

ISSN 1694-6065

ИНСТИТУТ ГЕОМЕХАНИКИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР
НАН КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

КОМИТЕТ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКЕ КЫРГЫЗСТАНА



СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ

ГИДРОГАЗОДИНАМИКА, ГЕОМЕХАНИКА,
ГЕОТЕХНОЛОГИИ И ИНФОРМАТИКА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
№ 32 (2), 2018 г

БИШКЕК-2018

ISSN 1694-6065

ИНСТИТУТ ГЕОМЕХАНИКИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР НАН
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

КОМИТЕТ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКЕ КЫРГЫЗСТАНА



СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ

ГИДРОГАЗОДИНАМИКА, ГЕОМЕХАНИКА,
ГЕОТЕХНОЛОГИИ И ИНФОРМАТИКА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
№ 32(2), 2018 г

БИШКЕК-2018

Журнал издается
с января
2001 года

Выходит 4 раза в год

Учредитель:
Институт геомеханики
и освоения недр
Национальной
Академии наук
Кыргызской
Республики.

Адрес редакции:
Кыргызская
Республика,
г. Бишкек,
ул. Медерова, 98,

тел: +996 312 54 11 15,
+996 312 54 11 17,
+996 554 62 40 68
факс: +996 312 54 11 17

Журнал
зарегистрирован в
Министерстве
юстиции КР
Свидетельство
№ 2179 от 25.03.2016

ISSN 1694-6065

Подписано в печать
25.06.2018 г.
Тираж 200 экз.
Заказ 616

Отпечатано в
типографии КГУСТА

**Рецензируемое научно-периодическое
издание**

Редакционная коллегия:

Главный редактор

К.Ч. Кожоголов, член-корр. НАН КР, д.т. н.,
профессор, ifmgrp@yandex.ru

Ответственный секретарь

А.К. Орозобекова, к.ф.-м.н., с.н.с.,
oakk@mail.ru

Члены редколлегии

Айтматов И.Т. – акад. НАН КР, д.т.н., проф
Жайнаков А.Ж. – акад. НАН КР, д.ф.-м.н.,
профессор
Бримкулов У.Н. – член-корр. НАН КР,
докт. техн. наук, профессор
Жаманбаев М.Ж. – д.ф.-м.н., профессор
Чечейбаев Б.Ч. – д.ф.-м.н., профессор
Бийбосунов Б.И. – д.ф.-м.н., профессор
Рудаев Я.И. – д.ф.-м.н., профессор
Чормонов М. Б. – д.ф.-м.н., профессор
Рычков Б.А. – д.ф.-м.н., профессор
Исманбаев А.И. – д.ф.-м.н., профессор
Бийбосунов А.И. – д.ф.-м.н.
Жусупбаев А.Д. – д.ф.-м.н., профессор
Кабаева Г.Д. – д.ф.-м.н.
Тажибаев К.Т. – д.т.н., профессор
Никольская О.В. – д.т.н.
Толобекова Б. – д.т.н.
Жолдошев Б.О. – д.т.н.

Материалы напечатаны с оригиналов
авторов. Журнал индексируется в
библиографической базе РИНЦ.

УДК 531
ББК 22.25

© Институт геомеханики и освоения недр НАН
КР и Комитет по теоретической и прикладной
механике Кыргызстана, 2018

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ
Выпуск тридцать второй, 2018 г.

УДК 622.832

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В МОДЕЛИ ВОКРУГ ВЫРАБОТКИ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

И.Т. Айтматов, Г.О. Казакбаева

Институт геомеханики и освоения недр НАН КР

Поляризационно-оптическим методом исследован характер взаимодействия остаточных напряжений с напряжениями, созданными внешними силами вблизи выработки прямоугольной формы в плоской модели.

Ключевые слова: остаточные напряжения, суммарные напряжения, эпюры напряжений, напряжения сжатия, напряжения растяжения.

МОДЕЛДЕГИ КАЗМАНЫН ТЕГЕРЕГИНДЕГИ ЧЫҢАЛУУНУ ОПТИКАЛЫК ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЫКМАСЫ МЕНЕН ИЗИЛДӨӨ

И.Т. Айтматов, Г.О. Казакбаева

Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институту

Жалпак моделдеги тик бурчтуу казманын тегерегиндеги калдыктуу чыңалуунун сырткы күчтөрдүн таасири аркалуу пайда болгон чыңалуулары менен болгон өз ара аракеттеринин мүнөзү оптикалык поляризация ыкмасы менен изилденди.

Баштапкы сөздөр: калдыктуу чыңалуу, жалпы чыңалуу, чыңалуунун эпюрасы, кысылуу чыңалуусу, чоюлуу чыңалуусу.

STUDY OF THE VOLTAGES IN MODELS AROUND PRODUCTION POLYARIZACIONNO-OPTICAL METHOD

I.T Aytmatov, G.O. Kazakbaeva

Institute of geomechanics and development of subsoil of the National
academy of Sciences of the Kyrgyz Republic

Explored polarizacii -optical method nature interactions of the remaining voltages with voltages, created external power around production of the square-wave form in flat model.

