

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)
Ozdoyev 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), 56 – 63

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.7>

UDC 539.3.539.374

**Zh. K. Massanov¹, R. B. Baimakhan¹, Zh. T. Kozhabekov¹,
G. K. Tugelbayeva^{1,2}, T. B. Madaliyev¹, E. S. Abdraimov³**

¹Institute of Mechanics and Engineering named after U. A. Djoldasbekov, Almaty, Kazakhstan;

²Military Institute of Land Forces of the Ministry of Defense, Almaty, Kazakhstan;

³Institute Machinery of the National Academy of Science, Bishkek, Kyrgyzstan.

E-mail: Gk0430@mail.ru, zein04@yandex.ru, engineer2013@inbox.ru, brysbekbai@gmail.com

WAVE SPREADING IN RESILIENT VISCOUS-PLASTIC LAYER WITH CAVITY ON THE RIGID BASE

Abstract. Explosion energy effective management at cavities creation in the rocks and soil massif in seismic investigation and dynamic pressure action from explosion and an earthquake on constructions demand more strict calculations for defining wave fields tensed-deforming condition. Therefore big attention is paid for development and improvement of drilling-and-blasting works processes by production workers and scientists. Nowadays scientific and practical works are conducted on studying explosive, rocks crushing processes under the external forces influence, in particular, as well as the blown-up mass consequence influence on the environment.

This scientific work considers research on waves spreading in resilient viscous-plastic layer with cavity based resilient basis under the dynamic pressure from day surface over the cavity.

This task is solved by “discontinuity disintegration” method of S. K. Godunov. This method advantage is all possible gaps in calculations according to this method are represented closer to real, ones than calculations obtained by artificial viscosity.

During the task of this research the hyperbolic type of the first order differential equations system has been obtained describing dynamic pressure influence on resilient viscous-plastic layer around the cavity on layer border and elastic basis.

Obtained numerical solution results can be applied for wave fields assessment, various nature of tension with boundary conditions, designing of various underground constructions.

Key words: resilience, layer, resilient viscous-plastic, cavity, wave, tensed-deforming condition, pressure.

Problem definition and main equations deducing conclusion on resilient and viscous-plastic waves spreading in a layer with cavity based on the elastic basis. Wave source is a dynamic pressure effecting on a layer from a day surface under entry conditions:

$$u = v = \sigma_x = \sigma_y = \tau = 0; \quad \begin{cases} -\infty \leq x \leq \infty \\ 0 \leq y \end{cases} \quad \text{at } t = 0;$$

and the boundary conditions [1,2]:

$$\begin{cases} v = tBe^{-At} \\ u = 0; \end{cases} \quad \text{at } \begin{cases} n_{11} \leq x \leq n_{22}; \\ y = 0; \\ t \geq 0, \end{cases}$$

where $A, B = const$; v, u – responding create medium particle speed on the axis x and y ;
 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau$ – responding create tension.

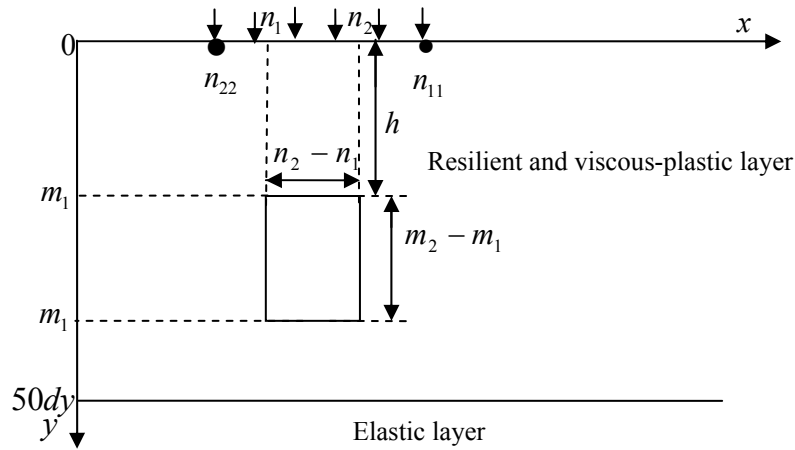


Figure 1 – Cavity in resilient and viscous-plastic layer based on elastic basis

Resilient and viscous-plastic medium equations have the type [3,4,5]:

$$\dot{\varepsilon}_{ij} = \frac{1}{2\mu} \dot{s}_{ij} + \frac{1}{2K} \dot{s} \delta_{ij} + \eta [\Phi(F)] \left(\alpha \delta_{ij} + \frac{s_{ij}}{2\sqrt{J_2}} \right), \tag{1}$$

where α - parameter of soil widening speed.

Function $[\Phi(F)] = \begin{cases} 0 & \text{at } F \leq 0; \\ F & \text{at } F > 0. \end{cases}$ is defined basing on the results of experimental research according to material dynamic features. Function $\Phi(F)$ choice allows to reflect deformation speed influence on fluidity limit [6,7,8,9].

