



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ТҰҢҒЫШ ПРЕЗИДЕНТІ - ЕЛБАСЫНЫҢ ҚОРЫ

**«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ – 2017»**

студенттер мен жас ғалымдардың  
XII Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

---

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XII Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
**«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – 2017»**

---

PROCEEDINGS  
of the XII International Scientific Conference  
for students and young scholars  
**«SCIENCE AND EDUCATION - 2017»**



14<sup>th</sup> April 2017, Astana



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**«Ғылым және білім - 2017»  
студенттер мен жас ғалымдардың  
XII Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XII Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«Наука и образование - 2017»**

**PROCEEDINGS  
of the XII International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«Science and education - 2017»**

**2017 жыл 14 сәуір**

**Астана**

**УДК 378**

**ББК 74.58**

**Ғ 96**

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2017» студенттер мен жас ғалымдардың XII Халықаралық ғылыми конференциясы = The XII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2017» = XII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2017». – Астана: <http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2017. – 7466 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-827-6

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-827-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2017

$$K = \left[ 1 + \sqrt{\frac{2}{9a}} \gamma_H - \frac{2}{9a} \right]^3 ab_q / 2R. \quad (7)$$

4. Закон Вейбулла. Используя функцию распределения этого закона, а также связь между параметрами распределения напряжения и нагрузки [1], запишем

$$H_* = 1 - \exp\left[-(R - x_{oS})^{b_s} / a_s\right] = 1 - \exp\left[-(RK - x_{oq})^{b_q} / a_q\right].$$

Отсюда имеем

$$K = \{[-a_q \ln(1 - H_*)]^{1/b_q} + x_{oq}\} / R. \quad (8)$$

Здесь также параметры распределения нагрузки можно выразить через вероятностные характеристики нагрузки с помощью трансцендентного уравнения [1].

Рассмотрим пример расчета. На двухопорную балку посередине пролета  $\ell = 1,5$  м действует сосредоточенная сила  $F$ , являющаяся случайной величиной, имеющей гамма-распределение. Вероятностные характеристики силы равны  $m_F = 46,5$  кН,  $k_F = 0,2$ . Подобрать прямоугольное сечение балки с отношением сторон  $h/b=2$  при заданной надежности  $H_*=0,99$ , если предел текучести материала  $R=240$  МПа.

Максимальное напряжение в балке определяется по формуле

$$S = \sigma_{\max} = F / K, \quad \text{где } K = 4W / \ell = 8b^3 / 3l.$$

Определим параметры распределения силы

$$a_F = k_F^2 - 1 = 24, \quad b_F = m_F \cdot k_F^2 = 46500 / 25 = 1860 \text{ Н}$$

Так как  $a = 2a_q + 2 = 50$ ; то пользуемся выражением (11), где квантиль нормального распределения, соответствующий заданной надежности  $\gamma_H = 2,327$ . Тогда из (7) следует

$$\begin{aligned} b &= \left[ 1 + \gamma_H (2/9a)^{1/2} - 2/9a \right] (3lab_q / 16R)^{1/3} = \\ &= \left[ 1 + 2,327(2/450)^{1/2} - 2/450 \right] (3 \cdot 1,5 \cdot 50 \cdot 1,86 \cdot 10^{-3} / 16 \cdot 240)^{1/3} = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}. \end{aligned}$$

#### Список использованных источников

1. Бакиров Ж.Б. Вероятностные методы расчета элементов конструкций. - Караганда: КарГТУ, 2001. 180 с.
2. Справочник по специальным функциям / Под ред. М. Абрамовица и И. Стиган. - М.: Наука, 1979. - 830 с.

УДК 550.34.013.4; 519.642

### ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ СРЕД С РЕЛЬЕФНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Тусупова М.Д.

