

ISSN 2518-1467 (Online),  
ISSN 1991-3494 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# Х А Б А Р Ш Ы С Ы

---

---

## ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## THE BULLETIN

THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE 1944

4

JULY – AUGUST 2020

---

---

ALMATY, NAS RK

---

---

*NAS RK is pleased to announce that Bulletin of NAS RK scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of Bulletin of NAS RK in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential multidiscipline content to our community.*

*Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы "ҚР ҰҒА Хабаршысы" ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабаршысының Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді мультидисциплинарлы контентке адалдығымызды білдіреді.*

*НАН РК сообщает, что научный журнал «Вестник НАН РК» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Вестника НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному мультидисциплинарному контенту для нашего сообщества.*

## Б а с р е д а к т о р ы

х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі

**М.Ж. Жұрынов**

### Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

**Абиев Р.Ш.** проф. (Ресей)  
**Абылкасымова А.Е.** проф., академик (Қазақстан)  
**Аврамов К.В.** проф. (Украина)  
**Аппель Юрген** проф. (Германия)  
**Баймұқанов Д.А.** проф., академик (Қазақстан)  
**Баймұратов У.Б.** проф., академик (Қазақстан)  
**Байтанаев Б.А.** проф., академик (Қазақстан)  
**Байтулин И.О.** проф., академик (Қазақстан)  
**Банас Иозеф** проф. (Польша)  
**Берсимбаев Р.И.** проф., академик (Қазақстан)  
**Велесько С.** проф. (Германия)  
**Велихов Е.П.** проф., РҒА академигі (Ресей)  
**Кабульдинов З.Е.** проф. (Қазақстан)  
**Қажыбек Е.З.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Қалимолдаев М.Н.** проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары  
**Қамзабекұлы Д.** проф., академик (Қазақстан)  
**Қойгелдиев М.К.** проф., академик (Қазақстан)  
**Лупашку Ф.** проф., корр.-мүшесі (Молдова)  
**Мохд Хасан Селамат** проф. (Малайзия)  
**Новак Изабелла** проф. (Польша)  
**Огарь Н.П.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Полещук О.Х.** проф. (Ресей)  
**Поняев А.И.** проф. (Ресей)  
**Сагиян А.С.** проф., академик (Армения)  
**Таймагамбетов Ж.К.** проф., академик (Қазақстан)  
**Хрипунов Г.С.** проф. (Украина)  
**Шәукенова З.К.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Юлдашбаев Ю.А.** проф., РҒА академигі (Ресей)  
**Якубова М.М.** проф., академик (Тәжікстан)

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының Хабаршысы».

**ISSN 2518-1467 (Online),**

**ISSN 1991-3494 (Print)**

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы»РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінің Ақпарат комитетінде 12.02.2018 ж. берілген № 16895-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 2000 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
<http://www.bulletin-science.kz/index.php/en/>

---

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2020

Типографияның мекенжайы: «NurNaz GRACE», Алматы қ., Рысқұлов көш., 103.

Г л а в н ы й р е д а к т о р  
д.х.н., проф. академик НАН РК  
**М.Ж. Журинов**

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

**Абиев Р.Ш.** проф. (Россия)  
**Абылкасымова А.Е.** проф., академик (Казахстан)  
**Аврамов К.В.** проф. (Украина)  
**Апель Юрген** проф. (Германия)  
**Баймуканов Д.А.** проф., академик (Казахстан)  
**Баймуратов У.Б.** проф., академик (Казахстан)  
**Байтанаев Б.А.** проф., академик (Казахстан)  
**Байтулин И.О.** проф., академик (Казахстан)  
**Банас Иозеф** проф. (Польша)  
**Берсимбаев Р.И.** проф., академик (Казахстан)  
**Велесько С.** проф. (Германия)  
**Велихов Е.П.** проф., академик РАН (Россия)  
**Кабульдинов З.Е.** проф. (Казахстан)  
**Кажыбек Е.З.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Калимолдаев М.Н.** академик (Казахстан), зам. гл. ред.  
**Камзабекулы Д.** проф., академик (Казахстан)  
**Койгельдиев М.К.** проф., академик (Казахстан)  
**Лунашку Ф.** проф., чл.-корр. (Молдова)  
**Мохд Хасан Селамат** проф. (Малайзия)  
**Новак Изабелла** проф. (Польша)  
**Огарь Н.П.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Полещук О.Х.** проф. (Россия)  
**Поняев А.И.** проф. (Россия)  
**Сагиян А.С.** проф., академик (Армения)  
**Таймагамбетов Ж.К.** проф., академик (Казахстан)  
**Хрипунов Г.С.** проф. (Украина)  
**Шаукенова З.К.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Юлдашбаев Ю.А.** проф., академик РАН (Россия)  
**Якубова М.М.** проф., академик (Таджикистан)

**«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан».**

**ISSN 2518-1467 (Online),**

**ISSN 1991-3494 (Print)**

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и коммуникаций и Республики Казахстан № 16895-Ж, выданное 12.02.2018 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 2000 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

<http://www.bulletin-science.kz/index.php/en/>

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2020

Адрес типографии: «NurNazGRACE», г. Алматы, ул. Рыскулова, 103.