Keywords: remaining voltages, total voltages, эпюры voltages, voltages of the compression, voltages of the sprain.

Введение

При подземной разработке месторождений полезных ископаемых значительное влияние на безопасность и эффективность горных работ оказывает состояние выработок различного назначения. Для оценки и контроля устойчивости выработок необходимо знать напряженное состояние вокруг них. Задачи, связанные с устойчивостью выработок, решались разными методами и некоторые из них приведены в трудах [1-2]. Напряжения в массиве горных пород распределены неоднородно и одним из основных факторов, приводящих к такому распределению, являются остаточные напряжения. При натурных наблюдениях сложно установить степень влияния данного фактора на напряженное состояние и разрушение массива, окружающего горные выработки. Поэтому решение задач с учетом влияния основных факторов на распределение напряжений вокруг выработок, как по отдельности, так и в комплексе методами моделирования актуальны.

В связи с этим, в представленной работе поляризационно-оптическим методом в плоской модели исследовано распределение напряжений вокруг выработки прямоугольной формы.

Исследование распределения напряжений вокруг выработки включает в себя три варианта:

1. Распределение остаточных напряжений вокруг выработки в плоской оптически активной модели.
2. Распределение суммарных напряжений вокруг выработки в оптически активной модели при взаимодействии остаточных напряжений с напряжениями от внешних вертикальных сил.

3. Распределение суммарных напряжений вокруг выработки в оптически активной модели при взаимодействии остаточных напряжений с напряжениями от внешних вертикальных и горизонтальных сил.

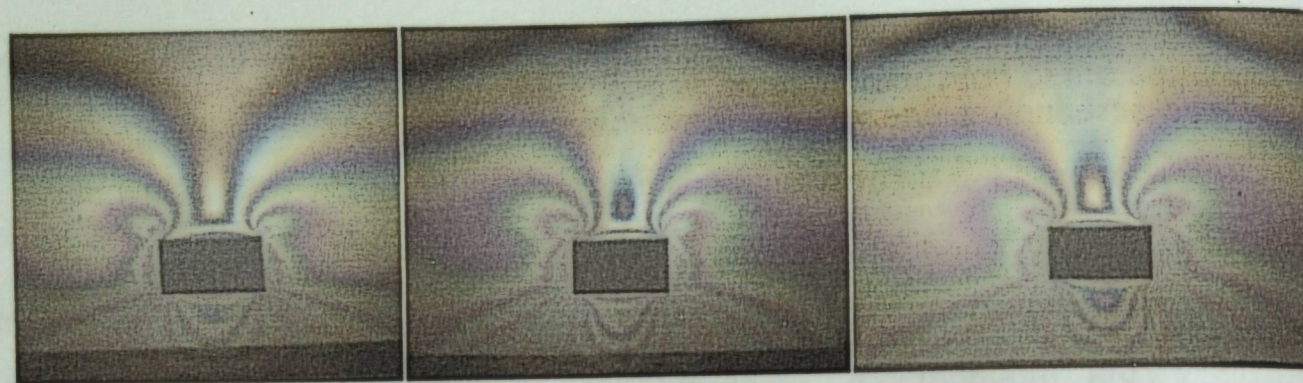
Методика проведения эксперимента

Для проведения эксперимента использована плоская модель, изготовленная из оптически активного материала ЭД-6 по известной технологии, приведенной в работе [3]. Размеры модели: высота-21,5 см, ширина-20 см, толщина-0,8 см. В этой модели была вырезана одиночная прямоугольная выработка с размерами: высота-3 см, ширина -4 см. Затем в термостате специальным режимом термообработки в модели были созданы поля остаточных напряжений. Их величины по основным сечениям вокруг выработки определены так же, как и в работе [4]. Далее модель с остаточными полями напряжений при помощи специального нагрузочного приспособления нагружался внешними вертикальным и горизонтальным нагружениями, где $P_v=1,3$ МПа, $P_r=1,3$ МПа.

Картины полос остаточных и суммарных напряжений вокруг выработки были сфотографированы через поляризационно-оптический прибор для измерения напряжений и приведены ниже на рисунке 1.

Результаты экспериментальных исследований

Из картины полос на рисунке 1а видно, что концентрация остаточных напряжений имеет место в угловых и боковых частях, а также в днище выработки. Под действием внешней вертикальной и горизонтальной нагрузок в модели вокруг выработки наблюдается рост концентрации суммарных напряжений (рис. 1б,в).



а) б) в)

Рис. 1. – Картины полос напряжений вокруг выработки в плоской модели: а) – остаточных напряжений; б) – суммарных напряжений при нагружении модели вертикальной нагрузкой; в) - суммарных напряжений при вертикальном и горизонтальном нагружении модели.