[m.tussupova@gmail.com](mailto:m.tussupova@gmail.com)

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Электроразведка (Электрметрия) – совокупность методов изучения строения земной коры и поисков месторождений полезных ископаемых, основанных на изучении естественных или искусственных электромагнитных полей. Физическая сущность электроразведки заключается в изучении зависимости электромагнитного поля, естественного или искусственного от электрических (а иногда и от магнитных) свойств среды, на которую это поле действует. [1]

В настоящее время разработаны несколько математических методов решения прямых задач в методе ЭТ. На кафедре МКМ ЕНУ им. Л.Н.Гумилева в сотрудничестве с Кафедрой

геофизики МГУ для решения прямых задач на постоянном токе активно развивается метод интегральных уравнений [2] Применение данного метода позволяет рассчитать кажущееся сопротивление ( $\rho_k$ ), которое является основной измеряемой в полевых условиях величиной.

В данной работе показаны результаты расчетов решения прямой задачи зондирования методом сопротивлений для однородной среды с рельефом дневной поверхности. Исследование проводилось на основе программы, разработанной коллективом авторов [3] для численного решения интегрального уравнения, к которому была сведена задача моделирования электрического поля. Расчеты проводились на суперкомпьютере Казахско-Индийского центра передовых вычислений при ЕНУ “Param-Bilim”.

Уравнения, сформулированные Джеймсом Клерком Максвеллом, возникли на основе ряда важных экспериментальных открытий, которые были сделаны в начале XIX века [5]. Классическая электродинамика, основанная на уравнениях Максвелла, лежит в основе многочисленных приложений электро- и радиотехники, СВЧ и оптики. До настоящего времени не было обнаружено ни одного эффекта, который потребовал бы видоизменения уравнений. Поэтому уравнения Максвелла являются основой микроскопического описания электромагнитных свойств вещества. Анализируя известные эксперименты, Максвелл получил систему уравнений для электрического и магнитного полей.

Первое уравнение Максвелла является законом Гаусса в дифференциальной форме.

$$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad (1)$$

Уравнение (1.) говорит о том, что поток электрического поля  $E$  через любую замкнутую поверхность зависит от суммарного электрического заряда внутри этой поверхности.

Второе уравнение Максвелла – это преобразование закона Фарадея. Это уравнение означает, что ротор электрического поля  $E$  равен потоку магнитного поля  $B$  сквозь этот контур:

$$\nabla \times E = - \frac{\partial B}{\partial t} \quad (2)$$

Третье уравнение Максвелла является дифференциальной формой закона Гаусса для магнитного поля и наглядно иллюстрирует поток магнитного поля  $B$  через замкнутую поверхность всегда равен нулю:

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (3)$$

Обобщив теорему Ампера о циркуляции магнитного поля, Максвелл завершил создание замкнутой классической электродинамики.

$$\nabla \times B = \frac{j}{\varepsilon_0 c^2} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial E}{\partial t} \quad (4)$$

Уравнение (4.) показывает, что вихревое магнитное поле может быть порождено как током в проводнике, так и изменением электрического поля. Уравнение (4.) также может быть записано в следующем виде:

$$\nabla \times H = j + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (5)$$

Из теории векторного поля, дивергенция от ротора равна нулю:

$$\nabla \cdot (\nabla \times H) = 0 \quad (6)$$

$$\nabla \cdot j + \frac{\partial \nabla \cdot D}{\partial t} = 0 \quad (7)$$

Из закона Гаусса об электрическом заряде как об источнике электрической индукции следует:

$$\nabla \cdot j + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad (8)$$

Уравнение (8.) – является уравнением постоянного тока в среде, а так же уравнением сохранения заряда. Так как время в электрическом поле  $E$  практически не изменяется и нет влияния тока по площади, то  $\frac{\partial \rho}{\partial t}$  в уравнении (8.) будет равна нулю.

$$\nabla \cdot j = 0 \quad (9)$$

В свою очередь в изотропной среде, между плотностью тока и электрическим полем существует аппроксимационная связь:

$$j \approx \gamma E \approx (\sigma + i\omega e)E \quad (10)$$

Подставим уравнение (14.) в уравнение (13.) и получим:

$$\nabla \cdot \gamma E = 0 \quad (11)$$

Используя (7.), получим уравнение Лапласа:

$$\begin{aligned} \nabla \cdot \gamma(-\nabla u) &= 0 \\ \nabla \cdot (\gamma \nabla u) &= 0 \end{aligned} \quad (12)$$

В рамках научно-исследовательского проекта “Развитие метода интегральных уравнений для исследования структур неоднородных сред” был разработан численный алгоритм решения интегрального уравнения для прямой задачи зондирования над однородной средой с рельефом дневной поверхности [3],[4].

