

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
Қ. И. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казакский национальный исследовательский
технический университет им. К. И. Сатпаева

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
Kazakh national research technical university
named after K. I. Satpayev

**SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES**

1 (439)

JANUARY – FEBRUARY 2020

THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, KAZAKHSTAN

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of geology and technical sciences 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 News of NAS RK. Series of geology and technical sciences in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of geology and engineering sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы "ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы" 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 Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді геология және техникалық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук» 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 Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по геологии и техническим наукам для нашего сообщества.

Б а с р е д а к т о р ы
э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА академигі

И.К. Бейсембетов

Бас редакторының орынбасары

Жолтаев Г.Ж. проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абаканов Т.Д. проф. (Қазақстан)
Абишева З.С. проф., академик (Қазақстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Әзірбайжан)
Бакиров А.Б. проф., (Қырғызстан)
Беспәев Х.А. проф. (Қазақстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Қазақстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Қазақстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Тәжікстан)
Грэвис Р.М. проф. (АҚШ)
Ерғалиев Г.К. проф., академик (Қазақстан)
Жуков Н.М. проф. (Қазақстан)
Қожахметов С.М. проф., академик (Қазақстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Ресей)
Курскеев А.К. проф., академик (Қазақстан)
Курчавов А.М. проф., (Ресей)
Медеу А.Р. проф., академик (Қазақстан)
Мұхамеджанов М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Нигматова С.А. проф. (Қазақстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Қазақстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Қазақстан)
Сейтов Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (АҚШ)
Штейнер М. проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

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

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2020

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыр көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

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. э. н., профессор, академик НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

Жолтаев Г.Ж. проф., доктор геол.-мин. наук

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

Абаканов Т.Д. проф. (Казахстан)
Абишева З.С. проф., академик (Казахстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Азербайджан)
Бакиров А.Б. проф., (Кыргызстан)
Беспаяев Х.А. проф. (Казахстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Казахстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Казахстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Таджикистан)
Грэвис Р.М. проф. (США)
Ергалиев Г.К. проф., академик (Казахстан)
Жуков Н.М. проф. (Казахстан)
Кожаметов С.М. проф., академик (Казахстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Россия)
Курскеев А.К. проф., академик (Казахстан)
Курчавов А.М. проф., (Россия)
Медеу А.Р. проф., академик (Казахстан)
Мухамеджанов М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нигматова С.А. проф. (Казахстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Казахстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Казахстан)
Сейтов Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (США)
Штейнер М. проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2020

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

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

E d i t o r i n c h i e f

doctor of Economics, professor, academician of NAS RK

I. K. Beisembetov

Deputy editor in chief

Zholtayev G.Zh. prof., dr. geol-min. sc.

E d i t o r i a l b o a r d:

Abakanov T.D. prof. (Kazakhstan)
Abisheva Z.S. prof., academician (Kazakhstan)
Agabekov V.Ye. academician (Belarus)
Aliyev T. prof., academician (Azerbaijan)
Bakirov A.B. prof., (Kyrgyzstan)
Bespayev Kh.A. prof. (Kazakhstan)
Bishimbayev V.K. prof., academician (Kazakhstan)
Buktukov N.S. prof., academician (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.K. prof., academician (Kazakhstan)
Zhukov N.M. prof. (Kazakhstan)
Kozhakhmetov S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Kontorovich A.Ye. prof., academician (Russia)
Kurskeyev A.K. prof., academician (Kazakhstan)
Kurchavov A.M. prof., (Russia)
Medeu A.R. prof., academician (Kazakhstan)
Muhamedzhanov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nigmatova S.A. prof. (Kazakhstan)
Ozdoev S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Postolatii V. prof., academician (Moldova)
Rakishev B.R. prof., academician (Kazakhstan)
Seitov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Seitmuratova Ye.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Stepanets V.G. prof., (Germany)
Humphery G.D. prof. (USA)
Steiner M. prof. (Germany)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

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

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 10892-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

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

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

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

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 1, Number 439 (2020), 122 – 130

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.15>

UDC 621.9.1

**K. T. Sherov¹, M. R. Sikhimbayev², T. G. Nasad³,
B. N. Absadykov⁴, A. S. Izotova¹, A. E. Okimbayeva¹, I. S. Kuanov¹**

¹Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan;

²Karaganda Economic University, Karaganda, Kazakhstan;

³Engels Technological Institute (branch) of the Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education «Saratov State Technical University named after Yu. A. Gagarin», Saratov Region, Engels, Russia;

⁴A. B. Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: shkt1965@mail.ru, smurat@yandex.ru, tgnas@mail.ru, b_absadykov@mail.ru, aikerimizat@mail.ru, erkinovna89@mail.ru, isa_kuan@mail.ru

THE RESEARCH OF THE STEEL CUTTING BLADE RELIABILITY FOR THERMO-FRICTIONAL PROCESSING

Abstract. The scientific and theoretical research of the steel cutting blade working for thermo-frictional cutting. An option of rod approximation when a solid of a circular blade is considered as a hingeless circular arch on given to the middle of the surface of blade flat from multiplicity approaches to the modeling of calculation scheme of working rotating blade is offered. A classical work method was applied to study stress-strain state; taking into account an arch symmetry a number of unknown forces equal 3. To exclude incidental coefficient, feature of an elastic center for weightless infinitely rigid console was used. To clarify results of calculation of reliability of the cutting blade was used by software package Lira. The contour plots of stresses and displacements were presented. Comparison of the calculations results of the saw blade based on two computational models: rod and bar changes indicate similarity laws of stress, but there is a definite difference in the values of stress, which is explained by the difference approximating expressions.