Editor in chief

doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK

**M.Zh. Zhurinov**

Editorial board:

**Abiyev R.Sh.** prof. (Russia)  
**Abylkasymova A.E.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Avramov K.V.** prof. (Ukraine)  
**Appel Jurgen,** prof. (Germany)  
**Baimukanov D.A.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Baimuratov U.B.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Baitanaev B.A.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Baitullin I.O.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Joseph Banas,** prof. (Poland)  
**Bersimbayev R.I.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Velesco S.,** prof. (Germany)  
**Velikhov Ye.P.** prof., academician of RAS (Russia)  
**Kabuldinov Z.E.** prof. (Kazakhstan)  
**Kazhybek E.Z.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Kalimoldayev M.N.** prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief  
**Kamzabekuly D.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Koigeldiev M.K.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Lupashku F.** prof., corr. member (Moldova)  
**Mohd Hassan Selamat,** prof. (Malaysia)  
**Nowak Isabella,** prof. (Poland)  
**Ogar N.P.** prof., corr. member (Kazakhstan)  
**Poleshchuk O.Kh.** prof. (Russia)  
**Ponyaev A.I.** prof. (Russia)  
**Sagiyani A.S.** prof., academician (Armenia)  
**Tajmagambetov Zh.K.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Khripunov G.S.** prof. (Ukraine)  
**Shaukenova Z.K.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Yuldashbayev Y.A.,** prof., academician of RAS (Russia)  
**Yakubova M.M.** prof., academician (Tadjikistan)

**Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

**ISSN 2518-1467 (Online),**

**ISSN 1991-3494 (Print)**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Communications of the Republic of Kazakhstan No. **16895-Ж**, issued on 12.02.2018.

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 2000 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://www.bulletin-science.kz/index.php/en/>

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2020

Address of printing house: «NurNaz GRACE», 103, Ryskulov str, Almaty.

**Zh. N. Shakenova**Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharova, Almaty, Kazakhstan.  
E-mail: milya\_scorpion@mail.ru**DETERMINATION OF CUTTING SPEED VALUES  
FOR PROCESSING A NON-RIGID SHAFT**

**Abstract.** This article discusses the flexibility of the technological system due to the influence of external shear forces on it during processing of non-rigid parts such as bodies of revolution. In order to reduce the deformation of the part during the  $P_y$  cutting force is applied to it, various fastening schemes are used and, accordingly, calculations are made on the rationality of its choice. The bending moments  $M_1$  and  $M_2$  in sections  $Z_1$  and  $Z_2$  are determined in an analytical way (curve part). The cutting force is calculated according to the formula (1), and also according to formulas (2) and (3) there are determined the points of maximum and minimum deflection of the non-rigid shaft. By transforming formulas (1), (2) and (3), the formulas (4), (5) and (6) were derived. Using formula (4), the values of the cutting speed  $V$  along the entire length of the shaft part  $L$  were calculated, and the cutting force  $P_y$  at each fixed point  $Z_1$  to  $Z_{21}$  was determined from the obtained expressions (5) and (6). The block diagram and software implementation in the Delphi XE8 environment are presented in which calculations are performed so that the minimum value of the shaft deflection always has a constant value  $y = \text{const}$ . A graphical dependence of the change in cutting force on the values of the cutting speed is obtained. The developed subsystem will also allow to visually display how you can avoid various errors during the machining of a non-rigid part (shaft).

**Key words:** cutting speed, cutting force, mechanical machining, shaft deflection, task algorithm, scheme, software module, secondary circuit.

During the processing of non-rigid shafts, the technological system «Machine → Fixture → Tool → Workpiece» is essentially very malleable to the influence of cutting forces (external shear forces) and thereby complicates the processing of the product. All these difficulties can occur due to the displacement of the cutting tool and the workpiece, that lead to errors, the divergence of the axes of the base elements of the MFTW system, as well as thermal and inertial disturbances that affect the technological system, where the deformation of the workpiece increases during turning (in the form of deflection).

Under a non-rigid shaft there is understood when the length  $L$  exceeds its diameter  $\varnothing$  by 10-12 times, that is, the condition  $\frac{L}{d} \geq 10 \div 12$  [1] must be met.