Результаты эксперимента ниже приведены в виде эпюр главных напряжений. Для анализа и сравнения результатов трех вариантов исследований построены общие эпюры главных напряжений. На рисунке 2а видно, что одно из главных нормальных остаточных напряжений σ_1 по вертикальному сечению над кровлей выработки имеет знакопеременный характер распределения с преобладанием высоких величин растягивающих напряжений. Нагружение модели вертикальной нагрузкой привело к незначительному снижению величин растягивающих напряжений σ_1 , но с увеличением их зоны действия. А внешние вертикальные и горизонтальные нагружения модели вблизи кровли выработки привели к значительным снижениям величин растягивающих суммарных напряжений σ_1 , а в удалении - к более высоким значениям сжимающих напряжений. Второе главное нормальное остаточное напряжение σ_2 по вертикальному сечению над выработкой имеет высокие сжимающие значения (рис.2б). Внешние вертикальные нагружения модели над кровлей выработки привели к снижению величин сжимающих суммарных напряжений σ_2 в более, чем три раза. А внешние вертикальные и горизонтальные нагружения модели привели к росту величин суммарных сжимающих напряжений. Взаимодействия остаточных напряжений с напряжениями,

созданными внешними вертикальными и горизонтальными нагружениями, привели к значительным снижениям величин суммарных максимальных касательных напряжений по вертикальному сечению над кровлей выработки (рис. 2в).

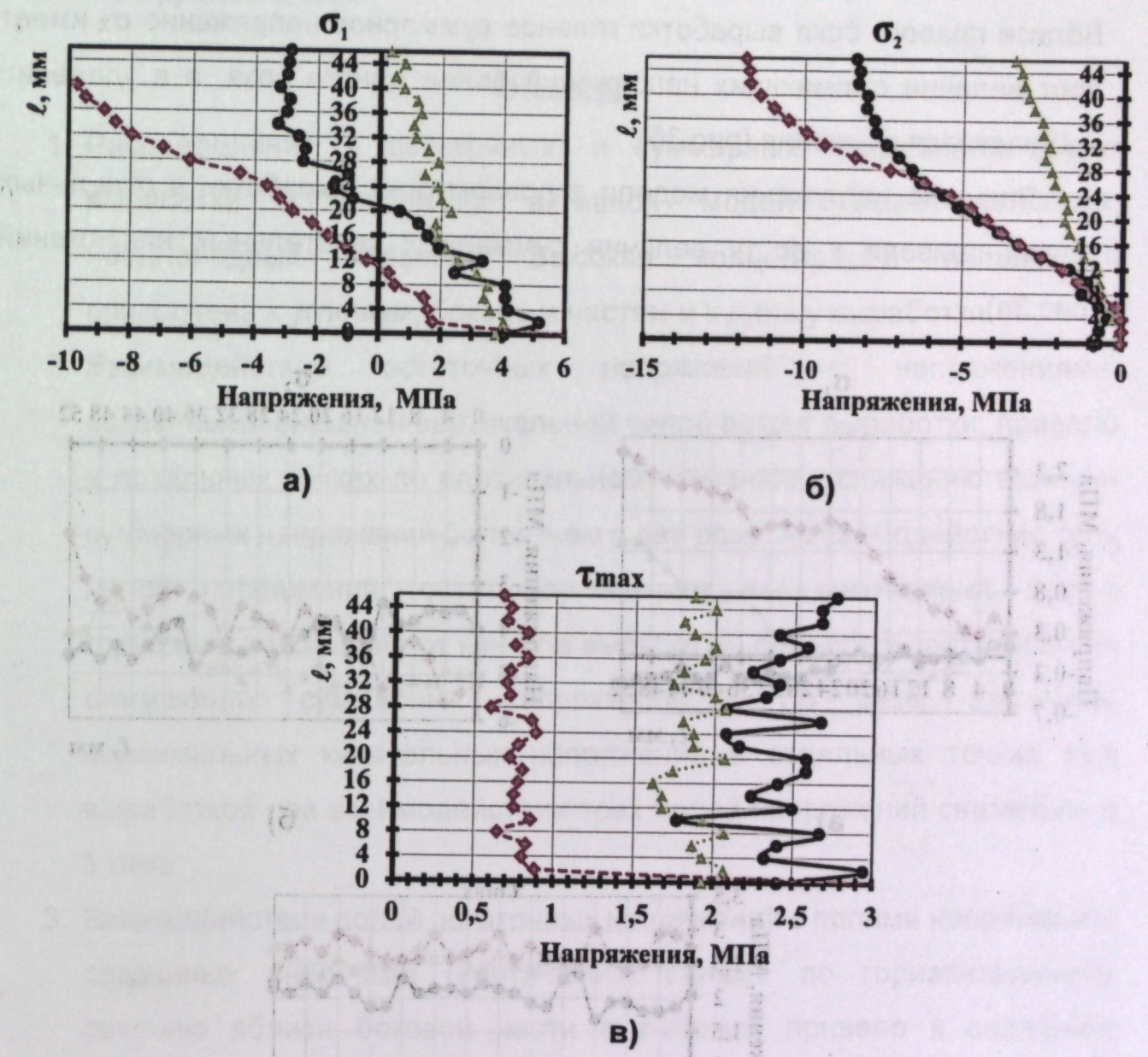


Рис. 2. – Общие эпюры напряжений по вертикальному сечению над кровлей выработки для трех вариантов исследований: а),б) – эпюры главных нормальных остаточных и суммарных напряжений, в) – эпюры максимальных касательных напряжений.

