



Қазақстан Республикасы
Ұлттық инженерлік академиясының

ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Национальной инженерной академии
Республики Казахстан

№ 3 (69)

**Алматы
2018**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК НАЦИОНАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ РК**

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
академик Б. Т. ЖУМАГУЛОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Н. К. Надиров – академик, заместитель главного редактора; **Ж. Т. Багашарова** – ответственный секретарь; академик **Ж. М. Адилев**, академик **А. Ч. Джомартов**, академик **Р. А. Алшанов**, академик **М. Ж. Битимбаев**, академик **А. В. Болотов**, академик **А. И. Васильев** (Украина), академик **Б. В. Гусев** (Россия), академик **Г. Ж. Жолтаев**, академик **П. Г. Никитенко** (Белоруссия), академик **К. К. Кадыржанов**, академик **К. С. Кулажанов**, академик **А. А. Кулибаев**, академик **М. М. Мырзахметов**, академик **Х. Милошевич** (Сербия), академик **Г. А. Медиева**, академик **А. М. Пашаев** (Азербайджан), академик **А. Ш. Татыгулов**, академик **А. К. Тулешов**, академик **Б. Б. Телтаев**, академик **Ю. И. Шокин** (Россия).

**INTERNATIONAL
SCIENTIFICALLY-TECHNICAL JOURNAL
HERALD TO NATIONAL ENGINEERING ACADEMY
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

B. T. ZHUMAGULOV
Editor-in-Chief, academician

THE EDITORIAL BOARD:

N. K. Nadirov – academician, Deputy Editor; **Zh. T. Bagasharova** – Managing Editor; **Zh. M. Adilov**, academician; **A. Ch. Dzhomartov**, academician; **R. A. Alshanov**, academician; **M. Zh. Bitimbayev**, academician; **A. V. Bolotov**, academician; **A. I. Vasilyev**, academician (Ukraine); **B. V. Gusev**, academician (Russia); **G. Zh. Zholtayev**, academician; **P. G. Nikitenko**, academician (Belorussia); **K. K. Kadyrzhanov**, academician; **K. S. Kulazhanov**, academician; **A. A. Kulibayev**, academician; **M. M. Myrzakhmetov**, academician; **H. Miloshevich**, academician (Serbiya); **G. A. Mediyeva**, academician; **A. M. Pashayev**, academician (Azerbaijan); **A. Sh. Tatygulov**, academician; **A. K. Tuleshov**, academician; **B. B. Teltayev**, academician; **Yu. I. Shokin**, academician (Russia).

УЧРЕДИТЕЛЬ:

Республиканское общественное объединение
«Национальная инженерная академия Республики Казахстан».

Издается с 1997 года.

Выходит 4 раза в год.

Свидетельство о регистрации издания № 287 от 14.11.1996 г.,
выдано Национальным агентством по делам печати и массовой информации
Республики Казахстан.

Свидетельство о перерегистрации № 4636-Ж от 22.01.2004 г.,
выдано Министерством информации Республики Казахстан.

Журнал включен Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан
в перечень изданий для публикации основных результатов научно-технических работ соис-
кателей ученых степеней доктора философии PhD и доктора по профилю и ученых званий
доцента и профессора.

Журнал включен в международную англоязычную базу реферативных данных по техниче-
ским наукам INSPEC.

Подписку на журнал можно оформить в отделениях связи АО «Казпочта»,
ТОО Агенстве «Евразия пресс» и ТОО Агенстве «Еврика пресс».

Подписной индекс:

для физических лиц – **75188**,
для юридических лиц – **25188**.

Подписка продолжается в течение года.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 80, к. 415.

Тел. 8-7272-915290, факс: 8-7272-915190,

e-mail: nia_rk@mail.ru, ntpneark@mail.ru, www.neark.kz

FOUNDER:

Republic public association
“National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan”.

Published since 1997 year.

Issued 4 times a year.

Certificate about registration the edition N 287, November, 14, 1996,
was given by National agency on affaires of press and mass information
of the Republic of Kazakhstan.

Certificate about re-registration N 4636-Zh, January, 22, 2004,
was given by Ministry of information of the Republic of Kazakhstan.

The Committee of Science of Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan has included the Journal into the list of issues for publication of the main results of scientific-technical investigations of applicants for scientific degrees (Doctor philosophy PhD, Doctor on specialization) and academic ranks (Professor and Associate professor).

The Journal was included into international English-language abstracts database on technical sciences “INSPEC”.

Subscription to journal may be drawn up at post offices of OJSC “Kazpochta”,
in PLL Agency “Evraziya press” and PLL Agency “Evrka press” .

Subscription index:

for natural persons – **75188**,

for juristic persons – **25188**.

Subscription continues during a year.

Address of editorial offices: 050010, Almaty city, Bogenbay Batyr str., 80, off. 415.

Tel. 8-7272-915290, fax: 8-7272-915190,

e-mail: nia_rk@mail.ru, ntpneark@mail.ru, www.neark.kz

УДК 624.195:539.3

В. Н. УКРАИНЕЦ¹, Ж. О. ОТАРБАЕВ², С. Р. ГИРНИС¹

¹Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

²Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К. И. Сатпаева

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ БЕГУЩЕЙ В ПОДКРЕПЛЕННОМ ТРЕХСЛОЙНОЙ ОБДЕЛКОЙ ТОННЕЛЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА РЕАКЦИЮ ОКРУЖАЮЩЕГО МАССИВА

На основе решения задачи о действии движущейся с постоянной скоростью периодической нагрузки на трехслойную оболочку в упругом пространстве исследуется влияние скорости движения в подкрепленном трехслойной обделкой тоннеле глубокого заложения периодической нагрузки на напряженно-деформированное состояние окружающего массива.

Ключевые слова: тоннель, трехслойная оболочка, подвижная периодическая нагрузка, напряженно-деформированное состояние.

Серпімді кеңістікте ұшқабатты қабықшаға тұрақты жылдамдықпен жылжытытын периодты жүктеме әрекеті туралы есептің шешімі негізінде ұшқабат қаптамасымен күшейтілген терең орналасқан тоннельде қоршаған массивтің кернеу-деформациялық күйіне периодты жүктеме жылдамдығының әрекеті зерттеленді.

Кілттік сөздер: тоннель, ұшқабат қабықша, жылжымалы периодты жүктеме, кернеу-деформациялық күйі.

The influence of velocity of the three-layer reinforcement in the tunnel lining deep foundations periodic load on the stress-strain state surrounding the array by solving the problem of the action of moving with constant velocity periodic loads on the three-layer casing in an elastic space.

Keywords: tunnel, three-layer reinforcement, floating periodic load, stress-strain state.