During processing of a workpiece of a non-rigid shaft, it is necessary to reduce the deflection and make it uniform along its entire length under the influence of cutting force, as well as to reduce the imbalance of the rotating workpiece. In order to reduce the deflection of the non-rigid shaft under the influence of the radial cutting force  $P_y$ , there are used various fastening schemes. The verification calculation determines the feasibility of choosing a fastening scheme, in which the maximum value and the minimum value of the deflection of the workpiece are found. The Figure 1 shows the deflection of the workpiece under the influence of the cutting force  $P_y$ . The non-rigid shaft workpiece is fixed rigidly in the lathe chuck by the front end and by the end with the rear center (tailstock), which has less rigidity. Therefore, the workpiece of the non-rigid shaft will be presented as a beam on two supports. In order to determine the deflection of the workpiece, there were determined the reactive forces  $R_A = R_B = \frac{P_y}{2} = Z_1 = Z_2 = \frac{L}{2}$  [2]. The values of the bending moment in the section  $Z_1$   $M_1(Z_1) = P_y \cdot \frac{Z_1}{2}$  in the interval

( $0 \leq Z_1 \leq \frac{L}{2}$ ) and the bending moment in the section  $Z_2$   $M_2(Z_2) = R_a \cdot Z_2 - P_y \left( Z_2 - \frac{L}{2} \right)$  in the interval ( $\frac{L}{2} \leq Z_2 \leq L$ ) were found. Therefore, having carried out mathematical transformations, formulas were derived for calculating the deflection in the intervals  $0 \leq Z_1 \leq \frac{L}{2}$  and  $\frac{L}{2} \leq Z_2 \leq L$  [3].

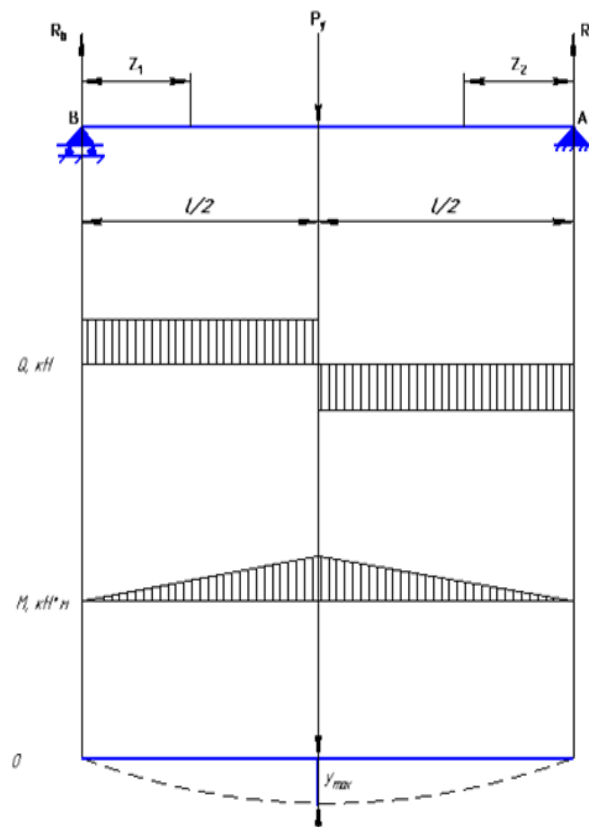


Figure 1 – Determination of the maximum deflection of a non-rigid shaft

The purpose of this work is to increase the accuracy of processing, the constancy of the shape and geometric dimensions of non-rigid shafts. In order to achieve this goal, it is necessary to determine the values of the cutting speed  $V$  so that the minimum deflection value remains constant along the entire length of the workpiece during turning, programmatically to calculate and to create a graph the values of cutting speed  $V$  and a graph of  $P_y$  dependence on cutting speed  $V$ .

The radial cutting force can be considered as a function of several arguments [4, 5]:

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

where  $C_{py}$  – coefficient of material and processing conditions;  $t^x$  – cutting depth (allowance);  $S^y$  – feed (feed rate);  $V^n$  – cutting speed;  $K_p$  – total correction coefficient.

Using the above formula (1), we determine the cutting force:

$$P_y = 243 \cdot 2^{0.9} \cdot 0,21^{0.6} \cdot 50,27^{-0.3} \cdot 2,48.$$

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

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

According to expressions (2) and (3), in the intervals  $0 \leq Z_1 \leq \frac{L}{2}$  and  $\frac{L}{2} \leq Z_2 \leq L$  there were determined points with the maximum deflection of the non-rigid shaft  $y=0.06878$  and the minimum deflection  $y=0.010281885$ .

Let carry out the permutation of the variables in the formula (1) and by the inverse task we obtain the formula (4) by which the values of the cutting speed V along the entire length of the workpiece of a non-rigid shaft will be calculated.

$$V^n = \frac{0.8 \cdot P_y}{\sqrt{C_{py} \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p}} \Rightarrow V = \left( \frac{P_y}{C_{py} \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p} \right)^{\frac{1}{n}} \tag{4}$$

Transforming expression (2) and expression (3) we obtain formulas (5) and (6), by which it will be possible to determine how the cutting force changes from the cutting speed at the points of contact along the entire length of the workpiece of a non-rigid shaft.

$$P_y = \frac{y \cdot 48 \cdot E \cdot J_x}{4 \cdot Z^3 - 8 \left( Z - \frac{L}{2} \right)^3 - 3 \cdot L^2 \cdot Z} \tag{5}$$

$$P_y = \frac{y \cdot 48 \cdot E \cdot J_x}{4 \cdot Z^3 - 3 \cdot L^2 \cdot Z} \tag{6}$$

To determine the values of the cutting speed V along the entire length L of the workpiece, there is developed a step-by-step calculation algorithm according to State standard 19.701-90, which is presented on figure 2 [6].