- - главные остаточные напряжения;
- ▲ - главные суммарные напряжения при вертикальном нагружении модели;
- ◆ - главные суммарные напряжения при вертикальном и горизонтальном нагружении модели.

Взаимодействие остаточных напряжений с напряжениями, созданными в модели вертикальными и горизонтальными нагрузками, привели в правом боку выработки по горизонтальному сечению к значительному росту величин суммарных нормальных растягивающих напряжений σ_1 (рис.3а). Вблизи правого бока выработки главное суммарное напряжение σ_2 имеет рост величин сжимающих напряжений более одного раза, а в удалении наблюдается снижения (рис.3б).

Внешние нагрузки модели в правом боку выработки в отдельных точках привели к росту величин суммарных касательных напряжений (рис.3в).

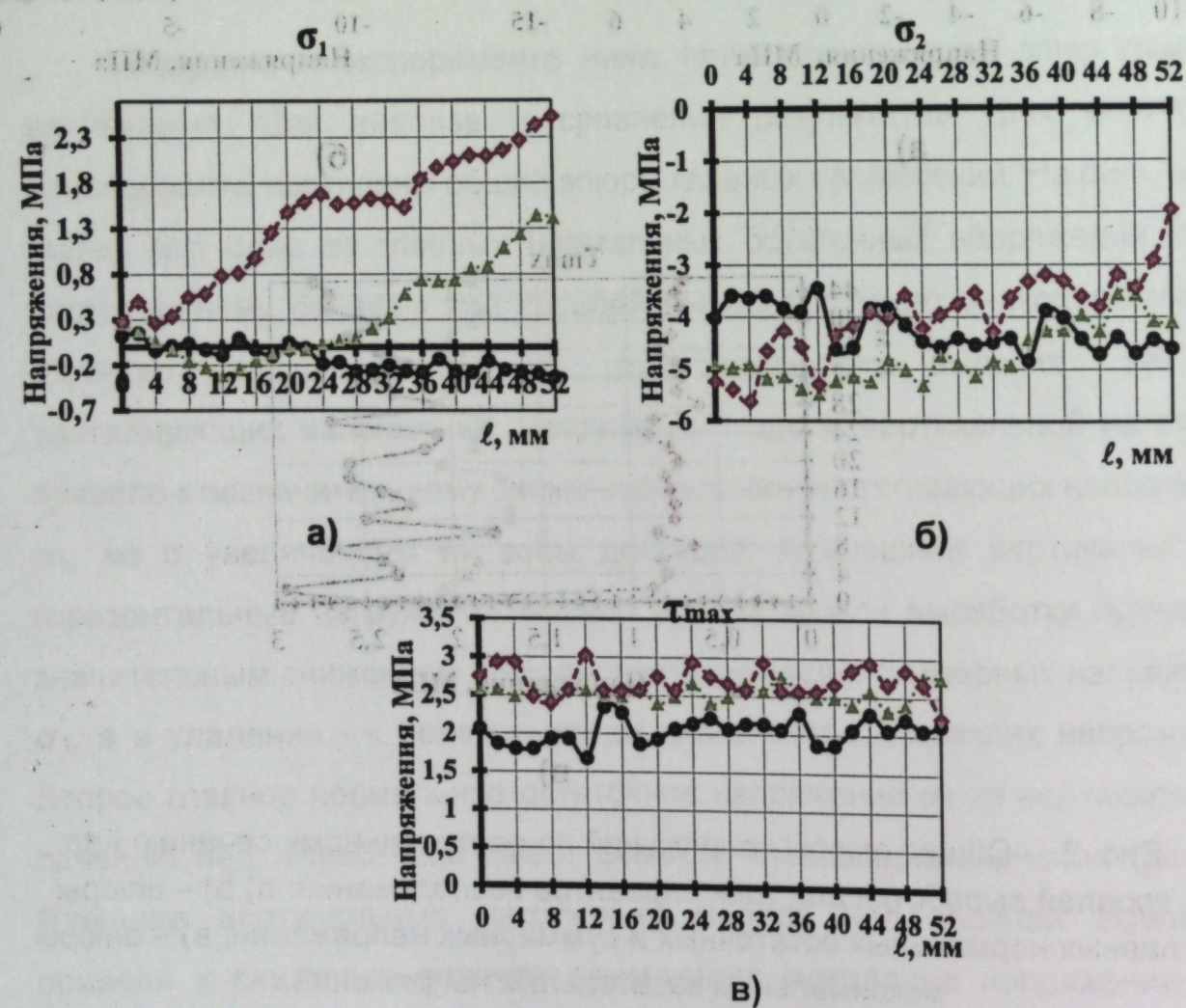


Рис. 3. - Общие эпюры напряжений по горизонтальному сечению в правой боковой части выработки для трех вариантов исследований: а),б) – эпюры

главных нормальных остаточных и суммарных напряжений, в) – эпюры максимальных касательных напряжений.