Plane deformation is considered:

$$\varepsilon_{11} = \varepsilon_{xx} = \frac{\partial u_x}{\partial x}; \quad \varepsilon_{22} = \varepsilon_{yy} = \frac{\partial u_y}{\partial y}; \quad \varepsilon_{33} = \varepsilon_{zz} = 0;$$

$$\varepsilon_{12} = \varepsilon_{xy} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right); \quad \varepsilon_{13} = \varepsilon_{xz} = \varepsilon_{23} = \varepsilon_{yz} = 0,$$

where u_x, u_y - displacement on axis x and y , $u = \frac{du_x}{dt}$, $v = \frac{du_y}{dt}$ - speed on axis x and y .

Volume deformation [10,11] has the type:

$$\dot{\varepsilon}_{ii} = \frac{1}{3k} \dot{\delta}_{ii} + 3\alpha\eta \langle \Phi(F) \rangle, \tag{2}$$

The resilient and viscous-plastic medium equations system set to a dimensionless size relatively to elasticity parameters [10,11,12] have the type:

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{12} \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau}{\partial y}; \\ r_{12} \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau}{\partial x}; \\ \frac{\partial \sigma_x}{\partial t} = a_{12} \left\{ \frac{\partial u}{\partial x} + \left(1 - \frac{2}{\gamma_1^2}\right) \frac{\partial v}{\partial y} + \Phi_1 \right\}; \\ \frac{\partial \sigma_y}{\partial t} = a_{12} \left\{ \frac{\partial v}{\partial y} + \left(1 - \frac{2}{\gamma_1^2}\right) \frac{\partial u}{\partial x} + \Phi_2 \right\}; \\ \frac{\partial \sigma_z}{\partial t} = a_{12} \left\{ \left(1 - \frac{2}{\gamma_1^2}\right) \frac{\partial u}{\partial x} + \left(1 - \frac{2}{\gamma_1^2}\right) \frac{\partial v}{\partial y} + \Phi_3 \right\}; \\ \frac{\partial \tau}{\partial t} = a_{12} \left\{ \frac{1}{\gamma_1^2} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{\gamma_1^2} \frac{\partial v}{\partial x} + \Phi_4 \right\}. \end{array} \right. \quad (3)$$

where $r_{12} = \rho_1 / \rho_2$, ρ_1 - resilient and viscous-plastic medium density, ρ_2 - elastic medium density, $a_{12} = \frac{\rho_1 a_1^2}{\rho_2 a_2^2}$, a_1 - longitudinal sound speed in resilient and viscous-plastic medium, a_2 - longitudinal sound speed in elastic medium, $\gamma_1 = a_1 / b_1$, b_1 - transverse sound speed in resilient and viscous-plastic medium [13,14,15].

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi_1 = -(1/\gamma_1^2) \eta \langle \Phi(F) \rangle \left[(3\gamma_1^2 - 4)\alpha + \frac{1}{3}(2\sigma_x - \sigma_y - \sigma_z) / \sqrt{J_2} \right]; \\ \Phi_2 = -(1/\gamma_1^2) \eta \langle \Phi(F) \rangle \left[(3\gamma_1^2 - 4)\alpha + \frac{1}{3}(2\sigma_y - \sigma_x - \sigma_z) / \sqrt{J_2} \right]; \\ \Phi_3 = -(1/\gamma_1^2) \eta \langle \Phi(F) \rangle \left[(3\gamma_1^2 - 4)\alpha + \frac{1}{3}(2\sigma_z - \sigma_x - \sigma_y) / \sqrt{J_2} \right]; \\ \Phi_4 = -(1/\gamma_1^2) \eta \langle \Phi(F) \rangle (\tau / \sqrt{J_2}). \end{array} \right.$$

According to definitive-difference (3) equations systems [16,17,18] have the type:

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{12} \frac{u^{n,m} - u_{n,m}}{\Delta t} = \frac{(\sigma_x)_{n_2} - (\sigma_x)_{n_1}}{\Delta x} + \frac{\tau_{m_2} - \tau_{m_1}}{\Delta y}; \\ r_{12} \frac{v^{n,m} - v_{n,m}}{\Delta t} = \frac{(\sigma_y)_{m_2} - (\sigma_y)_{m_1}}{\Delta y} + \frac{\tau_{n_2} - \tau_{n_1}}{\Delta x}; \\ \frac{(\sigma_x)^{n,m} - (\sigma_x)_{nm}}{\Delta t} = a_{12} \left\{ \frac{u_{n_2} - u_{n_1}}{\Delta x} + \left(1 - \frac{2}{\gamma_1^2}\right) \frac{v_{m_2} - v_{m_1}}{\Delta y} + \Phi_{1n,m} \right\}; \\ \frac{(\sigma_y)^{n,m} - (\sigma_y)_{nm}}{\Delta t} = a_{12} \left\{ \frac{v_{m_2} - v_{m_1}}{\Delta y} + \left(1 - \frac{2}{\gamma_1^2}\right) \frac{u_{n_2} - u_{n_1}}{\Delta x} + \Phi_{2n,m} \right\}; \\ \frac{(\sigma_z)^{n,m} - (\sigma_z)_{nm}}{\Delta t} = a_{12} \left\{ \left(1 - \frac{2}{\gamma_1^2}\right) \frac{u_{n_2} - u_{n_1}}{\Delta x} + \left(1 - \frac{2}{\gamma_1^2}\right) \frac{v_{m_2} - v_{m_1}}{\Delta y} + \Phi_{3n,m} \right\}; \\ \frac{\tau^{n,m} - \tau_{n,m}}{\Delta t} = a_{12} \left\{ \frac{1}{\gamma_1^2} \frac{u_{m_2} - u_{m_1}}{\Delta y} + \frac{1}{\gamma_1^2} \frac{v_{n_2} - v_{n_1}}{\Delta x} + \Phi_{4n,m} \right\}. \end{array} \right. \quad (4)$$

For elastic base the definitive-difference type of differential equations system [19,20]:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{u^{n,m} - u_{n,m}}{\Delta t} &= \frac{\sigma_{xn2} - \sigma_{xn1}}{\Delta x} - \frac{\tau_{m2} - \tau_{m1}}{\Delta y}; \\ \frac{v^{n,m} - v_{n,m}}{\Delta t} &= \frac{\tau_{n2} - \tau_{n1}}{\Delta x} + \frac{\sigma_{ym2} - \sigma_{ym1}}{\Delta y}; \\ \frac{\sigma_x^{n,m} - \sigma_{x,n,m}}{\Delta t} &= \frac{u_{n2} - u_{n1}}{\Delta x} + \left(1 - \frac{2}{\gamma^2}\right) \frac{v_{m2} - v_{m1}}{\Delta x}; \\ \frac{\sigma_y^{n,m} - \sigma_{y,n,m}}{\Delta t} &= \left(1 - \frac{2}{\gamma^2}\right) \frac{u_{n2} - u_{n1}}{\Delta x} + \frac{v_{m2} - v_{m1}}{\Delta x}; \\ \frac{\tau^{n,m} - \tau_{n,m}}{\Delta t} &= \frac{1}{\gamma^2} \frac{u_{m2} - u_{m1}}{\Delta y} + \frac{1}{\gamma^2} \frac{v_{n2} - v_{n1}}{\Delta x}, \end{aligned} \right. \quad (5)$$

There are some results of definitive-difference equations system numerical solution which have been showed in figures 3, 4, 5, 6 and 7.

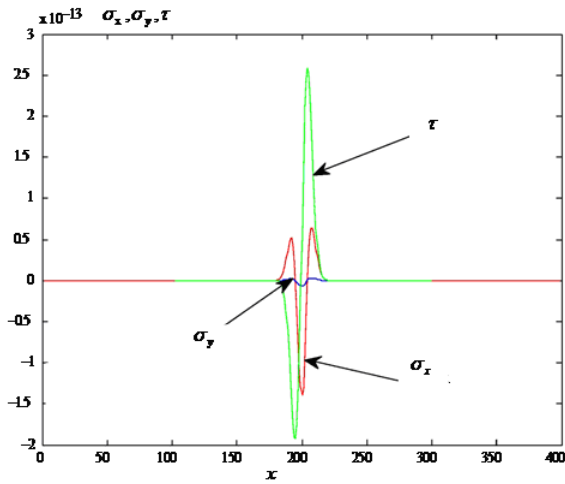


Figure 2 – Normal and tangent tension on axis $x, x = 1dx - 400dx$, at depth under the cavity $y = 21dy$ at a moment of time $t = 395dt$

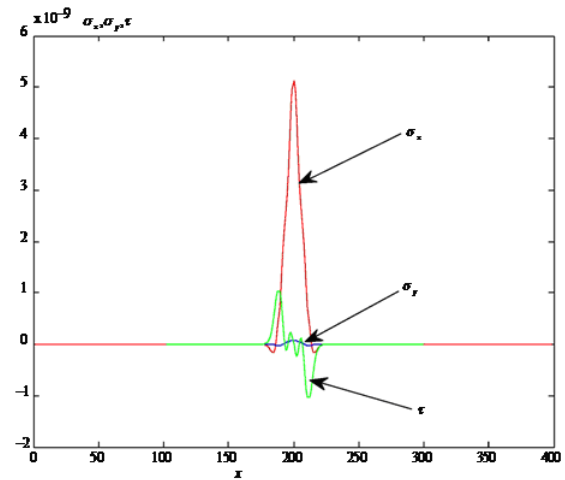


Figure 3 – Normal and tangent tension on axis $x, x = 1dx - 400dx$, at depth under the cavity $y = 5dy$ at a moment of time $t = 395dt$