Key words: thermo-frictional cutting, a cutting blade, a hingeless circular arch, contour plots of stress, bending moments, cross forces, longitudinal forces.

Introduction. The process of thermo-frictional cutting metal blank of rapidly rotating steel disc found widespread at the metallurgical enterprises in the Commonwealth of Independent States (CIS) and abroad. The main advantage of this method is the technological simplicity, low cost and high performance cutting.

One of the advantages of thermo-frictional cutting is making discs from conventional structural steels (steel 50, 50G, 65G, etc.) than the saving of scarce tool steels and alloys. Disks geometrically distinguished: with smooth cylindrical outer surfaces, a knurled or serrated, toothed [1]. The latter have increased productivity, as a friction metalworking chip formation is added to the process, as well as delivered to the cutting zone additional oxygen [2]. But such drives require constant re-sharpening the teeth. In order to reduce the side friction disc on the metal blank to be cut from the end of the disc ends undercut at $0.5 \div 1$ mm. Usually discs are cooled with the air, but in the case of cutting an extended cooling water is recommended. Friction discs cut metal blank of steel and cast iron of different profiles and hardness. The special effect is achieved when cutting hard materials: hardened alloyed, corrosion-resistant and high-temperature alloys [3]. Applications thermo-frictional cutting is cold and hot cutting rolled section steel of small, medium and large sizes. In [4] the process of thermo-frictional cutting of metal blank is characterized as a high-performance method for the separation of hot and cold metal blanks of various materials, with major disadvantage inherent in this process - the formation of large burrs at the ends of metal blank to be cut. The entire surface of metal blank friction and a small part of the continuously updated disc friction surface are constantly involved while friction cutting. Figure 1 shows a diagram of the thermo-frictional cutting of the metal blank.

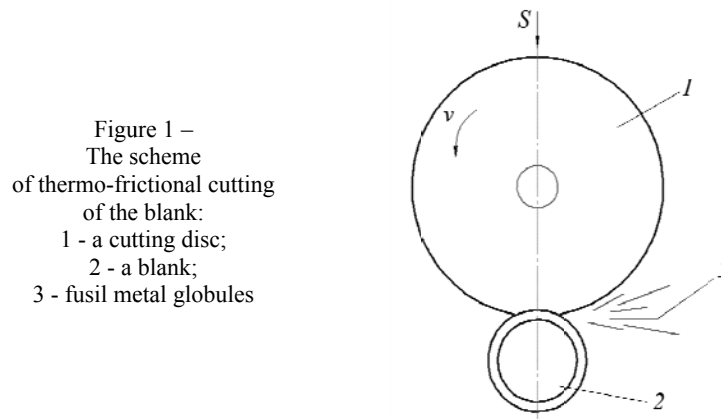


Figure 1 shows a diagram of thermo-frictional cutting of metal blank, where cutting disc rotates with velocity v , it has a vertical feed S . Upon contact with the pipe, the rotary disc heats the contact layer of the metal blank. As a result, the heat released by friction is accumulated mainly in a small volume of metal blank, while continuously cooled disk is heated slightly [5,6]. Heating metal blank in the cutting zone occurs so rapidly that a few hundreds of a second contact plate temperature approaches the melting temperature of metal, the blank surface layer softens, microroughnesses of rotating disk is embedded in the surface of the metal blank and conduct microcutting [7]. The largest globules of fusil metal by centrifugal force and break away from the disc are ejected from the cutting zone in the form of sparks beam (see figure 1). Small globules are welded to the disc, forming microroughness like the abrasive grains. In the process of cutting the microprojections are worn because of the metal blank and by the time of exit from the cutting zone are cooled down in the air and crumbled from the disc. But with each new revolution of the disk on its friction, surface forms a fresh layer of micro-roughness. Thus, cutting process is connected with the process microcutting, so exceptionally high performance is achieved during the thermo-frictional cutting [8,9]. Thus, the main disadvantages of the thermo-frictional processing are the noise generated by the disc during operation, the formation of large burrs at the ends, the complexity of cutting a thin-walled products [10,11,12].

The authors patented the resource saving methods of thermal frictional manufacture into small velocity [13,14,15], constructions of cutting blades [16,17] and systems [18]. Comparison with traditional methods of manufacture shows that using this method reduces costs of equipment by 3-5 times by the feasibility selling at simplified machines ($n_{sp} < 4000$ rpm) and increases tool durability in 10-30 times [19,20,21,22,23]. However, there is the problem of providing a cutting surface perpendicularity, which is directly dependent on the stiffness and dimensional stability of the cutting disc. In this regard, work to study the reliability of steel cutting discs is relevant.

The research methods. A cutting blade is modeled as a hingeless arch to study its reliability, it is possible to perform calculations, using a rod model in the form of a hingeless circular arch, for half a cutting blade.

The photographs of steel cutting blades made of the different materials are shown (figure 2).

