

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

---

# ШМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



# ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

№ 3 (2016)

---

Павлодар

**МАЗМҰНЫ****НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

**Энергетическая серия**

выходит 4 раза в год

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**о постановке на учет средства массовой информации  
№ 14310-Ж

выдано

Министерством культуры, информации и общественного согласия  
Республики Казахстан**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Леньков Ю. А., *к.т.н., доцент*

Ответственный секретарь

Акаев А. М.

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Алиферов А. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
 Боровиков Ю. С., *к.т.н., профессор (Россия)*  
 Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
 Горюнов В. Н., *д.т.н., профессор (Россия)*  
 Говорун В. Ф., *д.т.н., профессор*  
 Захаров И. В., *д.т.н., профессор*  
 Клещель М. Я., *д.т.н., профессор*  
 Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
 Тастенов А. Д., *к.т.н., доцент*  
 Хацевский В. Ф., *д.т.н., профессор*  
 Нургожина Б. В. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

**Анарбаев А. Е., Касимов А. О.**Электронды жүйелер мен кешендерге электромагниттік әсер етудің  
тәжірибелік зерттеу .....9**Аринов Е., Испулов Н. А.**Цилиндр пішінді вертикаль қуыс тау-кен жынысын қосымша күшсіз  
байыту кернеуі .....17**Бороденко В. А., Барукин А. С., Калтаев А. Г.**

Катушкасы бар геркондағы ауыспалы тоқтың өтуін зерттеу .....23

**Жумабеков А. Н., Жапаргазинова К. Х.**«Компания Нефтехим LTD» ЖШС-нда пропиленді полимеризациялау  
реакторларының өнімділігін арттыру .....29**Жұмажанов С. Қ., Оразова Г. Ә., Уразалимова Д. С.**Қазіргі уақытта энергетикалық секторда жұмыс жасайтын  
кәсіпорындарда ұйымдастыру қызметінің проблемалары .....38**Қадыров А. С., Балабекова К. Г.**Мобильді көпір өтпесінің жетілген модулінің сәйкестірілген элементтерін  
есептеу және конструкторлық шешу .....41**Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К.**Көлік операцияларға басқаруларға микропроцессорлық жүйелерде  
инфрақызыл датчиктермен объектілердің теңестіруі .....52**Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К.,****Марковский В. П., Кислов А. П.**Қорытынды кернеу вектор кеңістіктің жағдайын басқару үшін  
инвертордың кілттердің коммутациялау әдісі .....62**Канаяев А. Т., Богомолов А. В., Какимова Ж. Ж.**Арматуралық термиялық жолмен беріктендірілген болаттың  
коррозияның тұрақтылығының анализі .....70**Кислов А. П., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Антонцев А. В.,****Кайдар А. Б., Кайдар М. Б.**Программаланатын логикалық контроллермен қазіргі өндірістердің  
бақылау, қорғау және басқаруды қамтамасыз етуі .....78**Кузнецова Н., Мустафина Р., Сарсикеев Е.**Бапталған орталардағы электр жарылыстың физика-математикалық  
моделін санды іске асырылуы .....87**Машрапов Б. Е., Талипов О. М., Бергузинов А. Н.**

Токөткізгіштің ішіндегі магнит өрісінің шамасын анықтау .....98

**Новожилов А. Н., Волгина Е. М., Новожилов Т. А.**Магниттік ток трансформаторларын қорғау жөніндегі  
пилоттық зерттеу үшін орнату .....105