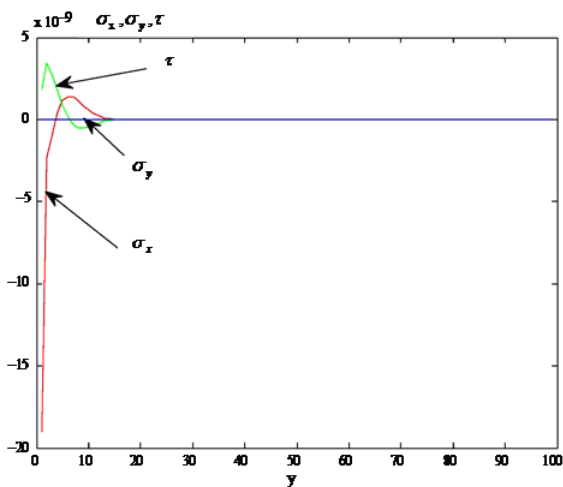


Figure 4 – Normal and tangent tension on axis $y, x = 1dx - 190dx$, at depth along the left vertical side $y = 1dy - 100dy$ at a moment of time $t = 395dt$

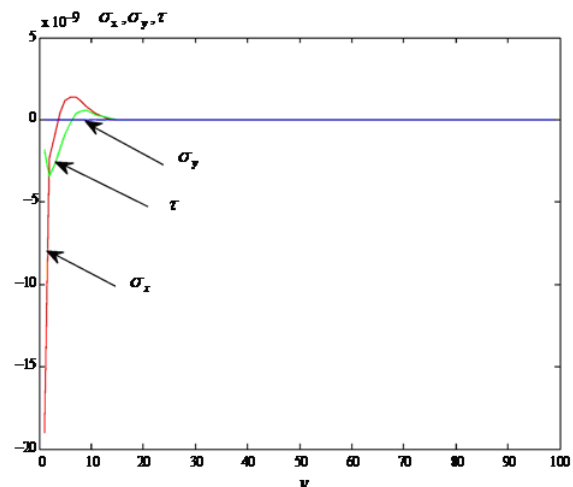


Figure 5 – Normal and tangent tension on axis $y, x = 210dx$, at depth along the right vertical side $y = 1dy - 100dy$ at a moment of time $t = 395dt$

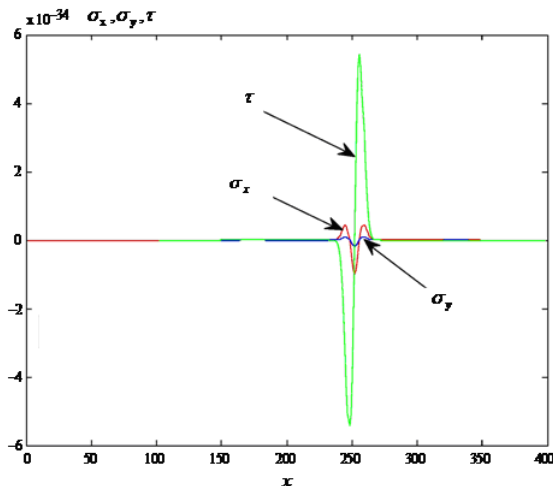


Figure 6 – Normal and tangent tension on axis x , on the border of resilient and viscous-plastic layer and elastic base $x = 1dx - 400dx$, $y = 50dy$ at a moment of time $t = 395dt$

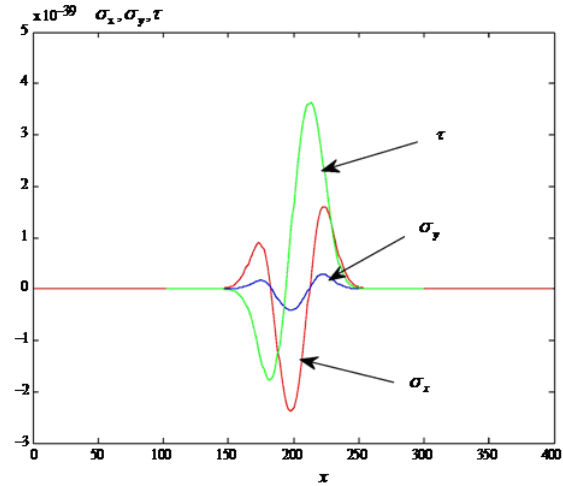


Figure 7 – Normal and tangent tension on axis x , $x=1dx - 400dx$, at depth in elastic base $y = 70dy$ at a moment of time $t = 395dt$

If to compare graphs 2 and 3 where the tension changes along the bottom and top are given and consider these schedules ordinates difference that equals to $2 \cdot 10^3$, i.e. the tension magnitude over the cavity surpass in several orders than under the cavity. The conclusion follows: the cavity top (ceiling) should be strengthened and made stronger, than cavity bottom (floor).