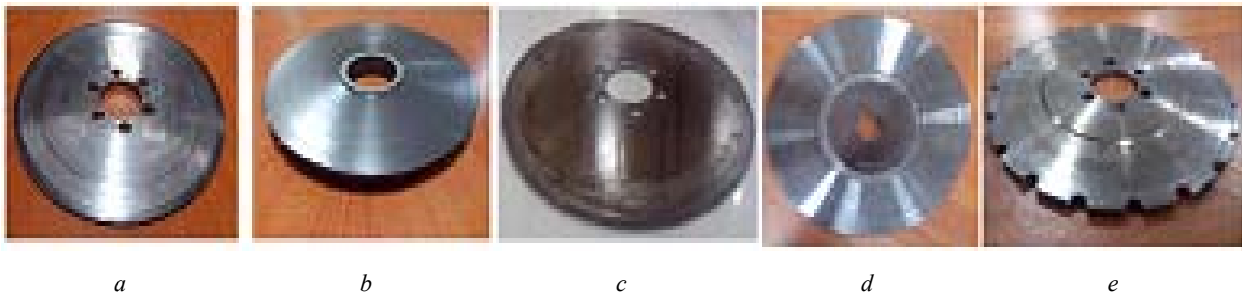


Figure 2 – The photographs of the cutting blades:
(a) a cutting blade of steel 65D; (b) a cutting blade of steel 50; (c) a cutting blade of steel 45;
(d) a cutting blade of steel Hardox (e) a cutting blade of steel 20

Calculating theory of hingeless archs. A cutting blade can be considered as a rod system in the form of a hingeless circular arch with a rectangular cross section. A hingeless arch is curve-linear rod with two tough ends. Figure 3 shows geometric arch scheme. In this arch number of unknowns equal to six (there are 6 reactions in its supports: 2 vertical, 2 horizontal and 2 moments, equations for arch balance can be made up only 3), therefore this system is thrice statically indeterminable ($n=3$).

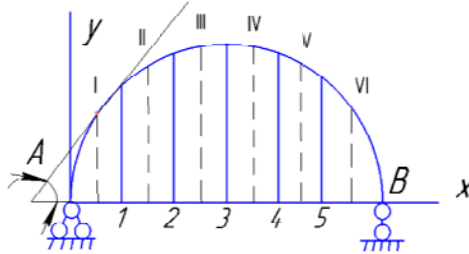


Figure 3 – The geometrical scheme of an arch

Main unknowns (figure 4a) - Z_1 inversely symmetrical force, - Z_2, Z_3 symmetrical forces. The canonical equations of flexibility method

$$\begin{cases} \delta_{11}Z_1 + \delta_{12}Z_2 + \delta_{13}Z_3 + \Delta_{1p} = 0, \\ \delta_{21}Z_1 + \delta_{22}Z_2 + \delta_{23}Z_3 + \Delta_{2p} = 0, \\ \delta_{31}Z_1 + \delta_{32}Z_2 + \delta_{33}Z_3 + \Delta_{3p} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

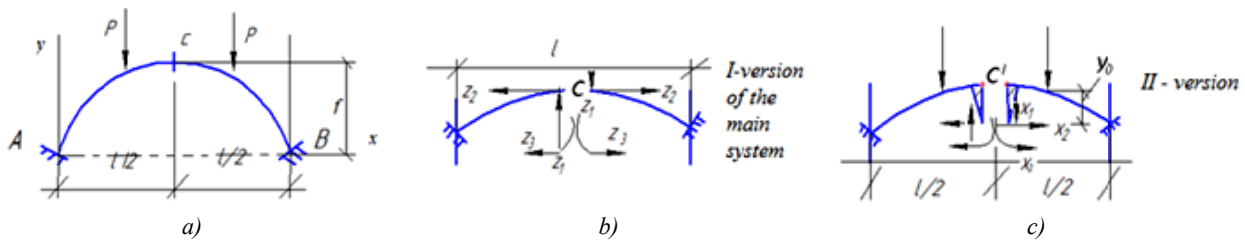


Figure 4 – The calculated scheme of the arch and options of the main systems

Multiplication symmetrical and inversely symmetrical of diagrams moments results in $\delta_{12} = \delta_{21} = \delta_{13} = \delta_{31} = 0$, inasmuch as $\delta_{32} \neq \delta_{23} = 0$ instead of first option of main system (figure 4b) we choose second option at the main system (figure 4c). To do this we attach weightless and tough 2 symmetrical consoles with length « Y_0 » sections making in cut lock. We attach new principal unknown forces X_1, X_2, X_3 (X_1, X_2 forces X_3 bending moments to the consoles ends («C») point).

Matching 2 options of main systems (figure 4 b, c) we get the ratio between 2 kinds of main unknowns:

$$z_1 = X_1; z_2 = Z_2; z_3 = X_3 - X_2 \cdot y_0. \quad (2)$$

The system of the canonical equations for symmetrical unknowns (X_2) and (X_3) will be the next (for figure 4b).

$$\begin{cases} X_2 \delta_{22} + X_3 \delta_{23} + \Delta_{2p} = 0, \\ X_2 \delta_{32} + X_3 \delta_{33} + \Delta_{3p} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Where in it is necessary to choose length console (y_0) such way that incidental displacement (δ_{23}) in system (3) turn to zero naturally. Figure 5 shows the calculated scheme of an arch and the main system.

Figure 6 shows the bending moments, cross and longitudinal forces.