Данный алгоритм тестировался для расчета кажущихся сопротивлений при зондировании плавно поднимающегося или опускающегося рельефа. Рельеф был задан аналитически, форма которого не зависела от координаты  $y$ , перпендикулярной направлению измерительной линии. В расчетах учитывалась симметрия относительно  $Ox$ .

Пользователю алгоритма необходимо задать следующие данные:

- $L$  – длина измерительной линии, вдоль которой идёт измельчение расчетной сетки;
- $qA$  – радиус закругления овалов ограничивающих расчетную область с концов измерительной линии;
- Максимальный угол наклона рельефа в градусах
- $\alpha$  – коэффициент неравномерности сетки;
- $N$  – количество слоев треугольников в триангуляции овала.

Для расчета параметров рельефа, обеспечивающих заданный наклон, положения питающих электродов при заданной длине измерительной линии и других входных параметров программа тратит минимальное количество времени. За такой же промежуток времени происходит запись данных о количестве треугольников и узлов при триангуляции. Основное машинное время затрачивается на вычисление значений плотности источников по методу интегральных уравнений и расчет кажущегося сопротивления.

Расчеты были произведены на суперкомпьютере “Param-Bilim”, в котором можно использовать до 20 Тб памяти при 10 Тfl производительности. Так же использовалась технология параллелизма OpenMP. Влияние параллелизма велико.

Анализировалось влияние на характер триангуляции параметра неравномерности -  $\alpha$ , количества слоев -  $N$ , полуширины овала -  $a$  и длины  $L$ . Число получившихся узлов и

треугольников зависит от этих параметров и определяется после выполнения триангуляции. Расчеты выполнены в диапазонах параметров  $\alpha$  от 8.0 до 16.0,  $N$  от 20 до 101, параметры  $a$  и  $L$  задавались в соотношении  $L = a \cdot [6]$

Численные эксперименты выполнялись для моделей с такими формами рельефа как сдвинутая синусоида (косинусоида), модуль  $\text{abs}(x)$  со сглаживанием и без, с разными углами наклона, а также для волнообразной формы рельефа. Питающий электрод находился в начале координат. На рисунках 1, 2, 3 построены кривые кажущихся сопротивлений для рельефа дневной поверхности в виде выпуклости (синусоиды со сдвигом) с гладкими углами наклона при разных расчетных параметрах. На рисунке 1 приведены результаты расчета, в котором параметр  $a$ , определяющий полуширину сетки по направлению, перпендикулярному измерительной линии, принимал значения равные 1, 1.5, 2. Как видно из расчета, расширение расчетной области для  $a > 1$  практически не влияло на интересующие нас кривые кажущихся сопротивлений. При  $a=1$ ,  $N=98$ ,  $\alpha=8.0$  время с OpenMP было равно 501,371 секунд, без него 1026,143 секунды. Как видно время сократилось почти дважды.