- главные остаточные напряжения;
- ▲- главные суммарные напряжения при вертикальном нагружении модели;
- ◆- главные суммарные напряжения при вертикальном и горизонтальном нагружении модели.

Выводы

1. Распределение и остаточных, и суммарных напряжений вокруг выработки в оптически активной модели имеет сложный, неоднородный характер. Высокая концентрация напряжений приурочена к угловым, боковым частям и к днищу выработки.
2. Взаимодействие остаточных напряжений с напряжениями, созданными внешней вертикальной силой вокруг выработки, привело в локальных точках по вертикальному сечению к снижению величин суммарных напряжений более, чем в два раза. А взаимодействие трех полей напряжений (остат.напр.+напр.от верт.сил+напр.от верт.и гориз.сил) в удалении от контура выработки, привело к росту величин сжимающих суммарных напряжений в 1,5 раза. Величины максимальных касательных напряжений в отдельных точках над выработкой при взаимодействии трех полей напряжений снизились в 3 раза.
3. Взаимодействие полей остаточных напряжений с полями напряжений, созданных внешними (верт.+гориз) силами по горизонтальному сечению вблизи боковой части выработки, привело к снижению суммарных сжимающих напряжений, а в удаленных точках - к росту величин растягивающих напряжений. В итоге, в этом направлении преобладают по величине суммарные сжимающие напряжения. Взаимодействие трех полей напряжений по горизонтальному сечению в правом боку выработки также привело к росту величин суммарных максимальных касательных напряжений в 1,2 раза.

4. Результаты экспериментальных исследований на плоских оптически активных моделях могут качественно и количественно оценить поведение пород, окружающих выработку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Катков Г.А., Молодцова Л.С., Трумбачев В.Ф. Определение напряжений и внешних нагрузок на крепь подземных выработок. /Поляризационно-оптический метод исследования напряжений. Труды 5-й всесоюзной конференции, 1964 г., изд., Ленинградского Университета, 1966., С. 254-260.
2. Булин Н.К. Некоторые выводы из анализа измерений естественных напряжений в подземных горных выработках. /Напряженное состояние земной коры, Изд. «Наука», Москва, 1973., С.168-176.
3. Филатов Н.А., Беляков В.Д., Иевлев Г.А. Фотоупругость в горной геомеханике. – М.: Недра, 1975., С.183 с.
4. Казакбаева Г.О. Влияние трещины на распределение остаточных напряжений вблизи выработки в оптически активной модели. /Современные проблемы механики сплошных сред, вып.22., Бишкек, 2015., С.25-33.

УДК 532.546

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ТОНКОГО ПРОНИЦАЕМОГО ТЕЛА ИДЕАЛЬНЫМ ГАЗОМ

М.Ж.Акжолов, А.И.Исманбаев

Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательского института системных исследований Российской академии наук» (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН) г. Москва, КГУСТА им.Н.Исанова

Приведены результаты математического и компьютерного моделирования обтекания тонкого проницаемого тела идеальным газом.
Ключевые слова: идеальный газ, тонкое проницаемое тело, метод крупных частиц.

ИДЕАЛДЫК ГАЗДЫН ЖУКА ӨТКӨРҮМДҮҮЛҮКТӨГҮ ТЕЛОНУ АЙЛАНЫП ӨТҮҮСҮН ИЗИЛДӨӨ

М.Ж.Акжолов, А.И.Исманбаев

Орусия илимдер академиясы, Москва ш.,
Н.Исанов атындагы КМКТАУ, Бишкек ш.

Математикалык жана компьютердик моделдөөнүн жардамы менен идеалдык газдын жука өткөрүмдүүлүктөгү телону айланып өтүүсү изилденген.

Баштапкы сөздөр: идеалдык газ, жука өткөрүмдүү тело, айланып өтүү.

RESEARCH OF THE FLOW AROUND A THIN PERMEABLE BODY WITH AN IDEAL GAS

M.J.Akjolov, A.I.Ismanbaev

Federal State Institution "Federal Scientific Center of the Scientific Research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences" (FGUFNTS NIISI RAN), Moscow, KSUCTA named of N.Isanova, Bishkek.

The results of mathematical and computer simulation of flow around a thin permeable object with an ideal gas are presented.

Keywords: ideal gas, wrapping, thin permeable object.

В настоящее время практика выдвигает широкий спектр сложных задач аэрогидродинамики. Их решение крайне необходимо при разработке актуальных проблем машиностроения, экологии, металлургии, энергетики, технологии, конструирования тормозных устройств летательных аппаратов, космических объектов и т. п. Требования, предъявляемые к исследованиям этих задач в настоящем и будущем, являются чрезвычайно важными. Экспериментальные исследования для них технически трудны, экономически дороги и во многих случаях даже невозможны. Единственным, реальным путем их исследования является численный эксперимент. Использование численного моделирования при решении этих проблем весьма перспективно, так как оно даёт наиболее полную информацию в короткие сроки. Важную роль здесь также играет экономический фактор: численный эксперимент обычно экономически существенно дешевле любого натурального физического эксперимента. К тому же это даёт уникальную возможность исследовать влияние на исследуемый процесс разных параметров как отдельно, так и в любой их комбинации.