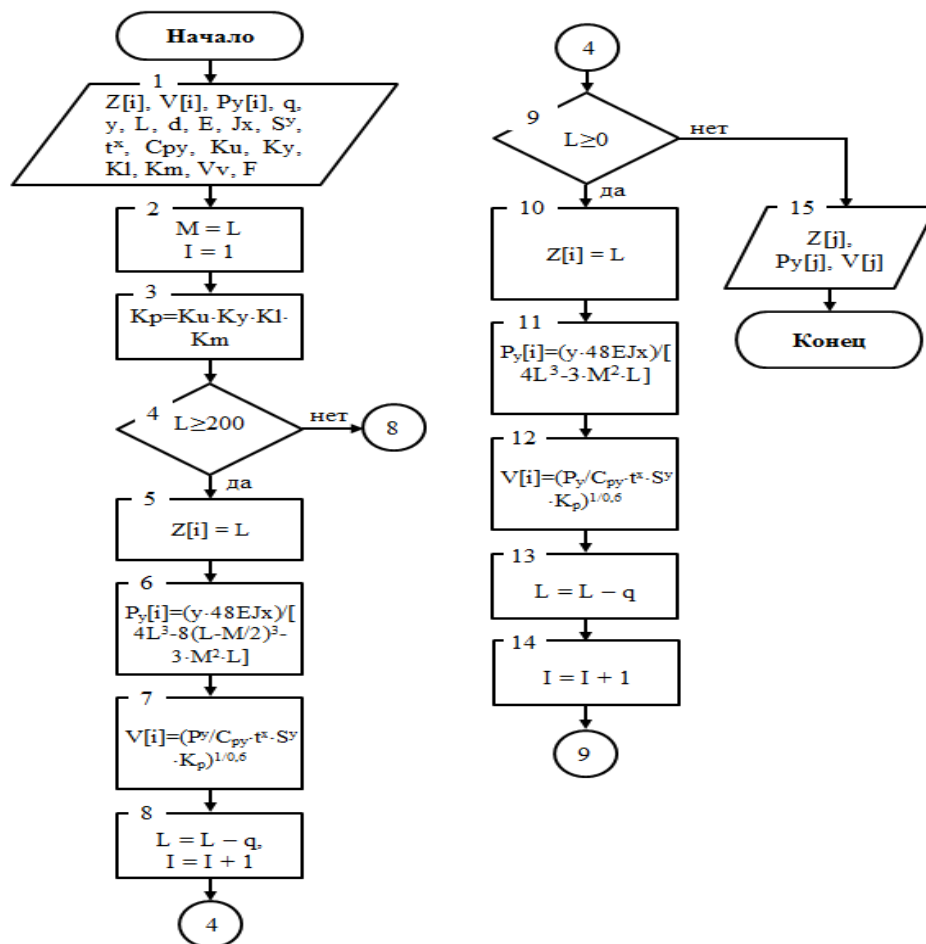


Figure 2 – A block diagram of the calculations [6]

As a basis, we select the value of the minimum deflection  $y=0.010281885$ , then we change the cutting speed V along the entire length of the work piece by a step of 20 mm, but so that the specified amount of deflection always remains constant. According to the above formulas, we carry out the calculations.

At the point  $Z_1=400$ . At the starting point  $Z_1$  the cutting force  $P_{y1}=136.12$ , then  $V_1=50.25$ .



$Z_2=380$ $P_{y2}=136.12$ $V_2=50.25$	$Z_7=280$ $P_{y7}=25.69$ $V_7=13002.5$	$Z_{12}=180$ $P_{y12}=20.65$ $V_{12}=26852.26$	$Z_{17}=80$ $P_{y17}=35.83$ $V_{17}=4292.08$
$Z_3=360$ $P_{y3}=68.75$ $V_3=489.68$	$Z_8=260$ $P_{y8}=23.16$ $V_8=18437.80$	$Z_{13}=160$ $P_{y13}=21.56$ $V_{13}=23204.73$	$Z_{18}=60$ $P_{y18}=46.62$ $V_{18}=1785.18$
$Z_4=340$ $P_{y4}=46.62$ $V_4=1785.18$	$Z_9=240$ $P_{y9}=21.56$ $V_9=23204.73$	$Z_{14}=140$ $P_{y14}=23.16$ $V_{14}=18437.80$	$Z_{19}=40$ $P_{y19}=68.75$ $V_{19}=489.68$
$Z_5=320$ $P_{y5}=35.83$ $V_5=4292.08$	$Z_{10}=220$ $P_{y10}=20.65$ $V_{10}=26852.26$	$Z_{15}=120$ $P_{y15}=25.69$ $V_{15}=13002.5$	$Z_{20}=20$ $P_{y20}=136.12$ $V_{20}=50.25$
$Z_6=300$ $P_{y6}=29.60$ $V_6=8098$	$Z_{11}=200$ $P_{y11}=20.35$ $V_{11}=28232.43$	$Z_{16}=100$ $P_{y16}=29.60$ $V_{16}=8098$	$Z_{21}=0$ $P_{y21}=136.12$ $V_{21}=50.25$