Задачи о действии подвижной осесимметричной нормальной нагрузки на тонкостенную и толстостенную круговую цилиндрическую оболочку в упругом пространстве рассматривались в статьях [1,2]. Эти задачи являются модельными при исследовании динамики подкрепленных однородной цилиндрической обделкой тоннелей глубокого заложения при действии транспортной нагрузки. Однако использование такой модели подземного сооружения может быть ограничено при применении в практике строительства трехслойных (например, сталебетонных [3]) цилиндрических обделок.

1. Постановка и решение задачи. Рассмотрим цилиндрическую полость радиусом R_1 в бесконечной, линейно-упругой, однородной и изотропной среде. Полость подкреплена трехслойной круговой оболочкой, средним слоем которой является толстостенная оболочка (заполнитель), а внешние слои (обшивка) представляют собой тонкостенные оболочки. Контакт между слоями оболочки и окружающим её массивом полагаем жёстким. В силу малости толщины составляющих обшивку оболочек будем считать, что они контактируют с заполнителем и массивом вдоль срединных поверхностей. Обозначим толщину внешней оболочки обшивки h_{01} при радиусе кривизны её срединной поверхности R_1 , а толщину внутренней оболочки обшивки – h_{02} с радиусом кривизны срединной поверхности R_2 . По внутренней поверхности слоистой оболочки в направлении её оси z с постоянной скоростью c (меньшей, чем скорости распространения волн сдвига в заполнителе и окружающем массиве) движется нагрузка P .

Исследуем реакцию упругого пространства в связанной с нагрузкой подвижной цилиндрической системе координат $(r, \theta, \eta = z - ct)$ на действие бегущей периодической по η нагрузки P вида

$$P(\theta, \eta) = p(\theta)e^{i\xi\eta}, \quad p(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n e^{in\theta}, \tag{1}$$

$$P_j(\theta, \eta) = p_j(\theta)e^{i\xi\eta}, \quad p_j(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_{nj} e^{in\theta}, \quad j = r, \theta, \eta,$$

где константа ξ определяет период $T = 2\pi/\xi$ действующей нагрузки; $P_j(\theta, \eta)$ – составляющие интенсивности нагрузки $P(\theta, \eta)$.

Для описания движения оболочек обшивки воспользуемся классическими уравнениями теории тонких оболочек:

$$\begin{aligned} & \left[1 - \frac{(1 - \nu_{0k})\rho_{0k}c^2}{2\mu_{0k}} \right] \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \eta^2} + \frac{1 - \nu_{0k}}{2R_k^2} \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \theta^2} + \frac{1 + \nu_{0k}}{2R_k} \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \eta \partial \theta} + \frac{\nu_{0k}}{R_k} \frac{\partial u_{0rk}}{\partial \eta} = \\ & = \frac{1 - \nu_{0k}}{2\mu_{0k}h_{0k}} (q_{\eta k} - q_{\eta R_k}), \\ & \frac{1 + \nu_{0k}}{2R_k} \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \eta \partial \theta} + \frac{(1 - \nu_{0k})}{2} \left(1 - \frac{\rho_{0k}c^2}{\mu_{0k}} \right) \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \eta^2} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \theta^2} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial u_{0rk}}{\partial \theta} = \\ & = \frac{1 - \nu_{0k}}{2\mu_{0k}h_{0k}} (q_{\theta k} - q_{\theta R_k}), \tag{2} \\ & \frac{\nu_{0k}}{R_k} \frac{\partial u_{0\eta k}}{\partial \eta} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial u_{0\theta k}}{\partial \theta} + \frac{h_{0k}^2}{12} \nabla^2 \nabla^2 u_{0rk} + \frac{(1 - \nu_{0k})\rho_{0k}c^2}{2\mu_{0k}} \frac{\partial^2 u_{0rk}}{\partial \eta^2} + \frac{u_{0rk}}{R_k^2} = \\ & = - \frac{1 - \nu_{0k}}{2\mu_{0k}h_{0k}} (q_{rk} - q_{rR_k}), \end{aligned}$$

где для внешней оболочки обшивки $k = 1$, для внутренней – $k = 2$; $u_{0\eta k}$, $u_{0\theta k}$, u_{0rk} – перемещения точек срединных поверхностей оболочек обшивки в направлении осей подвижной цилиндрической системы координат η , θ , r ; ν_{0k} , μ_{0k} , ρ_{0k} – соответственно коэффициенты Пуассона, модули сдвига и плотности материала оболочек обшивки; $q_{jR_2} = \sigma_{rj2}|_{r=R_2}$, $q_{j1} = \sigma_{rj2}|_{r=R_1}$, $q_{jR_1} = \sigma_{rj1}|_{r=R_1}$ – составляющие реакции заполнителя и среды; σ_{rj2} , σ_{rj1} – соответственно компоненты тензора напряжений в заполнителе и среде ($j = \eta, \theta, r$); $q_{j2} = P_j$ ($j = \eta, \theta, r$), P_η , P_θ , P_r – составляющие интенсивности подвижной нагрузки P ; ∇^2 – оператор Лапласа.

Для описания движения заполнителя и окружающей среды используем динамические уравнения теории упругости:

$$\left(\frac{1}{M_{pk}^2} - \frac{1}{M_{sk}^2} \right) \text{grad div } \mathbf{u}_k + \frac{1}{M_{sk}^2} \nabla^2 \mathbf{u}_k = \frac{\partial^2 \mathbf{u}_k}{\partial \eta^2}, \quad k = 1, 2. \quad (3)$$

Здесь и в дальнейшем индекс $k = 1$ относится к среде, а $k = 2$ – к заполнителю; $M_{pk} = c/c_{pk}$, $M_{sk} = c/c_{sk}$ – числа Маха; $c_{pk} = \sqrt{(\lambda_k + 2\mu_k)/\rho_k}$, $c_{sk} = \sqrt{\mu_k/\rho_k}$ – скорости распространения волн расширения – сжатия и сдвига в среде и внешнем слое оболочки; $\lambda_k = 2\mu_k \nu_k / (1 - 2\nu_k)$, μ_k – модули сдвига; ν_k – коэффициенты Пуассона; ρ_k – плотности; \mathbf{u}_k – векторы смещений точек упругого пространства и заполнителя.

Выражая \mathbf{u}_k через потенциалы Ламе

$$\mathbf{u}_k = \text{grad } \varphi_{1k} + \text{rot}(\varphi_{2k} \mathbf{e}_\eta) + \text{rot rot}(\varphi_{3k} \mathbf{e}_\eta), \quad k = 1, 2, \quad (4)$$

преобразуем уравнения (3) к виду

$$\nabla^2 \varphi_{jk} = M_{jk}^2 \frac{\partial^2 \varphi_{jk}}{\partial \eta^2}, \quad j = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2, \quad (5)$$

где $M_{1k} = M_{pk}$, $M_{2k} = M_{3k} = M_{sk}$.