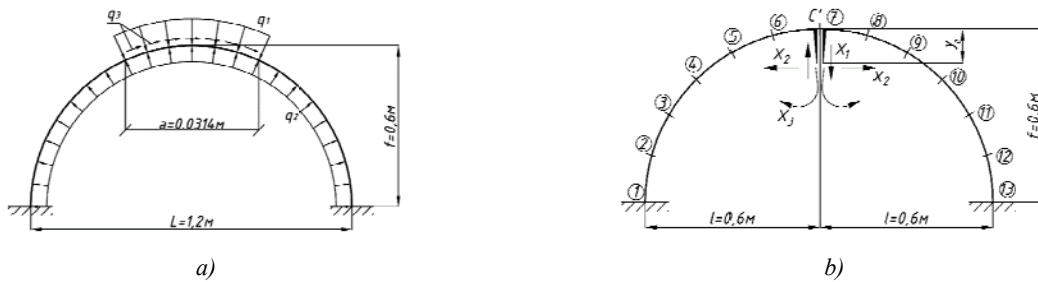


Figure 5 – The calculated scheme of the arch and the main system:
 (a) the calculated scheme; (b) the main system

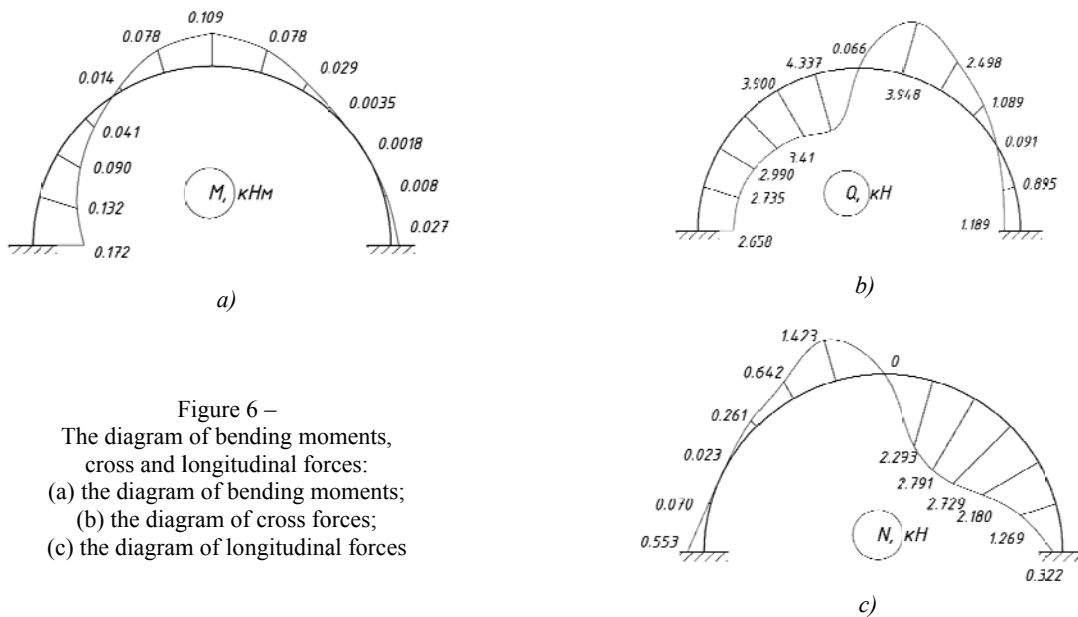


Figure 6 –
 The diagram of bending moments,
 cross and longitudinal forces:
 (a) the diagram of bending moments;
 (b) the diagram of cross forces;
 (c) the diagram of longitudinal forces

By the values inner forces, the stresses into arches can be calculated by the following equations:

$$\sigma_K = -\frac{N}{A} \left(1 + \frac{y_F \cdot y_K}{i_x^2} \right) \tag{4}$$

where $A = bh$ - cross sectional area; y_F - the most distant point from neutral line; y_k - point of application; i_x^2 - square radius of inertia.

$$\tau = \frac{Q \cdot S_x}{J_x \cdot b} \tag{5}$$

where $J_x = bh^3 / 12$ - moment of inertia; $S_x = bh^2 / 8$ - static moment; b - thickness of a blade; h - width (radius) of a blade.

We can do test of strength of a blade by the following theory of strength.

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_K^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq R \cdot \gamma_c \tag{6}$$

where $\sigma = \pm \sigma_M \pm \sigma_N$ - full normal stress; R - calculated resistance; γ_c - coefficient of working conditions.

The calculated results are presented in table 1.

Table 1 – The calculating stress in the arch

№	σ_K	τ	σ_{red}	№	σ_K	τ	σ_{red}
1	-16,76	8,31	22,09	8	3,34	12,34	21,63
2	-13,6	8,55	20,11	9	- 2,79	7,81	13,81
3	-9,33	9,34	18,68	10	-5,32	3,4	7,94
4	-3,72	10,66	18,83	11	-4,35	0,28	4,38
5	2,8	12,19	21,30	12	-1,81	2,8	5,18
6	11,09	13,55	25,96	13	2,14	3,72	6,79
7	11,35	13,21	25,54				

Calculation of reliability of a cutting blade on lira software package Calculation was fulfilled on Lira software package 9.6. The calculated scheme (figure 7) is taken in the form half an arch with 4 nodes bars loaded by the linear loadings which considered a cutting process.

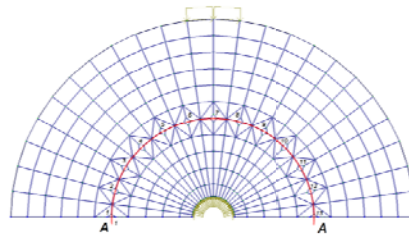


Figure 7 – The calculated scheme of the half-disc

Calculating results are showed below (figure 13). Data of stress component by appropriate sectors are showed in a table 2.