The processing of a work piece of a non-rigid shaft will be draft, since the cutting depth is  $t=2$  mm, without auxiliary equipment (lunette), since the length of the work piece is  $L=400$  mm,  $d=40$  mm.

On the basis of calculations, there was developed a software module in the object-oriented programming language Delphi XE8 [7,8] for an automatic control system along the secondary circuit (V cutting speed control). The figure 3 shows the software implementation interface and a graph of the cutting speed V for stable values of bends along the entire length of the work piece, as well as a graph of the cutting force  $P_y$  values from the cutting force V for stable values of bends along the entire length of the work piece.

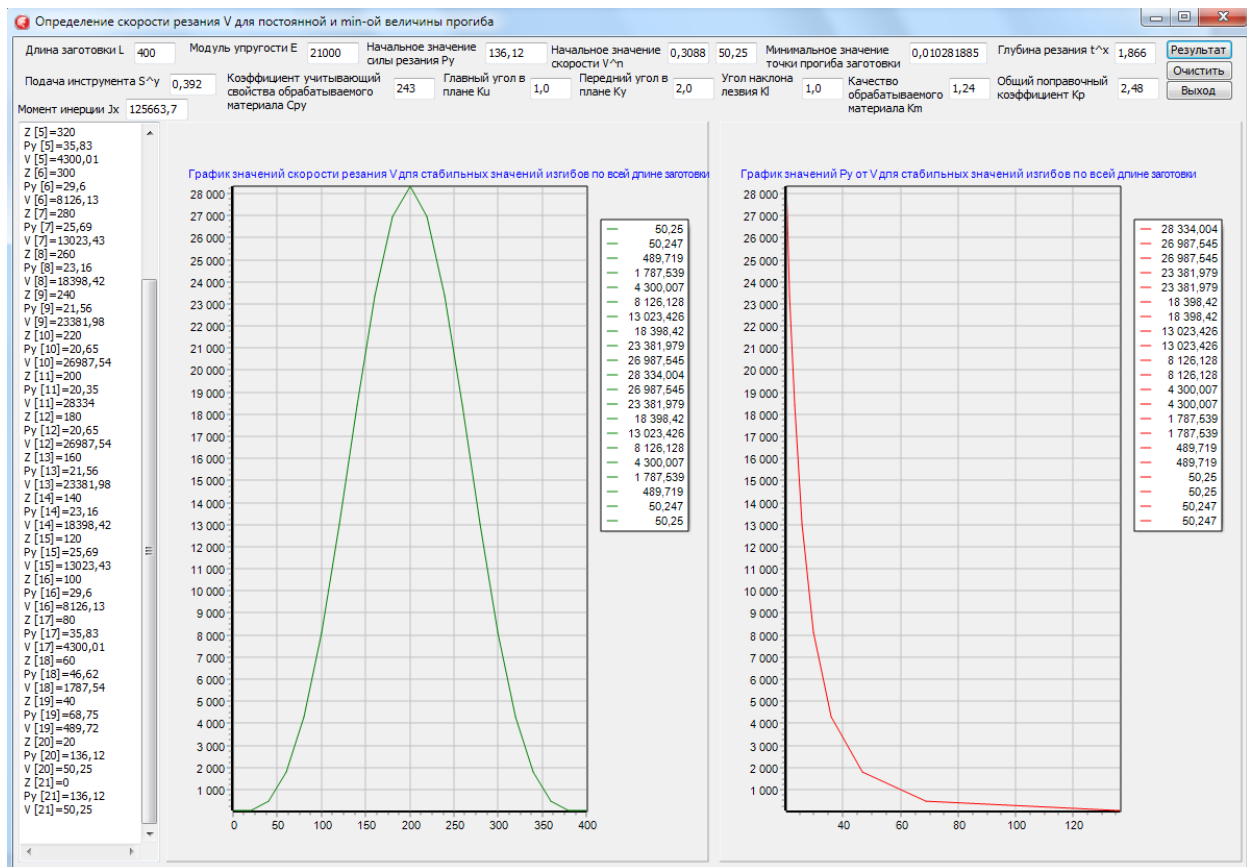


Figure 3 – Determination of the cutting speed V for a constant shaft deflection

Obtained results:

1. By mathematical transformations, there was obtained the formula  $V = \left( \frac{P_y}{C_{py} \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p} \right)^{\frac{1}{n}}$  for the necessary changes in the values of the cutting speed and the necessary values of the cutting force  $P_y$  in order to maintain a constant value of the deflection of the work piece.