Современные электронные вычислительные машины дали в руки исследователей эффективные средства для математического моделирования сложных задач науки и техники. Именно поэтому количественные методы исследования в настоящее время проникают практически во все сферы человеческой деятельности, а математические модели становятся средством познания.

Роль математических моделей далеко не исчерпывается проблемой познания закономерностей. Их значение непрерывно возрастает в связи с естественной тенденцией к оптимизации технических устройств и технологических схем планирования эксперимента. В процессе познания, стремясь создать детальную картину исследуемых процессов, мы приходим к

необходимости строить все более сложные математические модели, которые в свою очередь требуют универсального и тонкого математического аппарата. Реализация математических моделей на ЭВМ осуществляется с помощью методов вычислительной математики, которые непрерывно совершенствуются вместе с самой вычислительной техникой.

Решение сложных практических задач, выдвигаемых современным развитием науки и техники, требует больших затрат машинного времени и других ресурсов ЭВМ. При проведении современных численных экспериментов необходимо учитывать архитектуру используемых вычислительных систем и добиваться максимальной адекватности численных алгоритмов конкретной архитектуре. При этом становится настоятельной потребностью перехода от традиционных однопроцессорных ЭВМ к вычислительным системам сложной архитектуры [8, 9]. Значительного выигрыша по времени при использовании многопроцессорных систем можно достигнуть, понижая высоту алгоритма путем распределения вычислений на несколько параллельно работающих процессоров [9, 14, 15].

В качестве инструментов для исследования в данной работе выбраны мощные и современные численные методы.

Данная работа посвящена численному исследованию обтекания пронцаемого тела (диска с козырьком-обечайкой) моделирующего профиля парашюта.

Расчет течений сжимаемого газа около пронцаемых тел является очень сложной и трудоёмкой задачей. В ряде случаев пронцаемость моделируется вдувом или отсосом газа на соответствующих поверхностях. При этом пронцаемые поверхности часто составляют небольшие углы с направлением потока (как, например, на перфорированных участках транзвуковых аэродинамических труб (см., например, работы А.С. Фонарева, ЦАГИ)) и не вносят больших возмущений. Проведения расчетов обтекания тел с сильным вдувом, дающим большие возмущения, весьма

затруднительно. Впервые такие расчёты были проведены методом крупных частиц в конце 1960-х годов [11]. С тех пор методом крупных частиц получено большинство результатов по струйным течениям, вдуву и отсосу потока, моделирующих проницаемость.

Заметим, что практический интерес представляет исследование обтекания проницаемых тел и поверхностей во всём диапазоне коэффициентов проницаемости: от почти непроницаемых объектов до практически полностью проницаемых структур, слабо возмущающих поток. Очень малой проницаемостью обладают изделия из полондированных или пропитанных особыми составами тканей, применяемые в дирижаблестроении, в парашютной технике, при изготовлении воздушных шаров, дельтапланов и т. п. [10]. Умеренная проницаемость наблюдается у обычных плотных тканей, используемых для изготовления куполов парашютов и ветроотклоняющих экранов. Значительной проницаемостью обладают перфорированные стенки трансзвуковых аэродинамических труб, воздушные и другие фильтры двигателей, разнообразная аппаратура химической технологии, густые лесные массивы и др. Большая проницаемость наблюдается у ленточных парашютов, различного рода решеток, защитных полос лесонасаждений и т. п.

Модель обтекания тонкого проницаемого тела (парашюта) идеальным газом.

Впервые движение жидкости через пористую среду с различными параметрами проницаемости среды было рассмотрено Н.Е. Жуковским [17, 18]. Это направление затем было развито в трудах С.А. Христиановича [29], Полубариновой-Кочиной [20, 24, 25] и др. [1 - 4, 11 - 14]. Математические модели проницаемости тонкого тела впервые были изложены в работе Х.А.Рахматулина [26 - 28], где рассматривалась зависимость изменения нормальной составляющей скорости в виде многочлена от разности давления.

Были проведены достаточно подробные исследования обтекания проницаемого тонкого тела различными моделями проницаемости: кинематическими и динамическими, а также по эмпирическим моделям, учитывающим реальную тканевую проницаемость парашюта. Результаты данных исследований опубликованы в ряде работ, а именно [1 - 4, 6, 11 - 16].

В данной работе рассматривается задача обтекания проницаемого тонкого тела более сложной геометрической формы (тонкий диск с козырьком-обечайкой), приближенной к геометрии парашюта.