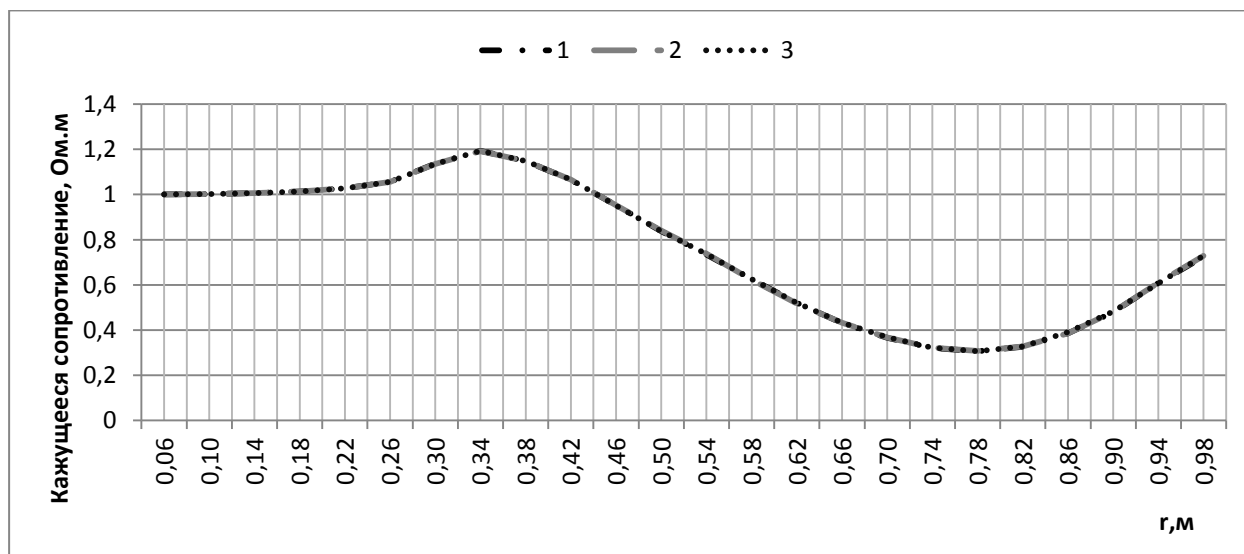


Рисунок 1. - Кривые кажущихся сопротивлений для гладкой формы рельефа: 1 - решение полученное при расчетных параметрах  $a=1$ ,  $N=98$ ,  $\alpha=8.0$ ,  $f=21757$ ,  $k=41819$ ; 2 - решение полученное при расчетных параметрах  $a=1.5$ ,  $N=98$ ,  $\alpha=8.0$ ,  $f=17789$ ,  $k=35679$ ; 3 - решение полученное при расчетных параметрах  $a=2$ ,  $N=98$ ,  $\alpha=8.0$ ,  $f=23103$ ,  $k=45492$

В результате численных экспериментов были установлены наиболее приемлемые параметры расчета, которые обеспечивают достаточное сгущение сетки близи измерительной линии и достаточную длину этой линии: при  $\alpha$  – не менее 8.0 и  $N$  – не менее 20. При этом формируется 20-слойная сетка из треугольников, с числом узлов равным 993 и числом треугольников равным 1844. Дальнейшее измельчение сетки и расширение расчетной области (изменение параметра  $a$ ) изменение кривых кажущегося сопротивления находилось в пределах 2.5%