2. Developed a step-by-step calculation algorithm and software application. The software application does not require special skills for the user (designer-technologist, turner-processor), thereby significantly reducing the time required for calculations, it also allows to vary the data in choosing the length of the work piece, its diameter, cutting depth, tool feed, cutting speed, determining the cutting force.

3. Received graphs of the values of the cutting speed and a graphical dependence of the change in cutting force on the values of the cutting speed.

4. Increased productivity due to processing in one pass without reinstallation.

5. The ability to process work pieces of a non-rigid shaft without readjustment by changing data in the developed software module.

Therefore, all this will reduce the cost of manufacturing and engineering products, such as non-rigid shafts.

**Ж. Н. Шакенова**

Л. Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы, Қазақстан

### ЖҰМСАҚ БІЛІКТІ ӨНДЕУДЕГІ КЕСУ ЖЫЛДАМДЫҒЫНЫҢ МӘНІН АНЫҚТАУ

**Аннотация.** Машина жасау өнімінің дәлдігі мен сапасы конструкция мен материал қасиетінің (қатаңдық, тозуға төзімдік, беріктік, дірілге төзімдік және тағы басқа шамалар) жиынтығына тәуелді. Жұмсақ білікті өңдеу үрдісі күрделі және көп еңбекті қажет етеді, өйткені жону арқылы өңдеу кезінде технологиялық жүйенің қатаңдығына тәуелді деформацияға байланысты түрлі қателік анықталады. Осы мақалада айналмалы дене түріндегі жұмсақ тетіктерді жону арқылы өңдеу кезінде сыртқы көлденең күштердің технологиялық жүйеге әсерінің икемділігі қарастырылады. Тетікке радиалды кесу күші  $P_y$  әсер еткен кездегі деформацияны азайту үшін бекітудің түрлі сұлбалары қолданылады және оңтайлы таңдау жасауға қажетті есептеу жүргізеді. Жұмсақ білікті өңдеуде бекітудің төрт әдісін қолданылады: 1 – жұмсақ дайындаманы патронға немесе консолды жиектемеге бекіту; 2 – жұмсақ дайындаманы патронға немесе біліктің бос ұшын люнетке қысу арқылы жиектемеге бекіту; 3 – жұмсақ тетіктерді люнеттің көмегісіз орталыққа бекіту; 4 – жұмсақ дайындаманы люнетпен бірге аралық ортасына бекіту. Қателік шамасын анықтау мен азайту үшін қосалқы жабдықсыз (люнет) «3» бекіту сұлбасы таңдап алынған. Аналитикалық тәсілмен (эпюр аймақтары)  $Z_1$  және  $Z_2$  кималарындағы ию моменттері  $M_1(Z_1) = \frac{P_y}{2} \cdot Z_1$  және  $M_2(Z_2) = R_a \cdot Z_2 - P_y \left( Z_2 - \frac{l}{2} \right) = \frac{P_y}{2} \cdot Z_2 - P_y \left( Z_2 - \frac{l}{2} \right)$  анықталды. Радиалды кесу күші  $P_y$  (1) өрнекпен анықталып,  $0 \leq Z_1 \leq \frac{L}{2}$  аралығына (2) өрнек, ал  $\frac{L}{2} \leq Z_2 \leq L$  аралығына (3) алынды. Қол жеткізген нәтижелер бойынша жұмсақ біліктің ең үлкен және ең кіші ию нүктелері анықталды. (1), (2) және (3) өрнектерді түрлендіру арқылы (4), (5) (6) өрнектер алынды. (4) Өрнек  $Z_1$  ден  $Z_{21}$  дейінгі аралықтағы әрбір тіркелген нүктеде белгілі кесу күші арқылы  $P_y$  (5 және 6 өрнек)  $0 \leq Z_1 \leq \frac{L}{2}$  және  $\frac{L}{2} \leq Z_2 \leq L$  аралығында берілген адыммен  $q$  жұмсақ біліктің ұзындығы  $L$  бойымен кесу жылдамдығын  $V$  анықтауға мүмкіндік берді. Алынған есептеу өрнегі кесу үрдісі кезінде жұмсақ біліктерді токарлық өңдеу дәлдігін арттырады. Есептеу уақытын қысқарту және нәтижеге тез қол жеткізу үшін «АЖЖ-технолог» бағдарламалық кешеннің «II контур бойынша кесу жылдамдығын реттеу» бағдарламалық модулі пайдаланылды. Бұл «АЖЖ-технолог» бағдарламалық кешені Embarcadero<sup>®</sup> RAD Studio Delphi XE8 нысанды-бағытталған ортада жасалған бірнеше бағдарламалық модульден тұрады және 16K20 жону-бұрама кескіш білдекте жұмсақ біліктерді өңдеу кезінде жұмыс режимін автоматты реттеу жүйесінің (АРЖ) платформасына бейімделген. Жасалған алгоритм (блок-сұлба) бойынша «II контур бойынша кесу жылдамдығын реттеу» бағдарламалық модулі кесу жылдамдығының  $V$  әсерінен T15K6 кескіш аспабының жұмсақ білік дайындамасының ұзындығы бойымен орын ауыстырып, белгіленген нүктеде  $Z_i$  дайындамаға түсіретін қысымын есептейді. Сондай-ақ «II контур бойынша кесу жылдамдығын реттеу» бағдарламалық модульде келесі ауыспалы шамаларды түрлендіруге болады: білік дайындамасының ұзындығын  $L$ ; білік