Выразим компоненты напряженно-деформированного состояния (НДС) массива и заполнителя через потенциалы φ_{jk} .

Компоненты вектора \mathbf{u}_k (4):

$$\begin{aligned} u_{rk} &= \frac{\partial \varphi_{1k}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi_{2k}}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 \varphi_{3k}}{\partial \eta \partial r}, \\ u_{\theta k} &= \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi_{1k}}{\partial \theta} - \frac{\partial \varphi_{2k}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \varphi_{3k}}{\partial \eta \partial \theta}, \\ u_{\eta k} &= \frac{\partial \varphi_{1k}}{\partial \eta} + m_{sk}^2 \frac{\partial^2 \varphi_{3k}}{\partial \eta^2}, \end{aligned} \quad (6)$$

где $m_{sk}^2 = 1 - M_{sk}^2$.

Используя закон Гука и соотношения (6), получаем выражения для компонентов тензора напряжений:

$$\begin{aligned} \sigma_{\eta k} &= (2\mu_k + \lambda_k M_{pk}^2) \frac{\partial^2 \varphi_{1k}}{\partial \eta^2} + 2\mu_k m_{sk}^2 \frac{\partial^3 \varphi_{3k}}{\partial \eta^3}, \\ \sigma_{\theta k} &= \lambda_k M_{pk}^2 \frac{\partial^2 \varphi_{1k}}{\partial \eta^2} + \frac{2\mu_k}{r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial^2 \varphi_{1k}}{\partial \theta^2} + \frac{\partial \varphi_{1k}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi_{2k}}{\partial \theta} - \frac{\partial^2 \varphi_{2k}}{\partial r \partial \theta} + \frac{1}{r} \frac{\partial^3 \varphi_{3k}}{\partial \theta^2 \partial \eta} + \frac{\partial^2 \varphi_{3k}}{\partial r \partial \eta} \right), \\ \sigma_{rk} &= \lambda_k M_{pk}^2 \frac{\partial^2 \varphi_{1k}}{\partial \eta^2} + 2\mu_k \left(\frac{\partial^2 \varphi_{1k}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \varphi_{2k}}{\partial \theta \partial r} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial \varphi_{2k}}{\partial \theta} + \frac{\partial^3 \varphi_{3k}}{\partial r^2 \partial \eta} \right), \\ \sigma_{r\eta k} &= \mu_k \left(2 \frac{\partial^2 \varphi_{1k}}{\partial \eta \partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \varphi_{2k}}{\partial \theta \partial \eta} + (1 + m_{sk}^2) \frac{\partial^3 \varphi_{3k}}{\partial \eta^2 \partial r} \right), \\ \sigma_{\eta \theta k} &= \mu_k \left(\frac{2}{r} \frac{\partial^2 \varphi_{1k}}{\partial \theta \partial \eta} - \frac{\partial^2 \varphi_{2k}}{\partial r \partial \eta} + \frac{(1 + m_{sk}^2)}{r} \frac{\partial^3 \varphi_{3k}}{\partial \theta \partial \eta^2} \right), \\ \sigma_{r\theta k} &= 2\mu_k \left(\frac{1}{r} \frac{\partial^2 \varphi_{1k}}{\partial \theta \partial r} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial \varphi_{1k}}{\partial \theta} - \frac{\partial^2 \varphi_{2k}}{\partial r^2} - \frac{m_{sk}^2}{2} \frac{\partial^2 \varphi_{2k}}{\partial \eta^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial^3 \varphi_{3k}}{\partial r \partial \eta \partial \theta} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \varphi_{3k}}{\partial \eta \partial \theta} \right). \end{aligned} \tag{7}$$

Потенциалы φ_{jk} будем искать в виде

$$\varphi_{jk}(r, \theta, \eta) = \Phi_{jk}(r, \theta) e^{i\xi \eta}. \tag{8}$$

Подставляя выражение (8) в (5), получаем

$$\nabla_2^2 \Phi_{jk} - m_{jk}^2 \xi^2 \Phi_{jk} = 0, \quad j = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2, \tag{9}$$

где $m_{jk}^2 = 1 - M_{jk}^2$, $m_{1k} \equiv m_{pk}$, $m_{2k} = m_{3k} \equiv m_{sk}$, ∇_2^2 – двумерный оператор Лапласа.

В дозвуковом случае $M_{sk} < 1$ ($m_{2k} = m_{3k} = m_{sk} > 0$, $k = 1, 2$), и мы приходим к известным решениям уравнений (9):

для массива

$$\Phi_{j1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} K_n(k_{j1} r) e^{in\theta}; \tag{10 а}$$

для заполнителя

$$\Phi_{j2} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} (a_{nj+3} K_n(k_{j2} r) + a_{nj+6} I_n(k_{j2} r)) e^{in\theta}. \tag{10 б}$$

Здесь $I_n(kr)$, $K_n(kr)$ – функции Бесселя первого и второго рода от мнимого аргумента, $k_{j1} = |m_{j1} \xi|$, $k_{j2} = |m_{j2} \xi|$, $j = 1, 2, 3$; a_{n1}, \dots, a_{n9} – неизвестные коэффициенты, подлежащие определению.

Подставляя формулу (10 а) с учётом выражения (8) в (6), (7), получаем формулы для вычислений компонентов напряженно-деформированного состояния массива:

$$u_{l1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 T_{lj1} (K_n(k_{j1}r)) e^{i(\xi\eta+n\theta)} a_{nj},$$

$$\frac{\sigma_{lm1}}{\mu_1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 S_{lmj1} (K_n(k_{j1}r)) e^{i(\xi\eta+n\theta)} a_{nj}, \quad (11)$$

где $l = r, \theta, \eta$, $m = r, \theta, \eta$;

$$T_{r11} = k_{11}K'_n(k_{11}r), \quad T_{r21} = -\frac{n}{r}K_n(k_{21}r), \quad T_{r31} = -\xi k_{31}K'_n(k_{31}r),$$

$$T_{\theta11} = \frac{n}{r}K_n(k_{11}r)i, \quad T_{\theta21} = -k_{21}K'_n(k_{21}r)i, \quad T_{\theta31} = -\frac{n}{r}\xi K_n(k_{31}r)i,$$

$$T_{\eta11} = \xi K_n(k_{11}r)i, \quad T_{\eta21} = 0, \quad T_{\eta31} = -k_{31}^2 K_n(k_{31}r)i,$$

$$S_{rr11} = 2 \left(k_{11}^2 + \frac{n^2}{r^2} - \frac{\lambda_1 M_{\rho 1}^2 \xi^2}{2\mu_1} \right) K_n(k_{11}r) - \frac{2k_{11}K'_n(k_{11}r)}{r},$$