<b>Сарсикеев Е., Мустафина Р., Сембиев А.</b> Күн батареялары бағытындағы азимуталды жүйесінде басқарудың электронды торабында өзірлеу .....	111
<b>Станевич В. Т., Жақанов Ә. Н., Кудрышова Б. Ч., Жуманова К.</b> Павлодар Алюминий зауытының боксит шламын құрылыс индустриясында ықтимал бағытта пайдалану .....	121
<b>Таңжарықов П. Ә., Амангельдиева Г. Б., Боранбаев Т.</b> Мұнай газ саласының техникалық жүйелерінің сенімділігінің сипаттамаларын басқару және бақылау әдістері .....	130
<b>Темирханов Е. У., Эрнazarov Т. Я., Сартова Р. Б., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К.</b> Энергетикалық нарықтың және энергия тәуелсіздіктер стратегиясы маңызды аспектілерін талдау .....	137
<b>Темирханов Е. У., Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П.</b> «KSP Steel» және ТОО «Кастинг» жылдам микропроцессорлық БМРЗ-100 жүйелермен болат балқыту пештердің тәртіптеріне мониторинг және қорғау .....	147
<b>Төлегенов Д. Т., Жапаргазина К. Х.</b> Суда ерігіш беттік – активті заттардың қатысуымен мырыш жабындылардың алу тәсілі .....	155
<b>Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П.</b> Көлік-логистикалық түйіндердің басқарулар микропроцессорлық жүйелердің өбден жетілдіру .....	163
<b>Шапкенов Б. К., Акаев А. М., Кайдар А. Б., Динмуханбетова А. Ж., Кайдар М. Б.</b> Тура сандық басқарумен инверторлар .....	172
<b>Юсупов К. Д., Туркбенова Д. С., Дюсекенова У. С., Сулейменов М. А.</b> Мотор жанармайының компонентті құрамын үйлесімділеу .....	180
<b>Юсупов К. Д., Туркбенова Д. С., Дюсекенова У. С., Сулейменов М. А.</b> Мұнай өндеуінде цеолитті катализаторларды қолдану .....	187
Авторларға арналған ережелер .....	195

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Анарбаев А. Е., Касимов А. О.</b> Экспериментальные исследования электромагнитного воздействия на электронные системы и комплексы .....	9
<b>Аринов Е., Испулов Н. А.</b> Концентрация напряжений в окрестности вертикальной цилиндрической горной выработки без подкрепления .....	17
<b>Бороденко В. А., Барукин А. С., Калтаев А. Г.</b> Исследование датчика переменного тока на герконе с катушкой .....	23
<b>Жумабеков А. Н., Жапаргазина К. Х.</b> Увеличение производительности реакторов полимеризации пропилена на ТОО «Компания нефтехим LTD» .....	29
<b>Жумажанов С. К., Оразова Г. У., Уразалимова Д. С.</b> Проблемы организации работы предприятий энергетического сектора на текущий момент .....	38
<b>Кадыров А. С., Балабекова К. Г.</b> Конструктивное решение и расчёт элементов унифицированного модуля мобильного мостового переезда .....	41
<b>Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К.</b> Идентификация объектов инфракрасными датчиками в микропроцессорных системах управления транспортными операциями .....	52
<b>Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П.</b> Способ коммутации ключей инвертора для управления пространственным положением вектора результатирующего напряжения .....	62
<b>Канаев А. Т., Богомоллов А. В., Какимова Ж. Ж.</b> Анализ коррозионной стойкости термоупрочненной арматурной стали .....	70
<b>Кислов А. П., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Антонцев А. В., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б.</b> Обеспечение контроля, защиты и управления современных производств программируемыми логическими контроллерами .....	78
<b>Кузнецова Н. С., Мустафина Р. М., Сарсикеев Е. Ж.</b> Численная реализация физико-математической модели электровзрыва в конденсированных средах .....	87
<b>Машрапов Б. Е., Талипов О. М., Бергузинов А. Н.</b> Определение величины магнитного поля внутри токопровода .....	98
<b>Новожилов А. Н., Волгина Е. М., Новожилов Т. А.</b> Установка для экспериментального исследования защит на магнитных трансформаторах тока .....	105

4 **LoVetri, J., Wilburs, A. T. M. and Zwamborn, A. P. M.** Microwave Interaction with a Personal Computer: Experiment and Modeling. – Proc. 13th International Zurich Symposium on EMC, 1999. – P. 203-206.

5 **Bäckström, M.** HPM testing of a Car: A Representative Example of the Susceptibility of Civil Systems. – 13th International Zurich Symposium Supplement, February 1999. – P. 189-190.

6 **Parfenov, Y., Zdoukhov, L., Radasky, W. and Ianoz, M.** Conducted IEMI Threats for Commercial Buildings. – IEEE Transactions on EMC, Vol. 46, No. 3, August 2004.