Resulting stressed for half - disc are determined by the following equation:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_z^2 + 3 \cdot \tau_{xz}^2} \leq R \cdot \gamma_c \quad (7)$$

Table 2 – Calculation of stress (two-dimensional problem) in bars (by section A-A)

№	σ_x	σ_z	τ_{xz}	σ_{red}	№	σ_x	σ_z	τ_{xz}	σ_{red}
1	-3.19	-3.7	-1.86	5.85	8	-0.27	-20.4	-11.1	28.03
2	-3.95	-3.26	2.13	6.31	9	3.57	-21.58	-1.14	21.96
3	-6.25	-2.28	2.14	7.62	10	0.86	-16.74	6.09	19.80
4	-9.96	-0.84	1.35	10.27	11	-4	-10.54	9.07	19.34
5	-14.9	0.78	-1.94	15.29	12	-9.07	-4.38	8.73	18.17
6	-17.4	-1.06	-9.44	23.90	13	13.32	-1	5.86	16.78
7	-11	-10.5	-15.5	30.85					

Figure 8 shows the contour plots of stress and displacement by the axis.

The discussion of the received results. The received theoretical results after the researches testify to the following issues:

Work modeling of cutting metal blade was fulfilled in two options (as a rod system – in the form a hingeless circular arch and as a two-dimensional system – in the form thin circular isotropic bar with holes) gives results (as stresses and displacements) are sufficiently close to each other which indicates the reliability initial theoretical assumptions. The contour plots of stresses and displacements along the axis (figure 8 a,b,c) resulting in software package Lira, adequately reflects the work of cutting blade. Thus, for example, N_x , τ_{xz} , N_z increasingly concentrated in the zone of maximum loading blade (closer to the outer contour of the blade) with the blade concentrating stresses infeed zone a treated material body. The

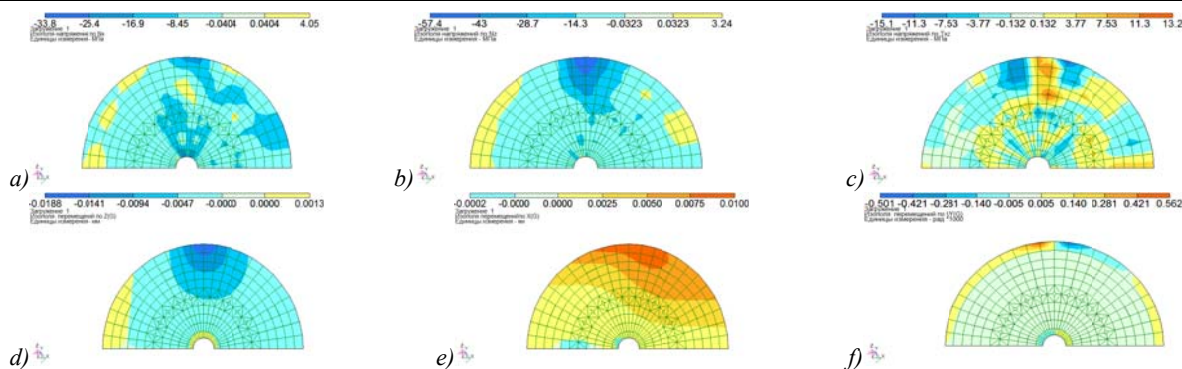


Figure 8 – Contour of the plots and displacement by the axis:
 a) stress contour of plots (σ_x) by the axis X; b) stress contour of plots (σ_z) by the axis Z;
 c) stress contour of plots (τ_{xz}); d) displacement contour of plots by the axis Z;
 e) displacement contour of plots by the axis X; f) contour of plots of angle of rotation relative to the axis Y

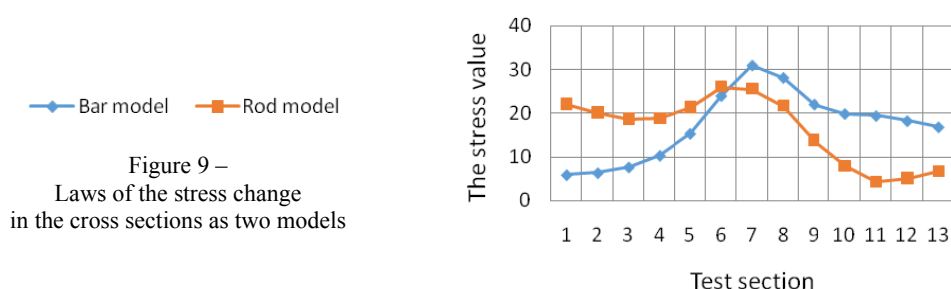


Figure 9 –
 Laws of the stress change
 in the cross sections as two models

received results of calculation are in the form of two models (a rod and bar) showed that under given conditions is provided strength a condition blade saw wherein received value of stress in two calculations don't diverge much (figure 9).

Thus, the given two options of modeling provide reliable protection work.

Conclusions. 1. The methods of a stressed state calculation of a cutting blade was developed for thermal frictional cutting the bars in the cutting process, which is a rotating circular blade in diameter 240 mm, and constant thick $t = 4$ mm.

2. Cutting blade process was modeled by 2 options; as a rod system (in the middle «half-blade» axis) in the hingeless arch form (three times statically indeterminate system) as a two-dimensional system (a circular half-blade) as a thin isotropic bar.

3. The calculations are made with using the following methods: the analytical forces, methods are for hingeless arch (manual count), the numerical methods of finite elements for the bar in the form of «semi-circle» (a machine calculation) based on software package Lira 9.6).