$$S_{rr21} = \frac{2n}{r^2} K_n(k_{21}r) - \frac{2k_{21}K'_n(k_{21}r)}{r},$$

$$S_{rr31} = -2\xi \left(k_{31}^2 + \frac{n^2}{r^2} \right) K_n(k_{31}r) + \frac{2\xi k_{31}K'_n(k_{31}r)}{r},$$

$$S_{\theta\theta11} = -2 \left(\frac{n^2}{r^2} + \frac{\lambda_1 M_{\rho 1}^2 \xi^2}{2\mu_1} \right) K_n(k_{11}r) + \frac{2k_{11}K'_n(k_{11}r)}{r},$$

$$S_{\theta\theta21} = -\frac{2nK_n(k_{21}r)}{r^2} + \frac{2nk_{21}K'_n(k_{21}r)}{r}, \quad S_{\theta\theta31} = \frac{2\xi n^2 K_n(k_{31}r)}{r^2} - \frac{2\xi k_{31}K'_n(k_{31}r)}{r},$$

$$S_{\eta\eta11} = -2\xi^2 \left(\frac{1 + \lambda_1 M_{\rho 1}^2}{2\mu_1} \right) K_n(k_{11}r), \quad S_{\eta\eta21}^{(1)} = 0, \quad S_{\eta\eta31}^{(1)} = 2m_{31}^2 \xi^3 K_n(k_{31}r),$$

$$S_{r\theta11} = \left(-\frac{2nK_n(k_{11}r)}{r^2} + \frac{2nk_{11}K'_n(k_{11}r)}{r} \right) i,$$

$$S_{r\theta21} = \left(-\left(k_{21}^2 + \frac{2n^2}{r^2} \right) K_n(k_{21}r) + \frac{2k_{21}K'_n(k_{21}r)}{r} \right) i,$$

$$S_{r\theta31} = \left(\frac{2n\xi K_n(k_{31}r)}{r^2} - \frac{2n\xi k_{31}K'_n(k_{31}r)}{r} \right) i,$$

$$S_{\theta\eta 11} = -\frac{2n\xi K_n(k_{11}r)}{r}, \quad S_{\theta\eta 21} = \xi k_{21} K'_n(k_{21}r), \quad S_{\theta\eta 31} = \frac{n\xi^2(1+m_{31}^2)K_n(k_{31}r)}{r},$$

$$S_{r\eta 11} = 2\xi k_{11} K'_n(k_{11}r)i, \quad S_{r\eta 21} = -\frac{\xi n K_n(k_{21}r)i}{r}, \quad S_{r\eta 31} = -\xi^2 k_{31}(1+m_{31}^2)K'_n(k_{31}r)i;$$

$$K'_n(k_{j1}r) = \frac{dK_n(k_{j1}r)}{d(k_{j1}r)}.$$

Аналогично подставляя формулу (10 б) в уравнения (6), (7), получаем формулы для вычислений компонентов напряженно-деформированного состояния заполнителя:

$$u_{l2} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \left[T_{lj2}^{(1)}(K_n(k_{j2}r)) a_{nj+3} + T_{lj2}^{(2)}(I_n(k_{j2}r)) a_{nj+6} \right] e^{i(\xi\eta+n\theta)}, \quad (12)$$

$$\frac{\sigma_{lm2}}{\mu_2} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \left[S_{lmj2}^{(1)}(K_n(k_{j2}r)) a_{nj+3} + S_{lmj2}^{(2)}(I_n(k_{j2}r)) a_{nj+6} \right] e^{i(\xi\eta+n\theta)}.$$

Здесь $l = r, \theta, \eta$, $m = r, \theta, \eta$;

$$T_{r12}^{(1)} = k_{12} K'_n(k_{12}r), \quad T_{r22}^{(1)} = -\frac{n}{r} K_n(k_{22}r), \quad T_{r32}^{(1)} = -\xi k_{32} K'_n(k_{32}r),$$

$$T_{\theta 12}^{(1)} = \frac{n}{r} K_n(k_{12}r)i, \quad T_{\theta 22}^{(1)} = -k_{22} K'_n(k_{22}r)i, \quad T_{\theta 32}^{(1)} = -\frac{n}{r} \xi K_n(k_{32}r)i,$$

$$T_{\eta 12}^{(1)} = \xi K_n(k_{12}r)i, \quad T_{\eta 22}^{(1)} = 0, \quad T_{\eta 32}^{(1)} = -k_{32}^2 K_n(k_{32}r)i,$$

$$S_{rr12}^{(1)} = 2 \left(k_{12}^2 + \frac{n^2}{r^2} - \frac{\lambda_2 M_{p2}^2 \xi^2}{2\mu_2} \right) K_n(k_{12}r) - \frac{2k_{12} K'_n(k_{12}r)}{r},$$

$$S_{rr22}^{(1)} = \frac{2n}{r^2} K_n(k_{22}r) - \frac{2k_{22} K'_n(k_{22}r)}{r},$$

$$S_{rr32}^{(1)} = -2\xi \left(k_{32}^2 + \frac{n^2}{r^2} \right) K_n(k_{32}r) + \frac{2\xi k_{32} K'_n(k_{32}r)}{r},$$

$$S_{\theta\theta 12}^{(1)} = -2 \left(\frac{n^2}{r^2} + \frac{\lambda_2 M_{p2}^2 \xi^2}{2\mu_2} \right) K_n(k_{12}r) + \frac{2k_{12} K'_n(k_{12}r)}{r},$$

$$S_{\theta\theta 22}^{(1)} = -\frac{2n K_n(k_{22}r)}{r^2} + \frac{2nk_{22} K'_n(k_{22}r)}{r}, \quad S_{\theta\theta 32}^{(1)} = \frac{2\xi n^2 K_n(k_{32}r)}{r^2} - \frac{2\xi k_{32} K'_n(k_{32}r)}{r},$$

$$S_{\eta\eta 12}^{(1)} = -2\xi^2 \left(\frac{1 + \lambda_2 M_{p2}^2}{2\mu_2} \right) K_n(k_{12}r), \quad S_{\eta\eta 22}^{(1)} = 0, \quad S_{\eta\eta 32}^{(1)} = 2m_{32}^2 \xi^3 K_n(k_{32}r),$$