7 **Fortov, V., Parfenov, Yu., Zdoukhov, L., Borisov, R., Petrov, S. and Siniy, L.** A computer code for estimating pulsed electromagnetic disturbances penetrating into building power and earthing connections. – 14th International Zurich Symposium and Technical Exhibition on EMC, February 2001.

8 IEC 60601-1-2. Medical electrical equipment – Part 1-2: General requirements for safety – Collateral standard: Electromagnetic compatibility – Requirements and tests. – Geneva, Switzerland.

9 IEC 61000-4-6. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radiofrequency fields. – Geneva, Switzerland.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*A. E. Анарбаев<sup>1</sup>, A. O. Касимов<sup>2</sup>*

**Электронды жүйелер мен кешендерге электромагниттік әсер етудің тәжірибелік зерттеу**

<sup>1</sup>Қ. И. Сәтбаев атындағы

Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті;

<sup>2</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*A. E. Anarbayev<sup>1</sup>, A. O. Kasimov<sup>2</sup>*

**Experimental research of electromagnetic impact on electronic systems and complexes**

<sup>1</sup>Kazakh National Research Technical University  
after K. I. Satpayev;

<sup>2</sup>Almaty University of Power Engineering and Communication, Almaty.

Material received on 16.09.16.

*Мақалада электронды жүйелер мен кешендерге электромагниттік әсер етудің тәжірибелік зерттеу нәтижелері көрсетілген.*

*In this paper the experimental research of electromagnetic impact on electronic systems and complexes is considered.*

УДК 539.3 + 528.22

**Е. Аринов<sup>1</sup>, Н. А. Испулов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган;

<sup>2</sup>Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

## **КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ОКРЕСТНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ БЕЗ ПОДКРЕПЛЕНИЯ**

*В статье рассматривается напряженное состояние вертикальной горной выработки круговой цилиндрической формы. Решение проводится в цилиндрической системе координат для случая меридиональной деформации.*

*Ключевые слова: напряженное состояние, деформация, горная выработка, система координат.*

Рассмотрим вертикальную горную выработку круговой цилиндрической формы глубиной  $h$ . Решение проводим в цилиндрической системе координат для случая меридиональной деформации. Начало координат поместим на оси цилиндрической выработки на дневной поверхности. При этом положения точек характеризуем цилиндрическими координатами: полярным радиусом  $r$  и координатой  $z$ , отсчитываемой от дневной поверхности в глубину, в выбранном положительном направлении (рисунок 1).

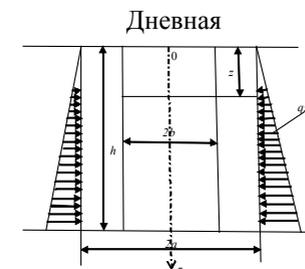


Рисунок 1

Введем вместо  $r, z$  безразмерные переменные  $x, \xi$ :

$$x = \frac{r}{a}, \quad \xi = \frac{z}{a}, \quad (1)$$

где  $a$  – наружный радиус цилиндра, за пределами которого не учитывается влияние концентрации напряжений, т.е. 5-6 радиусов выработки, как это принято в механике горных пород [1]. На уровне глубины  $z$  на внешнюю границу  $r = a$  цилиндра действует равномерное давление, равное  $\gamma z$ , где  $\gamma$  – удельный вес материала среды,  $z$  – произвольная глубина. Для полного цилиндра длины  $h$ , т.е. глубины выработки с внутренним радиусом  $b$  – радиусом выработки:

$$\frac{b}{a} = x_1 \leq x < 1, \quad 0 \leq \xi \leq \frac{h}{a}. \quad (2)$$

Для рассматриваемой меридиональной деформации решение задачи может быть выражено через две гармонические функции Папковича-Нейбера  $b_0$  и  $b_3$  [2], т.е.:

$$\nabla^2 b_0 = 0, \quad \nabla^2 b_3 = 0. \quad (3)$$

Здесь оператор Лапласа

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{1}{x} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial^2}{\partial \xi^2}. \quad (4)$$