4. Comparison of the calculations results of the saw blade based on two computational models: rod and bar changes indicate similarity laws of stress (figure 9), but there is a definite difference in the values of stress, which is explained by the difference approximating expressions.

К. Т. Шеров¹, М. Р. Сихимбаев², Т. Г. Насад³, Б. Н. Абсадыков⁴,
 А. С. Изотова⁵, А. Е. Окимбаева¹, И. С. Қуанов¹

¹Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан;

²Қазтұтынуодағы Қарағанды экономикалық университеті, Қарағанды, Қазақстан;

³Энгельс технологиялық институты (филиал) Ю.А. Гагарин атындағы
 Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Энгельс, Ресей;

⁴Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты, Алматы, Қазақстан

ТЕРМОФРИКЦИЯЛЫҚ ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН БОЛАТТАН ЖАСАЛҒАН ДИСКІЛІ КЕСКІШТІҢ СЕНІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Авторлар кескіш дискілер мен қондырғыларды аз жылдамдықпен термофрикциялық өндеудің ресурс үнемдеу әдістерін патенттеді. Өндеудің дәстүрлі әдістерімен салыстыру көрсеткендей, пайдаланылатын бұл әдіс жабдықтауға кететін шығынды қарапайым станоктарда қолдану мүмкіндігі арқылы 3-5 есе

азайтады (пшп<4000 айн/мин), аспаптардың беріктігін 10-30 есе арттырады. Алайда, кескіш дискінің қаттылығы мен формасының тұрақтылығына тікелей байланысты болып келетін кесу орнының жоғарғы қабатының перпендикулярлығын қамтамасыз ету проблемасы орын алуы мүмкін. Соған байланысты, болаттан құйылған кескіш дискілердің сенімділігін зерттеуге бағытталған жұмыстар маңызды болып табылады. Берілген жұмыста термофрикциялық кесу үшін арналған болат кескіш дискінің ғылыми-теориялық зерттеулері жүргізілген. Жұмыс істеп тұрған айналмалы дискінің есептік сұлбасын үлгілеуге көптеген тәсілдерден, дөңгелек дискінің қатты денесі диск жазықтығының орта бетіне келтірілген шарсыз айналмалы арка ретінде қарастырылатын стерженьді аппроксимация нұсқасы ұсынылған. Кернеулі-деформацияланған күйді зерттеу үшін классикалық тәсіл қолданылған; арканың симметриясы ескереіле отырып, белгісіз күштер саны үш деп алынды. Кескіш дискінің сенімділігін зерттеу нәтижелерін нақтылау үшін Liga комплекстік бағдарламасында есептеулер жүргізілді. Кернеулер мен орын ауыстырулардың изополясы келтірілген. Дискі араның екі есептеу модулі бойынша есептеу нәтижелерін салыстыру: стерженьді және пластикалық кернеулердің өзгеру заңдылықтарының ұқсастығын көрсетеді, дагенмен кернеулер шамасында белгілі бір өзгешеліктер бар, ол аппроксимация өрнектерінің әртүрлілігімен түсіндіріледі.

Зерттеулер жүргізу нәтижесінде алынған теориялық қорытындылар кескіш дискінің жұмысын моделдеуді екі нұсқада орындау (стерженді жүйе ретінде – шарнирсіз доғалы арка түрінде және қос шамалы жүйе ретінде – саңылаулы жіңішке доғалы изотропты пластина түрінде) бір-біріне өте ұқсас нәтижелер беретінін көрсетеді (кернеулі және ауыстырмалы түрде), ал бұл түпкілікті теориялық болжамдардың дұрыстығын айқындап береді. Liga 9.6 бағдарламалық кешенінде алынған осьтер бойынша жүретін кернеулер мен ауысымдар изоөрісі кескіш дискінің жұмысын баламалы түрде көрсетеді. Екі модель түрінде (стерженді және пластиналы) алынған есептеулер нәтижелері көрсеткендей, берілген күштің жағдайында дискідегі араның беріктілігі жағдайын қамтамасыз етеді, сонымен бірге алынған кернеулердің мәндері екі есептеуде де аса алшақ болмайды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде диаметрі 240 мм, тұрақты қалыңдығы $t=4$ мм доғалы айналмалы дискі болып келетін, кесу процесінде термофрикциялық түрде кесуге арналған кескіш дискінің кернеулі күйін есептеп шығару әдістемесі әзірленді.

Кескіш дискінің атқаратын жұмысы екі нұсқада: стерженді жүйе ретінде (ортадағы ось бойынша (жартылай дискі) – шарнирсіз дискі түрінде (үш реттік статистикалық анықталмаған жүйе); қос шамалы жүйе ретінде (доғалы жартылай дискі) – жіңішке изотропты пластина түрінде моделденеді. Есептеулер келесідей әдістермен: күштердің аналитикалық әдістерімен – шарнирсіз арка үшін (қолмен атқарылатын есептер); түпкі элементтерді санау әдістерімен – «жартылай доға» түріндегі пластиналар үшін (машиналы есептер – Liga 9.6 бағдарламалық кешен негізінде) жүргізіледі. Осы стерженді және пластиналы екі есептеу модельдері бойынша дискілі араны есептеу нәтижелерін салыстыру көрсеткендей, кернеудегі өзгерістер заңдылықтары ұқсас болып шыққан, алайда, аппроксимирлі болып келетін айырмашылықтарымен түсіндірілетін кернеулердің шамалары бойынша белгілі бір айырмашылықтары да болады.