If to compare graphs 4 and 5 where tension changes on depth along the left and right vertical sides, are given it is visible that tension magnitude along the specified sides of one order.

If to consider graphs in figures 6 and 7, then figure 6 shows tension changes along border of two mediums of resilient and viscous-plastic layer and the elastic basis, and figure 7 shows tension in the elastic basis in the horizontal direction. From these schedules it is visible that tension values on two mediums border are higher on two points, than tension magnitudes in the elastic basis.

Conclusion. The hyperbolic equations initial system in first order private derivatives relating to tension components has been researched, characteristic surfaces and characteristic ratios on them are found. The wave field analysis depending on the set pressure form is conducted. Comparison of resilient and viscous-plastic layer free surface fluctuations and its border with the elastic basis are shown on the schedules constructed as the tension dependence from coordinates and time.

The calculation results of analysis received at layer physical parameters and, on free surface in a particular, confirm that medium viscous and plastic properties weaken the set signal characteristics, at the same time the arising plastic areas weaken structural connections in the medium, i.e. led to considerable loss of durability. The results of analysis shows what parts of a cavity are committed to stronger pressure and where strengthenings are necessary. The received results correspond to physics process that confirm the correctly chosen research technique, the constructed model and its realization.

Ж. К. Масанов¹, Ж. Т. Кожабеков¹, Г. К. Тугельбаева^{1,2},
Т. Б. Мадалиев¹, Р. Б. Баймахан¹, Э. С. Абдраимов³

¹Ө. А. Джолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты, Алматы, Қазақстан;

²ҚР ҚМ Құрлық әскерлерінің Әскери институты, Алматы, Қазақстан;

³Ұлттық ғылыми академиясының машинатану институты, Бішкек, Қырғызстан

СЕРПІМДІ НЕГІЗДЕ ЖАТҚАН ҚҰЫСЫ БАР СЕРПІМДІ-ТҮТҚЫРЛЫПЛАСТИКАЛЫҚ ҚАБАТТА ТОЛҚЫННЫҢ ТАРАЛУЫ

Аннотация. Тау жыныстары массивінде қуыс жасағанда және жерқыртысында сейсмикалық барлауда жарылысты тиімді басқару және жарылыстың әсерінен пайда болатын динамикалық жүктемеден немесе жер сілкінісінен құрылыстарға әсер ететін толқын өрісінің кернеулі-деформацияланған күйін анықтау кезінде дәлдігі жоғары есептеу сұлбасын жасау талап етіледі. Сондықтан бұрғылапжару жұмыстарын өркендетуге

және жетілдіруге ғалымдар мен өндірісшілер жағынан үлкен көңіл бөлініп келеді. Қазіргі кезде жарылыс жұмыстарын зерттеуге, оның ішінде сыртқы күштердің көмегімен тау жыныстарын ұсақтау үрдісін қарастыруға және жарылыстан пайда болған заттардың қоршаған ортаға әсерін ғылыми-практикалық зерттеу жұмыстарын жүргізуде.

Бұл ғылыми жұмыста серпімді негізде жатқан қуысы бар серпімді-тұтқырлыпластикалық қабаттың жоғарғы жағында жатқан жазық беттен әсер ететін динамикалық жүктемеден таралатын толқыны зерттеледі.

Берілген мәселені шешуде С. К. Годуновтың «үзіліс ыдырау» әдісі қолданылған. Қолданылған әдістің артықшылығы сонда, бұл әдіспен алынған барлық мүмкін болатын үзілістердің есебі жасалған және алынған жасанды тұтқырлық есебімен салыстырғанда, бұл әдіс шындыққа өте жақын жанасады. Қарастырылған есепті зерттеу жолында серпімді-тұтқырлыпластикалық қабаттағы қуыстың айналасына, қабаттың шекарасына және серпімді негізге динамикалық жүктеменің әсерін сипаттайтын гиперболалық түрдегі бірінші ретті дифференциалдық теңдеулер жүйесі алынған.

Қуыс айналасындағы серпімді-тұтқырлыпластикалық ортаның және екі орта шекарасының кернеулі-дифференциалдық күйін сипаттайтын дифференциалдық теңдеулерді сандық түрде шешу үшін алгоритм жазылып, программа кешені құрылған. Сандық шешімдерінің нәтижелілік графигі ортаның геометриялық параметрлерінің уақытқа тәуелді түрінде берілген.

Алынған нәтижелер төменгі және жоғарғы қабырғаларының бойындағы кернеулердің өзгерістері және графиктердің ординаталарының айырмашылығы -10^6 -ға тең, яғни серпімді-тұтқырлыпластикалық қабатта қуыстың жоғары қабырғасының кернеулік шамасы қуыстың төменгі қабырғасының кернеулік шамасынан бірнеше есе жоғары екенін көрсетеді. Ол кернеудің таралуы бірқалыпсыз, яғни уақыттың өзгеруіне және тереңдіктің артуына байланысты толқынның өшуін білдіреді. Бұдан шығатын тұжырым: негізгі күш жазық беттің үстіңгі қабатына түседі, яғни жазық беттің астыңғы қабырғасына қарағанда, үстіңгі қабырғасын күшейту қажет және берік жасау керек.