Перемещение через функцию  $b_0, b_3$  выражаются формулами:

$$\begin{aligned} u &= a \left[ -\frac{\partial b_0}{\partial x} + \xi \frac{\partial b_3}{\partial x} \right], \\ w &= a \left[ (3 - 4\nu)b_3 - \frac{\partial b_0}{\partial x} + \xi \frac{\partial b_3}{\partial x} \right], \end{aligned} \quad (5)$$

а напряжения –

$$\begin{aligned} \sigma_r &= 2G \left[ 2\nu \frac{\partial b_3}{\partial \xi} - \left( \frac{\partial^2 b_0}{\partial x^2} + \xi \frac{\partial^2 b_3}{\partial x^2} \right) \right], \\ \sigma_z &= 2G \left[ 2(1 - \nu) \frac{\partial b_3}{\partial \xi} - \left( \frac{\partial^2 b_0}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 b_3}{\partial x^2} \right) \right], \\ \sigma_\varphi &= 2G \left[ 2\nu \frac{\partial b_3}{\partial \xi} - \frac{1}{x} \left( \frac{\partial b_0}{\partial x} + \xi \frac{\partial b_3}{\partial x} \right) \right], \\ \tau_{rz} &= 2G \left[ (1 - 2\nu) \frac{\partial b_3}{\partial x} - \left( \frac{\partial^2 b_0}{\partial x \partial \xi} + \xi \frac{\partial^2 b_3}{\partial x \partial \xi} \right) \right]. \end{aligned} \quad (6)$$

Функции  $b_0, b_3$  имеют вид:

$$b_0 = A \frac{1}{2} (2\xi^3 - 3\xi x^2) + B\xi \ln x,$$

$$b_3 = C \frac{1}{2} (2\xi^2 - x^2) + D \ln x, \quad (7)$$

где  $A, B, C, D$  – производные постоянные интегрирования. Итак, пользуясь выражениями (7), определим перемещения (5):

$$\begin{aligned} u &= a \left[ 3A\xi x - B \frac{\xi}{x} - C\xi x + \frac{D\xi}{x} \right], \\ w &= a \left\{ -A \left( 3\xi^2 - \frac{3}{2}x^2 \right) - B \ln x + C \left[ 2\xi^2 + (3 - 4\nu) \frac{1}{2} (2\xi^2 - x^2) \right] + \right. \\ &\quad \left. (3 - 4\nu) D \ln x \right\} \end{aligned} \quad (8)$$

и компоненты напряжений –

$$\begin{aligned} \sigma_r &= 2G\xi \left[ 3A + \frac{B}{x^2} + C(4\nu + 1) + \frac{D}{x^2} \right], \\ \sigma_r &= 2G\xi [-6A + 2C(1 - 2\nu)], \\ \sigma_\varphi &= 2G\xi \left[ 3A + \frac{B}{x^2} + C(4\nu + 1) - \frac{D}{x^2} \right], \\ \tau_{rz} &= 2G \left[ 3Ax - \frac{B}{x} - C(1 - 2\nu)x + \frac{D(1 - 2\nu)}{x} \right]. \end{aligned} \quad (9)$$

Граничные условия имеют вид:

$$\text{При } x = 1: \sigma_r = -\gamma a\xi, \quad \tau_{rz} = 0,$$

$$\text{При } x = x_1: \sigma_r = 0, \quad \tau_{rz} = 0. \quad (10)$$

Подставляя выражения для напряжений из (9) в граничные условия (10), получаем систему алгебраических уравнений для определения произвольных постоянных интегрирования  $A, B, C, D$ :

$$\begin{aligned} 3A + B + C(4\nu + 1) + D &= \frac{\gamma a}{2G}, \\ 3A - B - C(1 - 2\nu) + D(1 - 2\nu) &= 0, \\ 3A + \frac{B}{x^2} - C(4\nu + 1) + \frac{D}{x^2} &= 0, \\ 3Ax_1 + \frac{B}{x^2} - C(1 - 2\nu)x_1 + \frac{D(1 - 2\nu)}{x_1} &= 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Решив эту систему уравнений, найдем значения произвольных постоянных:

$$A = \frac{\Delta_1}{\Delta}, B = \frac{\Delta_2}{\Delta}, C = \frac{\Delta_3}{\Delta}, D = \frac{\Delta_4}{\Delta}, \quad (12)$$