$$\begin{aligned}
S_{r\theta 12}^{(1)} &= \left(-\frac{2nK_n(k_{12}r)}{r^2} + \frac{2nk_{12}K'_n(k_{12}r)}{r} \right) i, \\
S_{r\theta 22}^{(1)} &= \left(-\left(k_{22}^2 + \frac{2n^2}{r^2} \right) K_n(k_{22}r) + \frac{2k_{22}K'_n(k_{22}r)}{r} \right) i, \\
S_{r\theta 32}^{(1)} &= \left(\frac{2n\xi K_n(k_{32}r)}{r^2} - \frac{2n\xi k_{32}K'_n(k_{32}r)}{r} \right) i, \\
S_{\theta\eta 12}^{(1)} &= -\frac{2n\xi K_n(k_{12}r)}{r}, \quad S_{\theta\eta 22}^{(1)} = \xi k_{22}K'_n(k_{22}r), \quad S_{\theta\eta 32}^{(1)} = \frac{n\xi^2(1+m_{32}^2)K_n(k_{32}r)}{r}, \\
S_{r\eta 12}^{(1)} &= 2\xi k_{12}K'_n(k_{12}r)i, \quad S_{r\eta 22}^{(1)} = -\frac{\xi nK_n(k_{22}r)i}{r}, \quad S_{r\eta 32}^{(1)} = -\xi^2 k_{32}(1+m_{32}^2)K'_n(k_{32}r)i; \\
K'_n(k_{j2}r) &= \frac{dK_n(k_{j2}r)}{d(k_{j2}r)}; \quad T_{lj2}^{(2)}, \quad S_{lmj2}^{(2)} \text{ получаются из } T_{lj2}^{(1)}, \quad S_{lmj2}^{(1)} \text{ заменой } K_n \text{ на } I_n.
\end{aligned}$$

В установленном состоянии зависимость всех величин от η имеет вид (1), поэтому

$$u_{0jk}(\theta, \eta) = U_{0jk}(\theta) e^{i\eta\eta}, \quad U_{0j}(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u_{0nj} e^{in\theta}, \quad j = r, \theta, \eta, k = 1, 2. \quad (13)$$

Подставляя выражения (1) и (13) в формулу (2), для n -го члена разложения получаем:

$$\begin{aligned}
\varepsilon_{1k}^2 u_{0n\eta k} + \nu_{02k} n \xi_{0k} u_{0n\theta k} - 2i \nu_{0k} \xi_{0k} u_{0nrk} &= G_{0k} (q_{n\eta k} - q_{n\eta R_k}), \\
\nu_{02k} n \xi_{0k} u_{0n\eta k} + \varepsilon_{2k}^2 u_{0n\theta k} - 2i \nu_{0k} u_{0nrk} &= G_{0k} (q_{n\theta k} - q_{n\theta R_k}), \\
2i \nu_{0k} \xi_{0k} u_{0n\eta k} + 2i \nu_{0k} u_{0n\theta k} + \varepsilon_{3k}^2 u_{0nrk} &= G_{0k} (q_{nrk} - q_{nr R_k}),
\end{aligned} \quad (14)$$

где $k = 1, 2$; $\varepsilon_{1k}^2 = \alpha_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2$, $\varepsilon_{2k}^2 = \beta_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2$, $\varepsilon_{3k}^2 = \gamma_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2$, $\xi_{0k} = \xi R_k$,

$$\alpha_{0k}^2 = 2\xi_{0k}^2 + \nu_{01k} n^2, \quad \beta_{0k}^2 = \nu_{01k} \xi_{0k}^2 + 2n^2, \quad \gamma_{0k}^2 = \chi_k^2 (\xi_{0k}^2 + n^2)^2 + 2, \quad \varepsilon_{0k}^2 = \nu_{01k} \xi_{0k}^2 M_{s0k}^2,$$

$$\nu_{01k} = 1 - \nu_{0k}, \quad \nu_{02k} = 1 + \nu_{0k}, \quad M_{s0k} = c/c_{s0k}, \quad c_{s0k} = \sqrt{\frac{\mu_{0k}}{\rho_{0k}}}, \quad \chi_k^2 = \frac{h_{0k}^2}{6R_k^2}, \quad G_{0k} = -\frac{\nu_{01k} R_k^2}{\mu_{0k} h_{0k}},$$

$$q_{nmR_2} = (\sigma_{rm2})_n \text{ при } r = R_2; \quad q_{nm1} = (\sigma_{rm2})_n \text{ и } q_{nmR_1} = (\sigma_{rm1})_n \text{ при } r = R_1;$$

$$q_{nm2} = P_{nm} \quad (m = \eta, \theta, r).$$

Из выражения (14) находим:

$$u_{0n\eta k} = \frac{G_{0k}}{\delta_{nk}} \sum_{j=1}^3 \delta_{\eta jk} (q_{\eta jk} - q_{\eta j R_k}),$$

$$u_{0n\theta k} = \frac{G_{0k}}{\delta_{nk}} \sum_{j=1}^3 \delta_{\theta,jk} (q_{nj k} - q_{njR_k}), \quad (15)$$

$$u_{0nrk} = \frac{G_{0k}}{\delta_{nk}} \sum_{j=1}^3 \delta_{rjk} (q_{nj k} - q_{njR_k}).$$

Здесь $\delta_{nk} = \delta_{|nk} = (\epsilon_{1k} \epsilon_{2k} \epsilon_{3k})^2 - (\epsilon_{1k} \xi_1)^2 - (\epsilon_{2k} \xi_{2k})^2 - (\epsilon_{3k} \xi_{3k})^2 + 2\xi_1 \xi_{2k} \xi_{3k}$,

$$\delta_{\eta 1k} = (\epsilon_{2k} \epsilon_{3k})^2 - \xi_1^2, \quad \delta_{\eta 2k} = \xi_1 \xi_{2k} - \xi_{3k} \epsilon_{3k}^2, \quad \delta_{\eta 3k} = i(\epsilon_{2k}^2 \xi_{2k} - \xi_1 \xi_{3k}),$$

$$\delta_{\theta 1k} = \delta_{\eta 2k}, \quad \delta_{\theta 2k} = (\epsilon_{1k} \epsilon_{3k})^2 - \xi_{2k}^2, \quad \delta_{\theta 3k} = i(\epsilon_{1k}^2 \xi_1 - \xi_{2k} \xi_{3k}),$$

$$\delta_{r 1k} = -\delta_{\eta 3k}, \quad \delta_{r 2k} = -\delta_{\theta 3k}, \quad \delta_{r 3k} = (\epsilon_{1k} \epsilon_{2k})^2 - \xi_{3k}^2,$$

$$\xi_1 = 2n, \quad \xi_{2k} = 2v_{0k} \xi_{0k}, \quad \xi_{3k} = v_{02k} \xi_{0k} n,$$

для $q_{nj k}$ и q_{njR_k} индекс $j = 1$ соответствует индексу η , $j = 2 - \theta$, $j = 3 - r$.