Постановка задачи исследования обтекания проницаемого тонкого тела

Проведены расчеты обтекания тонкого диска с козырьком-обечайкой в осесимметричном случае идеальным газом. Задавались следующие параметры задачи: число Маха набегающего потока $M_\infty=2$, расчетное поле 80×40 , сеточные параметры по пространственным и временным координатам $\Delta x=0.1$, $\Delta y=0.1$, $\Delta t=0.01$, физический размер, т.е. радиус диска (расстояние от оси симметрии до кромки), $R=10\Delta y=1.0$ с размером козырька $5\Delta x=0.5R$. Для задачи внешнего обтекания характерные параметры задавались следующим образом: характерная длина R - радиус диска; характерная скорость - скорость набегающего потока в бесконечности W_∞ ; характерное время определялось соотношением $t=R/W_\infty$. Тонкий обтекаемый диск с козырьком расположен вертикально и находится на границе между смежными горизонтальными ячейками (NP, j) и $(NP+1, j)$, на расстоянии $2.95R$ от начала координат по оси Ox , т.е. от левой внешней границы расчетной области (Рис.1). В данном случае номер расчетной ячейки (по горизонтали) перед телом $NP=29$, номер самой верхней расчетной ячейки, соответствующей кромке тела, $MP=11$. Козырек находится по горизонтальной линии между горизонтальными слоями ячеек $(i, 10)$ и $(i, 11)$, где $i = 25, 26, \dots, 29$. Расчеты по времени проводились до $t^n=20$

($n=t^0/\Delta t=2000$ циклов по времени). В начальный момент времени невозмущенный набегающий поток движется слева на право со значениями в бесконечности $W_\infty, \rho_\infty, p_\infty, E_\infty$ - вектор скорости, плотности, давления и полной удельной энергии в бесконечности соответственно. Слева направо движущий поток обтекая полупроницаемый рассматриваемый объект образует сложную картину течения вокруг тела. На внешних границах расчетной области задавались следующие граничные условия: на левой границе АВ задавались невозмущенные газодинамические параметры набегающего потока газа; на оси симметрии AD использовались условия симметрии; на верхней внешней границе ВС и на правой внешней границе CD задавались условия свободного вытекания.

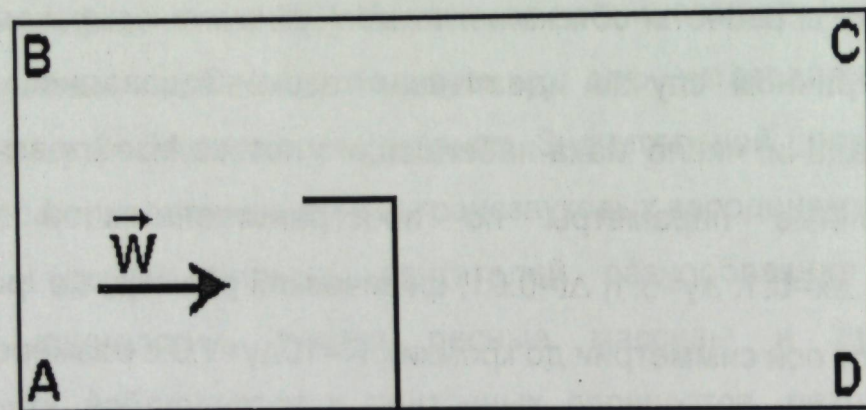


Рис. 1.

В данной работе используются полуэмпирические формулы, описывающие проницаемость реальных тел (тканей), установленные на аэродинамической трубе в НИИ Парашютостроения.

$$W_{zp} = \frac{1}{A} \left\{ \sqrt{\frac{2\Delta p}{C_{wo}\rho} A^2 + 1} - 1 \right\}. \quad (1.1)$$

Здесь используются следующие обозначения:

$$A = \frac{2Re\rho}{\gamma\mu};$$

$$Re = \frac{M_\infty \rho_\infty d^*}{\mu_\infty};$$

$$\mu = T^{3/2} \frac{T_\infty + 110.4}{TT_\infty + 110.4};$$

$$T = \gamma \frac{p}{\rho},$$

Рассматривается задача осесимметричного обтекания проницаемого диска козырьком обечайкой.

Основные идеи и алгоритмы решения полной системы уравнений вихревого движения сплошной среды с учетом сжимаемости в наиболее общем пространственно-трехмерном нестационарном случае метода крупных частиц достаточно подробно изложены в работах [7, 11].

Для решения рассматриваемых задач будем использовать систему уравнений, записанную в безразмерном виде:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho W) = 0,$$

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \text{div}(\rho u W) + \frac{\partial p}{\partial x} = 0,$$

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t} + \text{div}(\rho v W) + \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \quad (1.2)$$

$$\frac{\partial \rho E}{\partial t} + \text{div}(\rho E W) + \text{div}(pW) = 0,$$

где $E = J + (u^2 + v^2)/2$ - полная энергия, p - давление, ρ - плотность, J - внутренняя энергия единицы массы среды, W - вектор скорости, u, v - компоненты вектора скорости по осям x и y , соответственно, t - время. Для замыкания системы уравнений (1.2) используем уравнение состояния совершенного газа.

$$p = (\gamma - 1)\rho J = (\gamma - 1)\rho[E - (u^2 + v^2)/2], \quad (1.3)$$

где γ - показатель адиабаты газа.