Ғылыми мақалада негізгі мәселенің жекеше жағдайлары да қарастырылған, яғни жазық беттің көлденең қабырғасына түсетін динамикалық күштің әсері. Алынған нәтижелерден мынадай тұжырымдамалар шығады: вертикаль оң жақ және сол жақ қабырғалардың бойындағы кернеу шамаларының тереңдікке байланысты әсерлерінің өзгерісінде көп айырмашылық жоқ. Осыған байланысты, вертикаль қабырғаларға түскен динамикалық күштің таралуы бірқалыпты деп есептеуге болады.

Жұмыста екі ортаның шегарасындағы кернеулердің өзгерісі мұқият зерттелген. Жасалған жұмыстан $t = 395dt$ уақыт моментіндегі $x = 1dx - 400dx$, $y = 50dy$ координаталары бойынша нормал және жанама кернеулердің серпімді негіздегі шамасы -10^{-34} және серпімді-тұтқырлыпластикалық қабаттағы кернеудің шамасы -10^{-13} екендігі анықталған. Сондықтан серпімді-тұтқырлыпластикалық ортадан серпімді негізге жылжыған толқын -10^{21} дәрежесіне дейін кемітінін көруге болады.

Серпімді қабаттағы кернеулердің шамасы $t = 395dt$ уақытында x осі бойынша $x = 1dx - 400dx$, $y = 70dy$ тереңлікте -10^{-39} шамасына тең болады. Кернеудің қабылдаған шамасынан толқын серпімді-тұтқырлыпластикалық қабаттан және екі ортаны бөліп тұрған шекарадан өткеннен соң, қатты әлсірейтінін байқауға болады, яғни ортаның тұтқырлығы мен пластикалығы берілген күшті әлсіретеді.

Зерттеулер нәтижесі серпімді-тұтқырлыпластикалық қабаттағы төртбұрышты қуыстың айналасындағы шамаларды бағалауға қолданылады. Қарастырылған зерттеу әдісін қабаттардың кернеулік деформациясын анықтауға және сол арқылы жерасты құрылымдарының беріктігі мен орнықтылығын бағалауда және сияқты геодинамикалық мәселелерді шешу барысында қолдануға болады.

Зерттеу барысында алынған нәтижелерді әртүрлі сипаттағы кернеулік күйлердің толқындық өрістерін бағалау мақсатында қолдануға, осыған ұқсас есептерде шектік шарттармен шектелген есептерді шешуге және әртүрлі жерасты құрылымдар мен құрылыстардың проектировании кернеулік күйлерін анықтауда қолдануға болады.

Түйін сөздер: серпімділік, қабат, серпімді-тұтқырлыпластикалық (қабат), қуыс, жүктеме, толқын, кернеулі-деформациялық күй.

**Ж. К. Масанов¹, Р. Б. Баймахан¹, Ж. Т. Кожабеков¹,
Г. К. Тугельбаева^{1,2}, Т. Б. Мадалиев¹, Э. С. Абдраимов³**

¹Институт механики и машиноведения им. У. А. Джолдасбекова, Алматы, Казахстан;

²Военный институт Сухопутных войск МО РК, Алматы, Казахстан;

³Институт машиноведения Национальной академии наук, Бишкек, Кыргызстан

РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ НА УПРУГО-ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОМ СЛОЕ С ПОЛОСТЬЮ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Аннотация. Эффективное управление энергией взрыва при создании полостей в массиве горных пород и грунтов в сейсмической разведке и действие динамических нагрузок от взрыва и землетрясения на

сооружения требуют более строгих расчетных схем для определения напряженно-деформированного состояния волновых полей. Поэтому вопросам развития и совершенствования процессов буровзрывных работ уделяется большое внимание со стороны производителей и ученых. В настоящее время ведутся научно-практические работы по изучению взрывных, в частности изучаются процессы дробления горных пород под воздействием внешних сил, также влияние на окружающую среду последствия от взорванной массы.

В данной научной работе рассматриваются исследования распространения волн в упруго-вязкопластическом слое с полостью, лежащем на упругом основании при воздействии динамической нагрузки со стороны дневной поверхности над полостью. Для решения поставленной задачи применяется метод «распада разрыва» С.К. Годунова. Преимущество данного метода заключается в том, что все возможные разрывы в расчетах по этому методу представляются более близкими к реальным, чем расчеты, полученные при использовании искусственной вязкости. При исследовании данной задачи получена система дифференциальных уравнений первого порядка гиперболического типа, которая описывает влияние динамической нагрузки на упруго-вязкопластический слой вокруг полости, на границе слоя и на упругом основании.