Для определения при фиксированном n девяти неизвестных коэффициентов a_{n1}, \dots, a_{n9} воспользуемся следующими граничными условиями:

$$\text{при } r = R_1 \quad u_{j1} = u_{j2}, \quad u_{j1} = u_{0j1},$$

$$\text{при } r = R_2 \quad u_{j2} = u_{0j2}; \quad j = r, \theta, \eta.$$

Приравнивая коэффициенты рядов при $e^{in\theta}$, получаем бесконечную систему ($n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) линейных алгебраических уравнений блочно-диагонального вида, которая имеет единственное решение, если ее определитель не равен нулю. В случае произвольной периодической по η нагрузки, разлагая ее в ряд Фурье, для каждой составляющей ряда получим вышерассмотренную задачу.

2. Анализ результатов расчёта. Исследуем влияние скорости движения нагрузки на напряженно-деформированное состояние массива. В качестве примера рассмотрим подкрепленный сталебетонной обделкой тоннель глубокого заложения в породном массиве с характеристиками $v_1 = 0,25$, $\mu_1 = 4,0 \cdot 10^9$ Па, $\rho_1 = 2,6 \cdot 10^3$ кг/м³; $c_{s1} = 1240,35$ м/с [3]. Расчетные параметры: $R_2 = 2,5$ м, $R_1 = 2,7$ м, $h_{01} = h_{02} = 0,01$ м; $v_{01} = v_{02} = 0,3$, $\mu_{01} = \mu_{02} = 8,08 \cdot 10^{10}$ Па, $\rho_{01} = \rho_{02} = 7,8 \cdot 10^3$ кг/м³; $v_2 = 0,2$, $\mu_2 = 1,21 \cdot 10^{10}$ Па, $\rho_2 = 2,5 \cdot 10^3$ кг/м³, $c_{s2} = 2200$ м/с. По внутренней поверхности обделки с постоянной скоростью c движется осесимметричная нормальная периодическая ($T = 2\pi$) нагрузка с амплитудой P_A , оказывающая давление на поверхность обделки в области начала подвижной системы координат. Контакт между слоями оболочки и массивом полагаем жестким.

В таблице приведены значения компонентов напряженно-деформированного состояния массива в плоскости $\eta = 0$ при разных скоростях движения нагрузки. В таблице приняты следующие обозначения: $u_{r1}^* = u_{r1} \mu_1 / P_A$ (М), $\sigma_{\theta 01}^* = \sigma_{\theta 01} / P_A$, $\sigma_{\eta \theta 1}^* = \sigma_{\eta \theta 1} / P_A$.

Компоненты НДС массива в плоскости $\eta = 0$

c, м/с	u_{r1}^*		$\sigma_{\theta\theta 1}^*$		$\sigma_{\eta\eta 1}^*$	
	r/R_1		r/R_1		r/R_1	
	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0
200	0,423	0,004	0,123	0,001	-0,294	0,005
1000	0,668	0,029	0,312	0,006	-0,432	0,026

Таким образом, с увеличением скорости движения нагрузки значения компонентов НДС массива в окрестности подкрепленной трехслойной оболочкой полости возрастают. С удалением от границы полости эффект динамического воздействия бегущей нагрузки на массив снижается и при $r/R_1 = 3,0$ становится практически мало существенным при любой из рассмотренных здесь скоростей движения нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Пожуев В.И. Действие подвижной нагрузки на цилиндрическую оболочку в упругой среде // Строительная механика и расчет сооружений. –1978. – № 1. – С. 44 – 48.
- 2 Львовский В.М., Онищенко В.И., Пожуев В.И. Установившиеся колебания цилиндрической оболочки в упругой среде под действием подвижной нагрузки // Вопросы прочности пластичности. –Днепропетровск, 1974. – С. 98 – 110.
- 3 Булычев Н.С. Механика подземных сооружений в примерах и задачах. – М.: Недра, 1989. – 270 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Абдибеков С. У. – докторант Казахского национального университета им. аль-Фараби
2. Алиев С. Б. – д.т.н., профессор Института проблем комплексного освоения недр РАН
3. Аппазов Н. О. – к.х.н., руководитель лаборатории инженерного профиля Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата
4. Апрельбекқызы Р. – магистр второго курса факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби
5. Аскарлова Г. Ш. – к.т.н., старший преподаватель кафедры «экология и химические технологии» Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата
6. Багашарова Ж. Т. – к.т.н., директор департамента научно-технических программ и международных связей Национальной инженерной академии РК
7. Байпакбаева С. Т. – докторант Алматинского университета энергетики и связи
8. Балакаева Г. Т. – д.ф.-м.н., профессор Казахского национального университета им. аль-Фараби
9. Батенова М. М. – магистрант, ведущий специалист отдела ИТ Республиканского института повышения квалификации руководящих и научно-педагогических работников системы образования РК
10. Бекбасаров И. И. – д.т.н., профессор Таразского государственного университета им. М. Х. Дулати, директор департамента науки и новых технологий, заведующий НИЛ «Наноинженерные методы исследований»
11. Бермухамедова Г. Б. – к.э.н., доцент Каспийского государственного университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова

-
12. Бурашева Г. Ш. – д.х.н., профессор кафедры химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби
13. Гирнис С. Р. – к.т.н., ассоциированный профессор Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова
14. Даулетьяров А. Т. – специалист Ащысайского сельского округа Чингирлауского района Западно-Казахстанской области
15. Джомартова Ш. А. – д.т.н., доцент, академический советник НИА РК, профессор кафедры «информационные системы» механико-математического факультета Казахского национального университета им. аль-Фараби
16. Джунусбеков М. М. – докторант, Международного казахско-турецкого университета им. Х. А. Ясави
17. Досмағұлова Қ. А. – студентка Казахского национального университета им. аль-Фараби
18. Жакебаев Д. Б. – доктор PhD, доцент, декан факультета Казахского национального университета им. аль-Фараби
19. Жубатырова Т. К. – магистрант кафедры «экология и химические технологии» Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата
20. Жұмағазиева Ш. – бакалавр четвертого курса факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби
21. Жумагулов Б. Т. – д.т.н., профессор, академик Национальной академии наук и Национальной инженерной академии РК, Международной инженерной академии, лауреат Государственной премии РК в области науки, техники и образования, Заслуженный деятель науки РК, депутат Сената Парламента Республики Казахстан, президент Национальной инженерной академии Республики Казахстан, президент Казах-