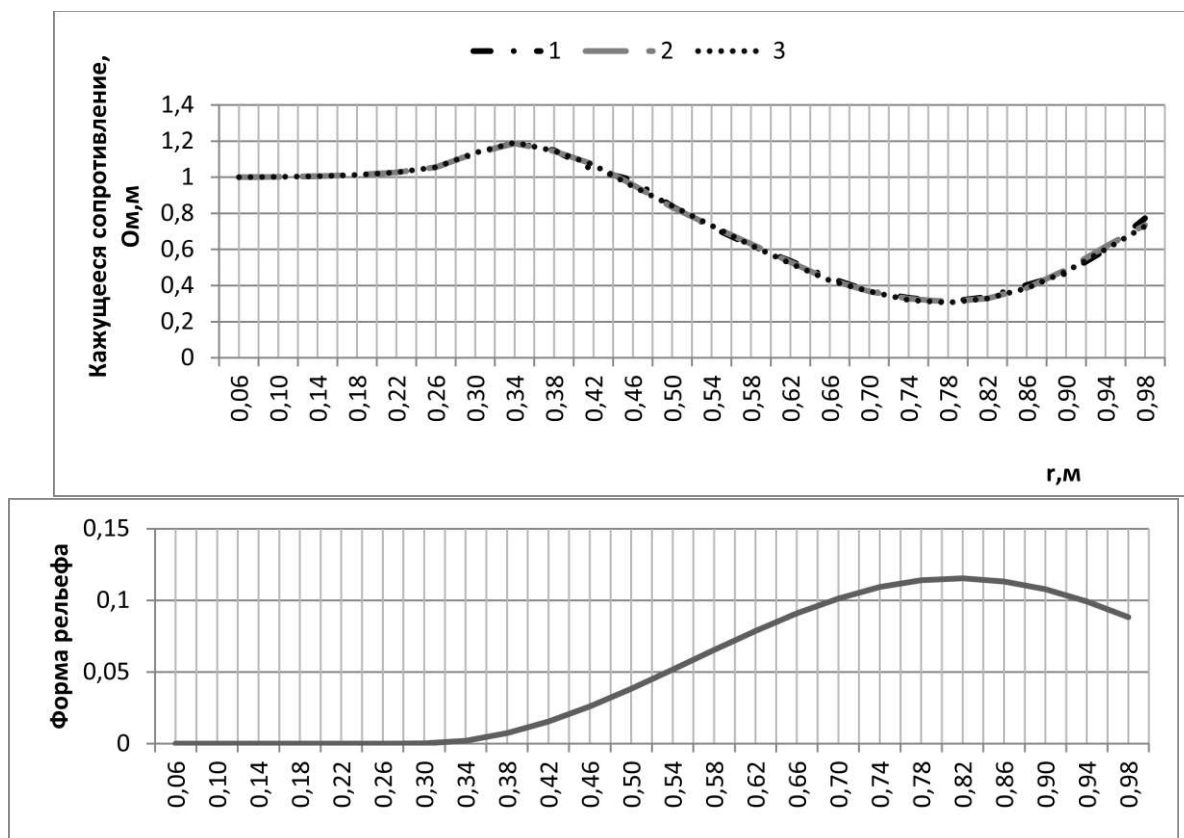


Рисунок 2. - Форма рельефа поверхности и кривые кажущихся сопротивлений: 1 - решение полученное при расчетных параметрах  $N=20$ ,  $\alpha=8.0$ ,  $f=993$ ,  $k=1844$ ; 2 - решение полученное при расчетных параметрах  $N=30$ ,  $\alpha=8.0$ ,  $f=2154$ ,  $k=4095$ ; 3 - решение полученное при расчетных параметрах  $N=101$ ,  $\alpha=8.0$ ,  $f=23103$ ,  $k=45492$

При расчете формы рельефа с параметрами  $N=101$ ,  $\alpha=8.0$  время с технологий параллелизма также сократилось с 1116,266 сек до 735,175 секунды. Поиск решения, полученного при расчетных параметрах  $N=90$ ,  $\alpha=16.0$ , в свою очередь, заняло 900,275 секунд без использования высокопроизводительных технологий. При использовании технологии OpenMP время сократилось дважды.