Түйін сөздер: термофрикциялық кесу, кескіш диск, шарнирсіз айналмалы арка, кернеулер изополясі, иілгіш моменттер, бойлық күш, көлденең күш.

**К. Т. Шеров¹, М. Р. Сихимбаев², Т. Г. Насад³, Б. Н. Абсадыков⁴,
А. С. Изотова¹, А. Е. Окимбаева¹, И. С. Куанов¹**

¹Карагандинский государственный технический университет, Караганда, Казахстан;

²Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза, Караганда, Казахстан;

³Энгельский технологический институт (филиал)

Саратовского государственного технического университета им. Ю. А. Гагарина, Энгельс, Россия;

⁴Институт химических наук им. А. Б. Бектурова, Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ СТАЛЬНОГО РЕЖУЩЕГО ДИСКА ДЛЯ ТЕРМОФРИКЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация. Авторами запатентованы ресурсосберегающие способы термофрикционной обработки на малых скоростях, конструкции режущих дисков и устройств. Сравнения с традиционными способами обработки показывают, что использование рассматриваемого снижает расходы на оборудование в 3-5 раз за счет возможности реализации на упрощенных станках (пшп<4000 об/мин), увеличивает стойкость инструмента в 10-30 раз. Однако существует проблема обеспечения перпендикулярности поверхности резания, которая непосредственно зависит от формоустойчивости и жесткости режущего диска. В этой связи работа, направленная на исследование надежности стальных режущих дисков, является актуальной. Выполнено научно-теоретическое исследование работы стального режущего диска для термофрикционной резки. Из множества подходов к моделированию расчетной схемы работающего вращающегося диска предложен

вариант стержневой аппроксимации, когда твердое тело кругового диска рассматривается как бесшарнирная круговая арка, по приведенной к срединной поверхности плоскости диска. Для исследования напряженно-деформированного состояния применен классический метод сил; с учетом симметрии арки число неизвестных сил равно трем. Для исключения побочных коэффициентов использовано свойство упругого центра для невесомой бесконечно жесткой консоли. Для уточнения результатов исследования надежности режущего диска произведен расчет на программном комплексе Lira. Приведены изополя напряжений и перемещений. Сравнение результатов расчетов дисковой пилы по двум расчетным моделям – стержневая и пластинчатая – показывают схожесть закономерностей изменения напряжений, однако существует определенное различие по величинам напряжений, что объясняется различием аппроксимирующих выражений. Полученные в результате исследований теоретические результаты свидетельствуют о том, что моделирование работы режущего диска выполнены в двух вариантах (как стержневая система – в виде бесшарнирной круговой арки и как двумерная система – в виде тонкой круговой изотропной пластины с отверстиями) дает результаты (в виде напряжений и перемещений), достаточно близкие между собой, что свидетельствует о достоверности исходных теоретических предположений. Изополя напряжений и перемещений по осям, полученные на программном комплексе Lira, адекватно отражают работу режущего диска. Полученные результаты расчетов в виде двух моделей (стержневой и пластинчатой) показали, что в условиях заданных усилий обеспечиваются условия прочности дисковой пилы, при этом полученные значения напряжений в обоих расчетах сильно не расходятся. В результате выполненных исследований была разработана методика расчета напряженного состояния режущего диска для термофрикционной резки заготовок в процессе резания, представляющего собой круглый вращающийся диск диаметром 240 мм, постоянной толщиной $t=4$ мм. Работа режущего диска была смоделирована двумя вариантами: как стержневая система (по срединной оси «полудиска») – в виде бесшарнирной арки (трижды статически неопределимая система); как двумерная система (круговой полудиск) – в виде тонкой изотропной пластины. Расчеты произведены следующими методами: аналитическими методами сил – для бесшарнирной арки (ручной счет); численными методами конечных элементов – для пластины в виде «полукруга» (машинный счет – на основе программного комплекса Lira 9.6). Сравнение результатов расчетов дисковой пилы по двум расчетным моделям: стержневая и пластинчатая показывают схожесть закономерностей изменения напряжений, однако есть определенное различие по величинам напряжений, что объясняется различием аппроксимирующих выражений.

Ключевые слова: термофрикционная резка, режущий диск, бесшарнирная круговая арка, изополя напряжения, изгибающие моменты, поперечные усилия, продольные усилия.

Information about authors:

Sherov K.T., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Karaganda state technical university, Karaganda, Kazakhstan; shkt1965@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0209-180X>

Sikhimbayev M.R., Doctor of Economic Sciences, Professor, The Corresponding member of the Russian Academy of Natural sciences, Karaganda economic university of Kazpotrebozoyuz, professor at the Department of "Ecology and assessment", Karaganda, Kazakhstan; smurat@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8763-6145>

Nasad T.G., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Engels Technological Institute (branch) of the Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education «Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A.», Saratov Region, Engels, Russia; tgnas@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9957-6645>

Absadykov B.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, The Corresponding member of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, A. B. Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty, Kazakhstan; b_absadykov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7829-0958>

Izotova A.S., Senior Lecturer, Karaganda state technical university, Karaganda, Kazakhstan; aikerimizat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6225-719X>

Okimbayeva A.E., Senior Lecturer, Karaganda state technical university, Karaganda, Kazakhstan; erkinovna89@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9306-9722>

Kuanov I.S., teacher, Karaganda state technical university, Karaganda, Kazakhstan; isa_kuan@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9827-5728>

REFERENCES

- [1] Volf V.F., Saws for cutting hot metal. Sverdlovsk. "Ural Polytechnic Institute", 1987, 46 p. (in Russ.).
- [2] Nefedov S.I., Cutting metals. - M.: Mechanical Engineering, 2001, 216 p. (in Russ.).
- [3] Veselovsky S.I., Cutting materials. M. "Engineering", 1983, 360 p. (in Russ.).