- станского математического общества, первый вице-президент Международной инженерной академии, FEIC и Ассоциации научных и технологических организаций РК, главный редактор журнала «Вестник НИА РК»
22. Жунусова Ж. Х. – к.ф.-м.н., доцент, профессор Казахского национального университета им. аль-Фараби
 23. Зиядин С. Т. – д.э.н., профессор Казахского национального университета им. аль-Фараби
 24. Зиятбекова Г. З. – PhD докторант Института информационных и вычислительных технологий
 25. Игбаев Т. М. – д.т.н., профессор Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина
 26. Иксанов С. Ш. – член-корр. НИА РК, докторант Казахского национального университета им. аль-Фараби
 27. Ирмухаметова Г. С. – к.х.н., доцент Казахского национального университета им. аль-Фараби
 28. Исимов Н. Т. – PhD докторант Института информационных и вычислительных технологий
 29. Кадыров А. С. – д.т.н., профессор Карагандинского государственного технического университетаа
 30. Казыбаева Д. С. – Докторантка Казахского национального университета им. аль-Фараби
 31. Каржаубаев К. К. – PhD докторант, научный сотрудник Казахского национального университета им. аль-Фараби
 32. Каруна О. Л. – научный сотрудник Казахского национального университета им. аль-Фараби
 33. Карымсакова Н. Т. – PhD докторант Казахского национального университета им. аль-Фараби
 34. Кожакан А. К. – ассоциированный профессор, к.т.н. Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина
 35. Кулумбетова Л. Б. – д.э.н. Университета «Туран», член-корр. Национальной инженерной академии РК

-
36. Литвиненко Ю. А. – к.х.н., и.о. доцента, заместитель заведующего кафедрой химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби
37. Мазакова А. Т. – студентка механико-математического факультета Казахского национального университета им. аль-Фараби
38. Мун Г. А. – д.х.н., профессор, заведующий кафедрой «химия и технология органических веществ природных соединений и полимеров» Казахского национального университета им. аль-Фараби, академик НИА РК
39. Мунасипова М. М. – к.э.н., Международного казахско-турецкого университета им. Х. А. Ясави
40. Орынгожа Е. Е. – инженер Алматинского университета энергетики и связи
41. Орынгожин Е. С. – д.т.н., заведующий лабораторией «специальные методы разработки недр» Института горного дела им. Д. А. Кунаева, академик НИА РК
42. Отарбаев Ж. О. – д.т.н., профессор Казахского национального исследовательского технического университета им. К. И. Сатпаева
43. Садуова А. О. – Казахский национальный университет им. аль-Фараби
44. Салихов Т. К. – к. с.-х.н., и.о. ассоциированного профессора (и.о.доцента) кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева
45. Самигулина Г. А. – д.т.н., доцент, зав. лабораторией «интеллектуальные системы управления и прогнозирования» Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК
46. Самигулина З. И. – доктор PhD, ассоциированный профессор Казахстанско-Британского технического университета

- 47. Суйеубаева С. Н. – к.э.н., и.о. доцента кафедры «финансы, учет и налогообложение» Восточно-Казахстанского государственного университета им. Д. Серикбаева
- 48. Сулеев Б. Д. – докторант Карагандинского государственного технического университета
- 49. Сулейменов И. Э. – к. ф-м. н., д.х.н., профессор Алматинского университета энергетики и связи, академик НИА РК
- 50. Тахтаева Р. Ш. – к.э.н. Казахского гуманитарно-юридического инновационного университета
- 51. Увакбаева Г. Б. – к.э.н., доцент кафедры «финансы» Высшей школы экономики и бизнеса Казахского национального университета им. аль-Фараби
- 52. Украинец В. Н. – д.т.н., профессор Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова
- 53. Хамитова Д. М. – к.э.н., и.о. доцента Павлодарского государственного педагогического университета
- 54. Цой С. В. – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник Алматинского университета энергетики и связи
- 55. Шалтыкова Д. Б. – к.х.н., старший преподаватель Алматинского университета энергетики и связи
- 56. Шахмугамбетова Ж. Е. – научный сотрудник Казахского национального университета им. аль-Фараби
- 57. Ыдырыс С. С. – д.э.н., профессор Международного казахско-турецкого университета им. Х. А. Ясави

СОДЕРЖАНИЕ

КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Международный форум мэров городов стран Шелкового пути «Global Silk Road»	5
Вступительное слово <i>Жумагулова Б. Т.</i> на панельной сессии «Научно-экспертное сопровождение проекта “Один пояс, один путь”» в рамках Международного форума «Global Silk Road - 2018»	7

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

<i>Жумагулов Б.Т., Жакебаев Д.Б., Абдибеков С.У.</i> Математическое моделирование вырождения энергии турбулентности на основе гибридного метода	9
<i>Балакаева Г.Т., Батенова М.М.</i> Технологии моделирования больших объемов данных с использованием NoSQL	16
<i>Самигулина Г.А., Самигулина З.И.</i> Разработка мультиагентной многофункциональной Smart-системы управления сложными объектами на основе искусственных иммунных систем	21
<i>Жакебаев Д.Б., Каржаубаев К.К., Каруна О.Л., Шахмугамбетова Ж.Е.</i> Математическая модель турбулентного движения крупномасштабных термиком	26
<i>Джомартова Ш.А., Карымсакова Н.Т., Исимов Н.Т., Зиятбекова Г.З., Мазакова А.Т.</i> Программа перевода объемных изображений из PLY-формата в регулярную матрицу высот	34
<i>Жунусова Ж.Х., Иксанов С.Ш., Досмагұлова Қ.А.</i> Математическая модель эффективности адаптивных автоматизированных систем управления в образовательных организациях	38

МЕТАЛЛУРГИЯ

<i>Орынгожин Е.С., Цой С.В., Багашарова Ж.Т., Орынгожа Е.Е.</i> Критический анализ технологии добычи и эксплуатации гидрогенных месторождений урана	42
---	----

НЕФТЕХИМИЯ И ХИМИЯ

<i>Апрелбекқызы Р., Жұмағазиева Ш., Литвиненко Ю.А., Бурашева Г.Ш.</i> Кислоты надземной части щавеля конского (<i>Rumex confertus Willd</i>)	47
<i>Садуова А.О., Ирмухаметова Г.С., Казыбаева Д.С.</i> Изучение мукоадгезивных свойств пленок на основе геллана, ПВХ и их смеси	52

<i>Жұбатырова Т.Қ., Аскарова Г.Ш., Аппазов Н.О.</i> Этил спиртінің мотор отыны қасиетіне әсері	59
--	----

МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ

<i>Украинец В.Н., Отарбаев Ж.О., Гирнис С.Р.</i> Влияние скорости бегущей в подкрепленном трехслойной обделкой тоннеле периодической нагрузки на реакцию окружающего массива	64
--	----

<i>Имбаев Т.М., Кожыхан А.К.</i> Технология направленного регулирования взрывного импульса	73
--	----

<i>Бекбасаров И. И.</i> О корреляционных зависимостях для определения расчетного сопротивления грунта по боковой поверхности забивной висячей сваи	78
--	----

<i>Кадыров А.С., Сулеев Б.Д., Алиев С.Б.</i> Топырақты кесу күшінің, кенжарға түсетін геостатикалық, гидродинамикалық және гидростатикалық қысымынан тәуелділігінің әдістемесін орнату	84
--	----

НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ	90
--------------------------------------	----