дайындамасының диаметрі  $d$ ; адым  $q$ ; әдіп  $t$  (кесу тереңдігі); өңделетін материал қасиеттерін ескеретін коэффициент  $C_{Py}$ ; кескіш аспап берілісін  $S$ ; кескіш аспаптың негізгі бұрышының әсерін ескеретін түзету коэффициенті  $K_{\square}$ ; кескіш аспаптың алдыңғы бұрышының әсерін ескеретін түзету коэффициенті  $K_{\square}$ ; кескіш аспаптың негізгі кесу жиегінің еңкею бұрышының әсерін ескеретін түзету коэффициенті  $K_{\square}$ ; өңделетін материал сапасының күш тәуелділігіне әсерін ескеретін түзету коэффициенті  $K_{\square}$  және жалпы түзету коэффициентін анықтау  $K_p$ ; кесу күшінің  $P_y$  және кесу жылдамдығының  $V$  бастапқы мәндерін беру. Ауыспалы мәнді түрлендіру компьютерлік тәжірибе жүзінде қатаң біліктің ұзындығы бойымен тұрақты июге арналған кесу жылдамдығының мәнін график түрінде динамика өзгерісін және радиалды кесу күшінің  $P_y$  жылдамдыққа тәуелділігін бейнелеуге, сонымен қатар жұмсақ тетіктерді механикалық өңдеу үрдісінде пайда болуы мүмкін түрлі қатенің алдын алуға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** кесу жылдамдығы, кесу күші, механикалық өңдеу, білікті ию, тапсырма алгоритмі, бағдарламалық модуль, екінші контур.

**Ж. Н. Шакенова**

Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л. Б. Гончарова, Алматы, Казахстан

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕЖЁСТКИХ ВАЛОВ

**Аннотация.** От совокупности свойств конструкций и материала (жёсткость, износостойкость, прочность, виброустойчивость и другие параметры) зависит качество и точность машиностроительных изделий. Считается, что процесс обработки нежестких валов – весьма сложный и трудоемкий, так как при токарной обработке выявляются различные погрешности, возникающие за счёт деформаций, зависящих от жёсткости технологической системы. В приведенной статье рассматривается податливость технологической системы вследствие влияния на неё внешних поперечных сил при токарной обработке нежестких деталей типа тел вращения. Для того, чтобы уменьшить деформацию детали при воздействии на неё радиальной силы резания  $P_y$ , используют различные схемы крепления и соответственно производят расчёты на рациональность её выбора. В большинстве при обработке нежестких валов используют четыре способа крепления: 1 – закрепление нежесткой заготовки в патроне или на оправке консольно; 2 – закрепление нежесткой заготовки в патроне или на оправке с поджатием свободного конца нежесткого вала на люнет; 3 – закрепление нежесткой детали в центрах без люнета; 4 – закрепление нежесткой заготовки в центрах с люнетом в середине пролета. Для снижения и определения величины погрешности была выбрана схема крепления «3» без вспомогательного оборудования (люнета). Аналитическим способом (участки эпюр) определены изгибающие моменты  $M_1(Z_1) = \frac{P_y}{2} \cdot Z_1$  и  $M_2(Z_2) = R_a \cdot Z_2 - P_y \left( Z_2 - \frac{l}{2} \right) = \frac{P_y}{2} \cdot Z_2 - P_y \left( Z_2 - \frac{l}{2} \right)$  в сечениях  $Z_1$  и  $Z_2$ . Радиальная сила резания  $P_y$  рассчитана по формуле (1) и соответственно через подстановку переменных были получены выражение (2) для интервала  $0 \leq Z_1 \leq \frac{L}{2}$  и выражение (3) для интервала  $\frac{L}{2} \leq Z_2 \leq L$ . По полученным результатам определены точки максимального и минимального прогиба нежесткого вала. Путем математического преобразования формул (1), (2) и (3) были выведены формулы (4), (5) и (6). Формула (4) позволила вычислить необходимые значения скорости резания  $V$  по длине нежесткого вала  $L$  с заданным шагом  $q$  в интервале  $0 \leq Z_1 \leq \frac{L}{2}$  и в интервале  $\frac{L}{2} \leq Z_2 \leq L$  с определенной силой резания  $P_y$  (формулы 5 и 6) в каждой фиксированной точке с  $Z_1$  по  $Z_{21}$ . Полученные формулы расчёта позволяют повысить точность токарной обработки нежестких валов в процессе резания. Для сокращения времени и получения быстрых результатов расчёта был использован программный модуль «Регулирование скорости резания по II контуру» программного комплекса «САПР-технолог». Данный программный комплекс «САПР-технолог» разработан в объектно-ориентированной среде Embarcadero<sup>□</sup> RAD Studio Delphi XE8 и состоит из нескольких программных модулей, адаптирован под платформу автоматической системы регулирования (АСР) режимов работ при обработке нежестких валов на токарно-винторезном станке 16К20. По разработанному алгоритму (блок-схема) программный модуль «Регулирование скорости резания по II контуру» просчитывает, как режущий инструмент Т15К6 под действием скорости резания  $V$  перемещается вдоль длины заготовки нежесткого вала и в каждой фиксированной точке  $Z_i$  оказывает давление на заготовку. Также в программном модуле «Регулирование скорости резания по II контуру» можно варьировать следующими переменными: длиной заготовки вала  $L$ ; диаметром заготовки вала  $d$ ; шагом  $q$ ; припуском  $t$  (глубина резания); коэффициентом учитывающего свойства обрабатываемого материала  $C_{Py}$ ; подачей режущего инструмента  $S$ ; коэффициентом поправочным, который учитывает влияние главного угла в плане режущего инструмента  $K_{\square}$ ; коэффициентом поправочным, который учитывает влияние переднего