Для численных решений дифференциальных уравнений разработан программный комплекс с алгоритмом, для определения напряженно-деформируемого состояния вокруг полости в упруго-вязкопластическом слое и на границе двух сред.

Результаты численного решения представлены в виде графиков зависимости геометрических параметров среды от времени.

Из полученных результатов видно, что изменения напряжений вдоль нижней и верхней стенки, а также разность ординат этих графиков равна -10^6 , то есть в упруго-вязкопластическом слое величины напряжений над полостью превосходят в несколько порядков, чем величины напряжений под полостью. Что означает неравномерное распределение напряжений, то есть с течением времени и увеличением глубины волна угасает. Отсюда следует, что основная нагрузка приходится на верхнюю стенку полости, то есть верхнюю стенку полости надо укреплять и сделать более прочным, чем нижнюю стенку полости.

В научной статье также рассмотрен частный случай основной задачи – влияние динамической нагрузки на вертикальные стенки полости. По полученным результатам можно сделать следующие выводы: изменения напряжений по глубине вдоль левой и правой вертикальных стенок имеют незначительные отклонения, то есть величины напряжений вдоль указанных стенок одного порядка. Это означает, что динамическая нагрузка на вертикальные стенки полости распределена равномерно.

В работе подробно изучено изменение напряжения на границе двух сред. Из этого следует, из работы напряжения на границе упруго-вязкопластического слоя и упругого основания при координатах $x = 1dx - 400dx$, $y = 50dy$ в момент времени $t = 395dt$ имеем нормальные и касательные напряжения порядок -10^{-34} , эти же напряжения в упруго-вязкопластическом слое имеют порядок -10^{-13} , что означает: волна при движении к границе с упругим основанием убывает на порядок -10^{21} .

Результаты параметров напряжений в упругом слое по оси x , $x = 1dx - 400dx$, на глубине $y = 70dy$ в момент времени $t = 395dt$ имеет порядок -10^{-39} . Мы видим из расчетов параметров напряжений, что после прохождения волны упруго-вязкопластического слоя и границы двух сред – волны сильно гасятся, то есть вязкие и пластические свойства среды ослабляют характеристики задаваемого сигнала.

Результаты исследований позволят дать оценку параметрам волновых процессов вокруг прямоугольной полости в упруго-вязкопластическом слое. Предложенная методика исследования может быть использована для определения напряженно-деформированного состояния слоя, которые могут быть использованы при оценке прочности и устойчивости подземных сооружений, а также при решении задачи геодинамики.

А также полученные результаты могут быть применены для оценки волновых полей, для установления характера напряженного состояния, при решении аналогичных задач с граничными условиями и при проектировании различных подземных сооружений и конструкций.

Ключевые слова: упругость, слой, упруго-вязкопластичность, полость, нагрузка, волна, напряженно-деформируемое состояние.

Information about authors:

Massanov Zh.K., Institute of Mechanics and Engineering named after U.A. Djoldasbekov, Almaty, Kazakhstan; <https://orcid.org/0000-0002-6337-7783>

Baimakhan R.B., Institute of Mechanics and Engineering named after U.A. Djoldasbekov, Almaty, Kazakhstan; brysbekbai@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4042-1689>

Kozhabekov Zh.T., Institute of Mechanics and Engineering named after U.A. Djoldasbekov, Almaty, Kazakhstan; zhake-imm@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7001-6428>

Tugelbayeva G.K., Institute of Mechanics and Engineering named after U.A. Djoldasbekov, Almaty, Kazakhstan; Military Institute of Land Forces of the Ministry of Defense, Almaty, Kazakhstan; <https://orcid.org/0000-0002-8934-2685>

Madaliyev T.B., Institute of Mechanics and Engineering named after U.A. Djoldasbekov, Almaty, Kazakhstan;
<https://orcid.org/0000-0001-5621-2609>

Abdraimov E.S., Institute Machinery of the National Academy of Science, Bishkek, Kyrgyzstan;
<https://orcid.org/0000-0002-0818-0160>