где

$$\Delta = |a_{ij}|, \quad (13)$$

причем

$$\begin{aligned} a_{11} &= 3, a_{12} = 1, a_{13} = 4v + 1, a_{14} = 1, \\ a_{21} &= 3, a_{22} = -1, a_{23} = -(1 - 2v), a_{24} = 1 - 2v, \\ a_{31} &= 3, a_{32} = \frac{1}{x_1^2}, a_{33} = 4v + 1, a_{34} = \frac{1}{x_1^2}, \\ a_{41} &= 3x_1, a_{42} = \frac{1}{x_1}, \\ a_{43} &= -(1 - 2v)x_1, a_{44} = \frac{1-2v}{x_1}, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\Delta_1 = -\frac{\gamma a}{2G} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}, \quad (15)$$

$$\Delta_2 = \frac{\gamma a}{2G} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}, \quad (16)$$

$$\Delta_3 = -\frac{\gamma a}{2G} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{44} \end{vmatrix}, \quad (17)$$

$$\Delta_4 = \frac{\gamma a}{2G} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} \end{vmatrix}, \quad (18)$$

Таким образом, найдено решение сформулированной задачи.

Просчитаем концентрацию напряжений на поверхности вертикальной цилиндрической полости в упругой среде горных пород по формулам (9), (12)-(18) при следующих значениях входных данных: удельный вес материала горных пород  $\gamma = 2,7 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$ ; коэффициент Пуассона  $\nu = 0,3$ ; модуль Юнга  $E = 0,62 \cdot 10^5 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ ;  $a = 12$  м;  $b = 2$  м и глубина  $z = 50$  м.

Расчеты проведены на компьютере. Их результаты приведены ниже:

$$\begin{aligned} \nu &= 0,3, \gamma = 2,7 \cdot 10^{-3}; E = 0,62 \cdot 10^5; \\ G &= \frac{E}{2(1+\nu)}; b = 200; a_1 = 1200; x_1 = \frac{b}{a_1}. \\ a_{11} &= 3, a_{12} = 1, a_{13} = 4\nu + 1, a_{14} = 1, \\ a_{21} &= 3, a_{22} = -1, a_{23} = -(1 - 2\nu), a_{24} = 1 - 2\nu, \\ a_{31} &= 3, a_{32} = \frac{1}{(x_1)^2}, a_{33} = 4\nu + 1, a_{34} = \frac{1}{(x_1)^2}, \\ a_{41} &= 3x_1, a_{42} = \frac{1}{x_1}, a_{43} = -(1 - 2\nu)x_1, a_{44} = \frac{1 - 2\nu}{x_1}, \end{aligned}$$

$$\Delta_1 = -\frac{\gamma \cdot 1200}{2G} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix},$$

$$\Delta_2 = \frac{\gamma \cdot 1200}{2G} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix},$$

$$\Delta_3 = -\frac{\gamma \cdot 1200}{2G} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{44} \end{vmatrix},$$

$$\Delta_4 = \frac{\gamma \cdot 1200}{2G} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} \end{vmatrix},$$

$$\Delta_1 = -6,848 \cdot 1, \quad \Delta_2 = 3,655 \cdot 10^{-3}, \Delta_3 = -0,06, \Delta_4 = 5,775 \cdot 10^{-4}, \\ \det = 2,181 \cdot 10^3.$$

$$\det = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix},$$

$$A = \frac{\Delta_1}{\det}, B = \frac{\Delta_2}{\det}, C = \frac{\Delta_3}{\det}, D = \frac{\Delta_4}{\det},$$

$$A = -3,141 \cdot 10^{-6}, B = 1,676 \cdot 10^{-6}, \\ C = -2,748 \cdot 10^{-5}, D = 2,648 \cdot 10^{-7}, \xi = \frac{z}{a_1}$$

$$\sigma_r = 2G\xi \left[ 3A + \frac{B}{(x_1)^2} + C(4\nu + 1) + \frac{D}{(x_1)^2} \right],$$

$$\sigma_z = 2G\xi [-6A + 2C(1 - 2\nu)],$$

$$\sigma_{\varphi} = 2G\xi \left[ 3A + \frac{B}{(x_1)^2} + C(4\nu + 1) - \frac{D}{(x_1)^2} \right],$$

$$\tau_{rz} = 2G \left[ 3Ax_1 - \frac{B}{x_1} - C(1 - 2\nu)x_1 + \frac{D(1-2\nu)}{x_1} \right].$$