- [4] Pokintelitsa N., Levchenko E. Projecting Parameters of a Microprofile for a Surface Obtained as a Result of the Thermo-frictional Processing / *Procedia Engineering* 150 (2016), P. 1013-1019 (in Russ.).
- [5] George W., Genevro A., Stephen S. Machine tools: processes and applications, Prentice Hall, 1991. 439 p. (in Russ.).
- [6] Polyanchikov Y.N., Bannikov A.A., et al. Improving the efficiency and effectiveness of the of thermo-cutting friction discs / *Bulletin of Saratov State Technical University*. 2007. N 1. Vol. 3. P. 41-46 (in Russ.).
- [7] Sizi Y.A. Theory and practice of cutting of friction. Kharkiv. P. 1995-333 (in Russ.).
- [8] Zarubitsky E.W., Kostina T.P., Milling of plane surfaces of the parts metal friction disc. The technology and organization of production, M. Publishing House of the MGRS, 1981, N 1. P. 32-33 (in Russ.).
- [9] Kostina T.P., Research of influence of modes of cutting the power consumption in the metalworking of flat surfaces of the friction disc. Sat.: The progressive design of cutting tools and best conditions for their operation. MDNTP, 1983. P. 102-105. (in Russ.).
- [10] Veselovsky S.I., Cutting materials. M. "Engineering", 1973. 360 p. (in Russ.).
- [11] Nefedov S.I., Metals Cutting. M. Mashinostroenie, 2001. 214 p. (in Russ.).
- [12] Sizi Y.A., Dynamics of heating and cooling a friction disc based on heat exchange with the environment. Proceedings of the universities. Mechanical Engineering. 1993, N 7, P. 139-147 (in Russ.).
- [13] Kushnazarov I.K., Musaev F. and ets. The method of cutting metal blanks // Patent №2738 UZ. Special vestnik. 1995. N 3. P.33-34 (in Russ.).
- [14] Alikulov D.U., Imasheva K.I. et al. The method of thermo-frictional processing plane and friction disc design // Patent №22998 of Kazakhstan. 15.10.2010, Bull. N 10. P.50 (in Russ.).
- [15] Muravyev O.P., Bayzhabagino G.A., Imasheva K.I. et al. The method of thermo-frictional cutting-hardening processing of cylindrical surfaces and friction disc design. Patent №25649 of Kazakhstan. 16.04.2012, Bull. N 4 (in Russ.).
- [16] Sherov K.T., Friction disc, Patent №26236 of Kazakhstan, 15.10.2012, Bull. N 10 (in Russ.).
- [17] Sherov K.T., The cutting blade, Patent №26583 of Kazakhstan, 25.12.2012, at Bul. N 12 (in Russ.).
- [18] Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Absadykov B.N., Sikhimbayeva D.R., Buzauova T.M., Karsakova N.G., Gabdysalyk R. Control's accuracy improvement and reduction of labor content in adapting of ways of metalcutting tools // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*. 2018. Vol. 6. N 432. P. 170-179. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X.47> (in Eng.).
- [19] Sherov K.T., Donenbayev B.S. et al. Experimental Research of Rotational-and-Frictional Boring of Big Holes in Large Parts // *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*. Sofia, 2017. Vol. 47, N 4. P. 23-36. <https://doi.org/10.1515/jtam-2017-0018> (in Eng.).
- [20] Khodzhibergenov D.T., Esirkepov A., Sherov K.T. Rational milling of metals // *Russian Engineering Research*. Allerton Press, Inc. 2015. Vol. 35, N 1. P. 43-45. <https://doi.org/10.3103/s1068798x1501013x> (in Eng.).
- [21] Kurmangaliyev T.B., Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Sikhimbayeva D.R., Musaev M.M., Mazdubai A.V. et al. (2018). Experimental study of optimal parameters of pneumatic motor of vibration table for inertial vibroabrasive machining the parts on the basis of beryllium oxide // *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*. 2018. Vol. 5, N 431. P. 184-191. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X.24> ISSN 2518-170X. (Online), ISSN 2224-5278 (Print).
- [22] Nasad T.G., Sherov K.T., Absadykov B.N., Tusupova S.O., Sagitov A.A., Abdugaliyeva G.B., Okimbayeva A.E. Formation management in parts processing regenerated by surfacing // *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*. 2019. Vol. 3, N 435. P. 102-108. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170x.74> ISSN 2518-170X. (Online), ISSN 2224-5278 (Print).
- [23] Volodin, V.N., Trebukhov, S.A., Kenzhaliyev, B.K. et al. Melt-Vapor Phase Diagram of the Te-S System. *Russ. J. Phys. Chem.* (2018) 92: 407. <https://doi.org/10.1134/S0036024418030330>

**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). 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

ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

Редакторы *Д. С. Аленов, М. С. Ахметова, Т. А. Апендиев*
Верстка *Д. А. Абдрахимовой*

Подписано в печать 05.02.2020.
Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
11,0 п.л. Тираж 300. Заказ 1.