТА, 2009, 185.
- [12] ГОСТ 19.701-90. Межгосударственный стандарт. Единая система программной документации. Москва: Стандартинформ, 2010, 158.

References

- [1] Muslimov AP, Shakenova ZhN, Nurpeisova TB, Abdigalieva MS. Eksperimental'noe issledovanie radial'noj sily rezaniya pri obrabotkenezheskikh valov [Experimental study of radial cutting force during processing of non-rigid shafts]. Vestnik Kazahskogo nacional'nogo issledovatel'skogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Kazakh National Research Technical University. 2019; 1(131): 123-127.
- [2] Granovskij GI, Granovskij VG. Rezaniemetallov [Metal cutting].Uchebnikdlyavuzov = Textbook for universities. Moskva: Vysshayashkola. 1985, 304.
- [3] Vereina LI. Spravochnik tokarya [Turner's Handbook]. Uchebnoe posobie = Study Guide. Moskva: Izdatel'skij centr «Akademiya». 2010, 448.
- [4] Filippov AV. Povyshenie tochnosti obrabotki nezhestkikh valov putem optimizacii parametrov breyushchego tocheniya [Increasing the accuracy of non-rigid shaft processing by optimizing the parameters of shaving turning]. Dissertation kand.tekhn. nauk: 05.02.07. Tomsk. 2015, 194.
- [5] Shakenova ZhN, Abdigalieva MS. Harakteristika konstruktivnyh osobennostej izgotovleniya nezhestkikh valov [Characteristics of design features of non-rigid shafts manufacturing].Sbornik nauchnyh trudov sed'moj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Avtomobil'nye dorogi i transportnaya tekhnika: problemy i perspektivy razvitiya» [Collection of scientific papers of the Seventh International Scientific and Practical Conference "Roads and Transport Equipment: Problems and Prospects of Development"]. KazADIim. L.B. Goncharova. Almaty.2024. 192-196.(in Russ.).
- [6] Baranovskij MA, Bel'kevich BA, Timashkov VD. Kniga molodogo tokarya [The book of the young turner]. Minsk: «Belarus'». 1971, 272.(in Russ.).
- [7] Kosilovo AG, Meshcheryakova RK. Spravochnik tekhnologa-mashinostroitelya [Handbook of Mechanical Engineering Technologist].Moskva: Mashinostroenie. 1985, 496.(in Russ.).
- [8] Shakenova ZhN, Muslimov AP. Razrabotka matematicheskoy modeli progiba nezhyostkogo vala v processe rezaniya [Development of a Mathematical Model of the Deflection of a Non-Rigid Shaft during Cutting]. Izvestiya KGTU im. I. Razzakova. Teoreticheskij i prikladnoj nauchno-tehnicheskij zhurnal [Izvestiya of KSTU named after I. Razzakov. Theoretical and Applied Scientific and Technical Journal]. Bishkek: Izdatel'skij centr «Teknik». 2017. 2 (42). 82-87.(in Russ.).
- [9] Bajkalova VN, KolokatovAM, Malinina ID. Raschet rezhimov rezaniya pri tochenii [Calculation of Cutting Modes during Turning]. Metodicheskie ukazaniya po kursu «Tekhnologiya konstrukcionnyh materialov i materialovedenie» (razdel «Obrabotka konstrukcionnyh materialov rezaniem») [Methodological Guidelines for the Course "Technology of Structural Materials and Materials Science" (Section "Cutting Processing of Structural Materials")]. Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina. Moskva.2000. <http://window.edu.ru/resource/968/45968/files/tkm-dop3.pdf>(accessed on 17 August2024).
- [10] Anur'ev VI. Spravochnik konstruktora-mashinostroitelya [Handbook of Mechanical Engineer]. Moskva: Mashinostroenie. 2001, 920.(in Russ.).
- [11] Bez"yazichnyj VF, Aver'yanov IN, Kordyukov AV. Raschet rezhimov rezaniya [Calculation of Cutting Modes]. Uchebnoe posobie. Rybinsk: RGATA. 2009, 185.(in Russ.).
- [12] GOST 19.701-90. Mezhgosudarstvennyj standart [Interstate Standard]. Edinaya sistema programmnogo dokumentacii [Unified System of Program Documentation]. Moskva: Standartinform. 2010, 158. (in Russ.).