$k = 1, z = k \cdot 5000, \nu = 0,3.$

$\sigma_r = 0, \sigma_z = -0,472, \sigma_{\varphi} = -27,771, \tau_{rz} = 0.$

При  $\nu = 0,5; \sigma_r = \sigma_z = \tau_{rz} = 0, \sigma_{\varphi} = -27,771 \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2}.$   
Напряжения согласно формулам (9) пропорциональны глубине.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Ержанов, Ж. С.** Механика горных пород и её приложения. – Алма-Ата : Наука, 1964. – 138 с.  
2 **Лурье, А. И.** Теория упругости. – М., 1970. – 939 с.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*E. Arinov<sup>1</sup>, N. A. Ispulov<sup>2</sup>*

**Цилиндр пішінді вертикаль қуыс тау-кен жынысын қосымша күшсіз байыту кернеуі**

<sup>1</sup>О. А. Байқоңыров атындағы  
Жезқазған университеті, Жезқазған қ.;

<sup>2</sup>С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*E. Arinov<sup>1</sup>, N. A. Ispulov<sup>2</sup>*

**Stress concentration around vertical cylinder mining pit without support**

<sup>1</sup>Zhezkazgan Baikonurov University, Zhezkazgan;  
<sup>2</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.  
Material received on 16.09.16.

*Мақалада цилиндр пішінді вертикаль қуыс тау-кен жынысының маңайындағы кернеулі қалты зерттелген. Қуыс тау-кен жынысы тірелмеген жағдайы қарастырылған.*

*The article reveals the tense condition around vertical mining pit in the form of a round cylinder. The mine without support has been considered.*

УДК 621.316.925

**В. А. Бороденко<sup>1</sup>, А. С. Барукин<sup>2</sup>, А. Г. Калтаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>д.т.н., профессор, <sup>2,3</sup>докторанты, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар  
e-mail: <sup>2</sup>alexbarukin@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ГЕРКОНЕ С КАТУШКОЙ

*Для новой системы защит электроустановок от коротких замыканий, не использующей трансформаторы тока, в качестве датчиков переменного тока предлагается использовать герконового реле, для которых определены вольтамперные характеристики. Исследовано влияние на коэффициент преобразования  $k_{\text{пр.}} = U_2 / I_1$  рассматриваемых датчиков расположенных вблизи аналогичных реле, проведена оценка их однотипности.*

*Ключевые слова: герконовое реле, датчик переменного тока, коэффициент преобразования, напряжение, шина.*

### ВВЕДЕНИЕ

Работа геркона в магнитном поле проводника с током позволяет создать устройство, заменяющее традиционную схему токовой защиты, состоящую из трансформатора тока (датчика переменного тока) и измерительного реле [1, 2]. Если геркон расположен перпендикулярно оси проводника (токоведущей шины), величина тока срабатывания геркона будет определяться, в основном, расстоянием между ним и проводником [3].

Однако при этом остается нерешенным вопрос измерения реального тока нагрузки в нормальном эксплуатационном режиме работы электроустановки. Предложено использовать в качестве датчика тока катушку, в которой размещен геркон.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исследования проводились на стандартных герконовых реле типа РПГ-2 (1), РГК-49 (2) и РГК-50 (3). Реле различались контактной

Теруге 19.09.2016 ж. жіберілді. Басуға 29.09.2016 ж. қол қойылды.  
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.  
Көлемі шартты 11,5 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы  
Корректорлар: А. Р. Омарова, Б. Б. Ракишева  
Тапсырыс № 2890

Сдано в набор 19.09.2016 г. Подписано в печать 29.09.2016 г.  
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.  
Объем 11,5 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.  
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы  
Корректоры: А. Р. Омарова, Б. Б. Ракишева  
Заказ № 2890

«КЕРЕКУ» баспасынан басылып шығарылған  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«КЕРЕКУ» баспасы  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.  
67-36-69  
e-mail: kereku@psu.kz