REFERENCES

- [1] Massanov Zh.K., Kozhabekov Zh.T., Tugelbayeva G.K. (2017) Fundamental and applied issues of mountain sciences [Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornyh nauk] 2:118-122 (in Russ.).
- [2] Junibakov T.M., Ketelman B.N., Malinin N.I. (1998) Tension relax in resilient viscous materials. Gylym. Almaty. ISBN: 5-628-022950-0
- [3] Godunov S.K. (1961) Calculative math and mathematical physics [Vychislitel'naja matematika I matematicheskaja fizika] 6:1020-1050 (in Russ.).
- [4] Nurzhumayev O.N., Tugelbayeva G.K. (2004) Wave spreading numerical researches in nonelastic different module medium. Materials of International scientific conference First Erzhan readings, Pavlodar, Kazakhstan. P. 188.
- [5] Kasymkanova Kh., Jangulova G., Bekseitova R., Miletenko N., Bidauletova G., Turekhanova V., Zhalgasbekov E., Shmarova I. (2018) Express-assessment of geomechanic condition of the rock massive and development methods of its strengthening and reinforcing for safe ecological developing of the fields of mineral resources in hard mountain-geological and mining engineering conditions. News of NAS RK. Series of Geology and Technical sciences. Vol. 1. N 431. P. 37-46. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X.33> ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)
- [6] Burzhmaev O.N., Tugelbayeva G.K. (2004) Rakhmatulin wave propagation in a multi-modular elastoplastic rod / Vestnik Kaz NU [Vestnik Kaz NU] 4:79-82 (on Russ.).
- [7] Seitmuratov A., Ergaulova Z., Makhambayeva I., Bekseitova A. (2018) Axis metric problems of elastic layer oscillation limited by rigid or deformed boundaries. News of the National Academy of sciences of the RK. Series of geology and technical sciences. Vol. 1. N 427, P. 127-135. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X> ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)
- [8] Massanov Zh.K., Kozhabekov Zh.T., Tugelbayeva G.K. (2014) Research of wave field in quarter-sphere with cylindrical cavities based perpendicular at day surface. Materials of IX International symposium on fundamental and applied sciences issues, Nepryakhino, Russia, P. 157.
- [9] Tugelbayeva G.K. (2009) Bulletin of Scientific-technical journal of road and communication development [Vestnik Nauchno-tehnicheskij zhurnal razvitie putej I soobshenij] 4: 20-22 (on Russ.).
- [10] Seitmuratov A.Zh., Seilova Z.T., Kanibaikyzy K., Smakhanova A.K., Serzhbol M.C., (2018) Approximate equation plate oscillation for transverse displacement of points of the median plane. News of the National Academy of Sciences of the RK. Series of Geology and technical sciences. Vol. 3, N 429, P. 258-265. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X> ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)
- [11] Masanov Zh.K., Koshzabekov Zh.T., Tugelbayeva G.K., Sarsenov B.Sh. (2017). Resilient and elastic viscous-plastic wave spreading in layered semi-spheres with cavity. Military Institute of Land Forces, Almaty. P. 258-265. ISBN: 978-601-80592-4-7
- [12] Kabyzbekov K.A., Dasibekov A.D., Abdrakhmanova Kh.K., Saidakhmetova P.A., Isayev E.B., Urmashiev B.A. (2018) Calculation and visualization of oscillating systems. News of the National Academy of sciences of the RK. Series of Geology and Technical sciences. Vol. 5. N 431. P. 110-119. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X.41> ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)
- [13] Masanov Zh.K., Koshzabekov Zh.T., Tugelbayeva G.K. (2012) Resilient semi-sphere tense-deformed condition with cavity. Materials of International conference Modern problems of solid medium mechanics, Bishkek, Kyrgyzstan. P.171.
- [14] Seitmuratov A.Zh., Makhambayeva I.U., Medeubayev N.K., (2016) Analysis of tensely of the deformed state of peigree array nearby making. News of National Academy of science of RK. Series of geology and technical sciences. Vol. 6. N 420. P. 146-153. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X>. ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)
- [15] Porshhev S.V. (2009) MATLAB 7. Work and programming basis. Binom press, M. ISBN: 978-5-9518-0358-0
- [16] Rakishhev B.R., Shashenko A.N., Kovrov A.S. (2018) Trends of the rock failure conceptions development. News of the National Academy of Sciences of RK. Series of Geology and technical sciences. Vol. 5. N 431. P. 161-169. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X.46> ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)
- [17] Koishina A.I., Kirisenko O.G., Koilybayev B.N., Agayeva K.K. (2018) Decision-making for choosing of geological and engineering operations: current status and prospects. News of the National Academy of sciences of RK. Series of geology and technical sciences. Vol. 3. N 430. P. 6-17. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X>. ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)
- [18] Kanafina K.M., Rakhmetov I.K. (2018) Estimate of forecast resources of underground water in Naryn sandy area. News of the National Academy of sciences of RK. Series of geology and technical sciences. Vol. 3. N 430. P. 132-144. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X>. ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)
- [19] Masanov Zh.K., Koshzabekov Zh.T., Tugelbayeva G.K. (2015) Scientific journal Fundamental and applied issues of mountain sciences [Nauchniy zhurnal Fundamentalnye i prikladnye voprosy gornyh nauk] 2: P.39-44 (on Russ.).
- [20] Masanov Zh.K., Koshzabekov Zh.T., Tugelbayeva G.K. (2015) Research of wave fields in resilient viscous-plastic quarter sphere with cavity. Materials of IV International scientific conference Innovation in Kazakhstan science, education and production, Almaty, Kazakhstan. P. 264.

**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](http://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.