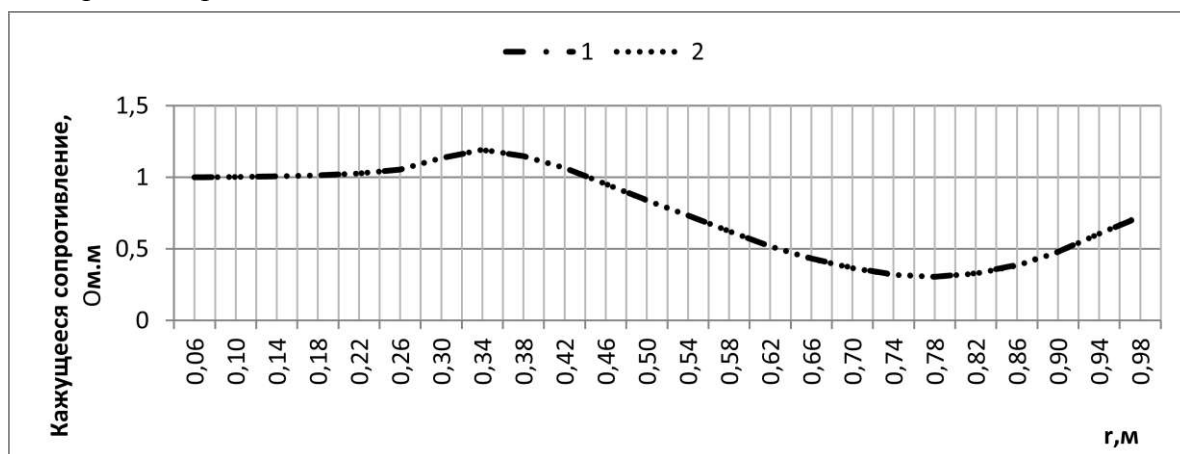


Рисунок 3 - Форма рельефа поверхности и кривые кажущихся сопротивлений: 1 - решение полученное при расчетных параметрах  $N=90$ ,  $\alpha=8.0$ ,  $f=18389$ ,  $k=36138$ ; 2 - решение полученное при расчетных параметрах  $N=90$ ,  $\alpha=16.0$ ,  $f=21066$ ,  $k=41339$



Таким образом, алгоритм, написанный на современном языке Фортран, позволяет с высокой точностью провести расчеты поля и кажущегося сопротивления для расчета гладкого аналитически заданного рельефа. Моим вкладом в данную работу является Определение расчетных параметров триангуляции в задаче электроразведки рельефной поверхности

Так же основное машинное время затрачивается на вычисление значений плотности источников по методу интегральных уравнений и расчет кажущегося сопротивления. Расчеты были произведены на суперкомпьютере “Param-Bilim”, в котором можно использовать до 20 Тб памяти, при производительности 10 TFl.

Отметим, что общее время затраченное на определение параметров триангуляции в задаче электроразведки рельефной поверхности составляет более 2 час 42 минут. При использовании технологий параллелизма OpenMP общее время уменьшилось в два раза. Это означает, что рассматриваемые задачи не могут быть решены на обычных персональных компьютерах и должны решаться с привлечением высокопроизводительных вычислений.

Работа выполнялась в рамках проекта МОН РК, договор № 316 от 13.05.2016

#### **Список использованных источников**

1. И. А. Доброхотова, К. В. Новиков. ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА. Учебное пособие для студентов заочного обучения. Москва — 2009
2. С.А. Ерохин. Применение электротомографии при решении рудных, инженерных и археологических задач. Москва – 2012
3. Б.Г.Муканова, И.Н.Модин, Т.Миргаликызы и др. Развитие метода интегральных уравнений для исследования структур неоднородных сред. Отчет о НИР, Инв.№0215РК02018. Астана – 2015
4. Б.Г. Муканова, Е.Б.Тажибаев. Построение адаптивной сетки для задач зондирования среды с рельефной поверхностью. Вестник ЕНУ им. Л.Н.Гумилева. Астана – 2016.
5. Максвелл Дж.К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М:ГИТТЛ -1952
6. Б.Г.Муканова, И.Н.Модин, Т.Миргаликызы и др. Развитие метода интегральных уравнений для исследования структур неоднородных сред. Отчет о НИР, Инв.№0115РК01424 Астана – 2016

УДК 621:05

### **К ИССЛЕДОВАНИЮ КАЧЕСТВЕННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ПОЛЗУНА С УПРУГИМ ЭЛЕМЕНТОМ ПРИ ВРАЩЕНИИ ИХ ВМЕСТЕ С НАПРАВЛЯЮЩИМ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ**

**Хасенов Азамат Бахитович**

[ast.khassenov@gmail.ru](mailto:ast.khassenov@gmail.ru)

Магистрант механико-математического факультета  
ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан  
Научный руководитель – С.М. Ахметов

В механике машин известны случаи, когда для исследования движения той или иной системы можно составить множество уравнений. Это зависит от степени учета различных факторов и условий, влияющих на движение этой системы. В решении же практических задач, задаваясь начальными условиями, мы в основном несколько упрощаем ход их решения. Однако для того, чтобы изучить, как себя поведет та или иная система в различных режимах движения, нам иногда приходится учитывать всевозможные условия и факторы, и только после этого, в конечном счете, выбирать из них только некоторые, основные модели с учетом выявленных свойств и закономерностей. Для осуществления этого необходимо