ЭНЕРГЕТИКА

<i>Suleimenov I.E., Shaltykova D.B., Baipakbayeva S.T., Mun G.A.</i> Experimental implementation of a keyboard with optical coding based on solar photovoltaic panels	94
---	----

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ	101
---------------------------	-----

АГРОПРОМЫШЛЕННОСТЬ

<i>Салихов Т.К., Умбеталиев Ж.Ж., Даулетьяров А.Т.</i> Изучение почвенного покрова Ащысайского сельского округа Западно-Казахстанской области на основе применения ГИС-технологий	104
---	-----

ЭКОНОМИКА

<i>Ыдырыс С.С., Джунусбеков М.М., Мунасинова М.М.</i> Минимальная заработная плата в системе организации тарифной оплаты труда	112
--	-----

<i>Кулумбетова Л.Б.</i> О развитии «зеленого» бизнеса в Республике Казахстан	118
--	-----

<i>Бермухамедова Г.Б.</i> О методических подходах к измерению нематериальных активов предприятия	124
--	-----

<i>Зиядин С.Т., Тахтаева Р.Ш., Суйеубаева С.Н., Хамитова Д.М.</i> Организация государственно-частного партнерства в сфере детско-юношеского туризма	131
---	-----

<i>Увакбаева Г.Б.</i> Экологиялық салықтар: шетелдік және Отандық тәжірибе	135
--	-----

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

Аухадиев Кенес Мустаханович (К 80-летию со дня рождения)	143
---	-----

Момышев Амангельды Аршабаевич (К 75-летию со дня рождения) ...	144
---	-----

ХРОНИКА, СОБЫТИЯ, ФАКТЫ	145
--------------------------------------	-----

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	150
----------------------------------	-----

CONTENTS

THE KEY PROBLEMS of the DEVELOPMENT of SCIENCE and ENGINEERING ACTIVITY

International Forum of Mayors of Silk Road Countries «Global Silk Road»	5
Introductory words of <i>Zhumagulov B.T.</i> on the panel session «Scientific and expert support of the project “One belt, one way”» in the framework of the International Forum «Global Silk Road - 2018»	7

INFORMATION TECHNOLOGIES AND APPLIED MATHEMATICS

<i>Zhumagulov B.T., Zhakebayev D.B., Abdibekov S.U.</i> Mathematical modeling of turbulence energy degeneracy based on the hybrid method	9
<i>Balakayeva G.T., Batenova M.M.</i> Technologies for modeling large amounts of data using NoSQL	16
<i>Samigulina G.A., Samigulina Z.I.</i> Development of a multi-agent, multi-functional smart control system for complex objects based on artificial immune systems	21
<i>Zhakebayev D.B., Karzhaubayev K.K., Karuna O.L., Shakhmugambetova Zh. E.</i> Mathematical model of turbulent motion of large-scale thermals	26
<i>Jomartova Sh.A., Karymsakova N.T., Isimov N.T., Ziyatbekova G.Z., Mazakova A.T.</i> The program for translating 3D images from PLY-format in a regular matrix of heights	34
<i>Zhunussova Zh.Kh., Iksanov S.Sh., Dosmagulova K.A.</i> Mathematical model of the effectiveness of adaptive automated control systems in educational organizations	38

METALLURGY

<i>Oryngonzhin E.S., Tsoy S.V., Bagasharova Zh.T., Oryngozha E.E.</i> Critical analysis of the existing technology of extraction and exploitation of hydrogen deposits of uranium	42
---	----

PETROCHEMISTRY AND CHEMISTRY

<i>Aprelbekqyzy R., Zhumagazieva Sh., Litvinenko Yu.A., Burasheva G.Sh.</i> Acids of the aerial parts of <i>rumex confertus</i> willd	47
<i>Saduova A.O., Irmukhametova G.S., Kazybaeva D.S.</i> Study of mucoadhesive properties of films based on Gellan, PVA and their mixtures	52

<i>Zhybatyrova T.K., Askarova G.Sh., Appazov N.O.</i> Ethyl alcohol motor otsiny қасиетіне әсері	59
--	----

MECHANICS AND MECHANICAL ENGINEERING

<i>Ukrainets V.N., Otambaev Zh.O., Girnis S.R.</i> Influence of rate of running periodic load in three-layer lining of a tunnel upon deflected mode of surround massif	64
--	----

<i>Igbaev T.M., Kozhakhan A.K.</i> Explosive technology by directed pulmonary impulse Regulation	73
--	----

<i>Bekbasarov I.I.</i> On correlation dependencies for determining the design resistance of the soil along the lateral surface of the driven pile	78
---	----

<i>Kadyrov A.S., Suleev B.D., Aliev S.B.</i> Establishment of methodology of soil cutoff, geostatical, hydrodynamic, and hydrostatic pressure dependence	84
--	----

NEWS OF SCIENCE AND TECHNOLOGY..... 90

POWER ENGINEERING

<i>Suleimenov I.E., Shaltykova D.B., Baipakbayeva S.T., Mun G.A.</i> Experimental implementation of a keyboard with optical coding based on solar photovoltaic panels	94
---	----

DO YOU KNOW 101

AGROINDUSTRY

<i>Salikhov T.K., Umbetaliev Zh.Zh., Dauletyarov A.T.</i> The study of soil cover aschysai rural districts in west kazakhstan region on the basis of gis-technologies	104
---	-----

ECONOMY

<i>Idyrys S.S., Dzhususbekov M.M., Munasipova M.M.</i> Minimal salary in the system of organizing the tariff payment	112
--	-----

<i>Kulumbetova L.B.</i> On the development of «Green» business in the Republic of Kazakhstan	118
--	-----

<i>Bermukhamedova G.B.</i> On methodological approaches to measuring intangible assets enterprises	124
--	-----

<i>Ziyadin S.T., Takhtaeva R.Sh., Suyebaeva S.N., Khamitova D.M.</i> Organization of state-private partnership in the sphere of children and youth tourism.....	131
---	-----

<i>Uvakbaeva G.B.</i> Environmental taxes: domestic and foreign experience	135
--	-----

JUBILEE DATE

Aukhadiyev Kenes Mustakhanovich (To 80-th birthday)..... 143

Momyshev Amangeldy Arshabayevich (To 75-th birthday) 144

THE CHRONICLE, EVENTS, FACTS 145

THE INFORMATION ABOUT AUTHORS 150

Редактор *Т.Н. Кривобокова*
Верстка на компьютере *Е.В. Огурцовой*

Адрес редакции:
Национальная инженерная академия РК
050010, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 80
Тел. 8(727)-2915290

Подписано в печать 10.09.2018 г.
Гарнитура Таймс. Формат 70x100 ¹/₁₆.
Уч.-изд. л. 10,8. Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии ТОО «Luxe Media Group»