угла режущего инструмента  $K_{\alpha}$ ; коэффициентом поправочным, который учитывает влияние угла наклона главного лезвия режущего инструмента  $K_{\beta}$ ; коэффициентом поправочным, который учитывает влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости  $K_{\alpha}$  и определить общий поправочный коэффициент  $K_p$ ; задавать начальные значения силы резания  $P_y$  и начальное значение скорости резания  $V$ . Варьирование переменными позволяет на стадии компьютерного эксперимента отобразить изменение динамики в виде графика значений скорости резания для стабильных изгибов по всей длине нежёсткого вала и зависимость радиальной силы резания  $P_y$  от  $V$ , а также визуально отобразить, как избежать различных ошибок, которые могут возникнуть в процессе механической обработки нежёстких деталей типа тел вращения на токарно-винторезном станке за один проход.

**Ключевые слова:** скорость резания, сила резания, механическая обработка, прогиб вала, алгоритм задачи, схема, программный модуль, второй контур.

#### Information about autor:

Shakenova Zhamila Naurzybaevna, Master of technical sciences (Eng.), senior lecturer, Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharova, Almaty, Kazakhstan; milya\_scorpion@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7801-4619>

#### REFERENCES

- [1] Shakenova Zh.N., Karpekov R.K. (2017) Methods of processing non-rigid shafts using an automatic (adaptive control) system. Journal Bulletin of the Kazakh National Research University named after K.I. Satpayev. N 4 (122). Almaty: KazRTU, 2017. P. 385-388 (in Russ.).
- [2] Aleksandrov A.V. (2003) Resistance of materials. The textbook for higher education institutions. M., Russia. ISBN: 5-06-003732-0.
- [3] Shakenova Zh.N., Muslimov A.P. (2017) Development of mathematical model of deflection of soft shaft during cutting // News of the Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov. Theoretical and applied scientific and technical journal. N 2 (42). Bishkek: Publishing Center "Teknik", 2017. P. 82-87 (in Russ.).
- [4] Askarov E.S. (2015) Engineering Technology. Training guide. Almaty, Kazakhstan. ISBN: 978-601-225-769-4.
- [5] Kosilova A.G., Meshcheryakov R.K. (1985) Reference book by the technologist-mechanician. M., Russia, 1985 (in Russ.).
- [6] State standard 19.701-90. Interstate standard. Unified system of program documentation. M., Russia, 2010 (in Russ.).
- [7] Kultin N.B. (2011) Basics of Programming Delphi XE. Saint Petersburg, Russia. ISBN: 978-5-9775-0683-0.
- [8] Flenov M.E. (2011) Bible Delphi. Saint Petersburg, Russia. ISBN: 978-5-9775-0667-0.

---

---

**Publication Ethics and Publication Malpractice  
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

ISSN 2518-1467 (Online), ISSN 1991-3494 (Print)

<http://www.bulletin-science.kz/index.php/en/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, А. Ахметова*  
Верстка на компьютере *Д. А. Абдрахимовой*

Подписано в печать 14.08.2020.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
21,6 п.л. Тираж 500. Заказ 4.