Заключение

Дана математическая постановка решения задач и приведены система дифференциальных уравнений для определения физических параметров обтекания: ρ, u, v, E, p

ЛИТЕРАТУРА

1. Акжолов М.Ж. Численный расчет обтекания проницаемого профиля парашюта. Научная конференция, посвященная 75-летию со дня рождения В.А. Мельникова. Сборник докладов. -М.: 2004. с.138-140.
2. Акжолов М.Ж., Абдырасулов Р.Р., Булгаков А.А., Кондратьев В.Б. Решения некоторых задач аэродинамики методом крупных частиц. 52 научно-техническая конференция. Сборник трудов. Ч.2. -М.: МИРЭА. 2003. с. 31-34.
3. Акжолов М.Ж. Постановка граничных условий при обтекании полупроницаемого тела. -В кн.: Юбилейный международный симпозиум "Актуальные проблемы механики сплошных и сыпучих сред". -М.: НАПН, 1997. с. 13.
4. Акжолов М.Ж. Обтекание полупроницаемых тел с граничными условиями Давыдова. -В кн.: Математическое моделирование в естественных науках. Тезисы докладов. Всероссийской конференции молодых ученых. -Пермь: Пермский государственный технический университет, 1998. с. 28 - 29.
5. Акжолов М.Ж., Мадера А.Г., Сотников А.Н. Руководство пользователя системы МВС-1000/М, в режиме удаленного доступа. Учебное пособие / Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет) - М., 2004. - 56 с.
6. Акжолов М.Ж., Чечейбаев Б., Осмонов К.К. Расчет обтекания газом произвольного профиля парашюта методом крупных частиц. -В кн.: Компьютеры в учебном процессе и науке. -Бишкек: Материалы III Республиканской научно - методической конференции, 1994. с. 64 - 65.

7. Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М. Метод крупных частиц в газовой динамике. Вычислительный эксперимент. -М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. -392 с.
8. Бурцев В.С. Вычислительные машины с нетрадиционной архитектурой супер - ЭВМ. / Под редакцией В.С. Бурцева, -М.: ВЦКП РАН, Сборник научных трудов, выпуск 2, 1994. -195 с.
9. Бурцев В.С. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры супер ЭВМ.-М.: ИВВС РАН, 1997. -152 с.
10. Гродзовский Г.Л., Никольский А.А., Свищев Г.П., Таганов Г.И. Сверхзвуковые течения газа в перфорированных границах. -М.: Машиностроение, 1967. -144 с.
11. Давыдов Ю.М., Акжолов М.Ж., Чечейбаев Б. и др. Численное исследование актуальных проблем машиностроения и механики сплошных и сыпучих сред методом крупных частиц. т. 1. - т. 5. / Под ред. Ю.М. Давыдова. -М.: НАПН, 1995. -1658 с.
12. Давыдов Ю.М., Акжолов М.Ж. Численные модели граничных условий при течении среды через полупроницаемый слой. -В кн.: Всероссийская научная конференция "Фундаментальные проблемы нефти и газа". Тезисы докладов. -М.: Государственная академия нефти и газа им. И.М. Губкина, 1996. с. 87.
13. Давыдов Ю.М., Акжолов М.Ж. Структуры течений при обтекании полупроницаемого тела. -В кн.: Юбилейный международный симпозиум "Актуальные проблемы механики сплошных и сыпучих сред". -М.: НАПН, 1997. с. 27 - 28.
14. Давыдов Ю.М., Акжолов М.Ж. Решение сложных задач математической физики на многопроцессорном вычислительном комплексе "Эльбрус-2" методом крупных частиц. -В кн.: Вычислительные машины с нетрадиционной архитектурой. Супер ВМ. Сборник научных трудов. Под общей редакцией академика РАН В.С. Бурцева. -М.: ИВВС РАН, Выпуск 6, 1997. с. 130 - 148.

15. Давыдов Ю.М., Аюжолов М.Ж. Исследование нелинейных задач парашютостроения на многопроцессорном вычислительном комплексе "Эльбрус-2" методом крупных частиц. -В кн.: Вычислительные машины с нетрадиционной архитектурой. Супер ВМ. Сборник научных трудов. Под общей редакцией академика РАН В.С. Бурцева. -М.: ИВВС РАН, Выпуск 7, 1998. с. 108 - 123.
16. Давыдов Ю.М., Аюжолов М.Ж. Моделирование обтекания полупроницаемого тела на основе линейной кинематической модели методом крупных частиц. -В кн.: Математическое моделирование систем и процессов. Сборник научных трудов. № 6. -Пермь: Пермский государственный технический университет, 1998. с. 24 - 29.
17. Жуковский Н.Е. Теоретическое исследование о движении подпочвенных вод. (1889). Ж. Русск. физ.-хим. общ-ва, т. 21, № 1, с. 1 - 20. Полное собр. соч., т. 7. -М.: 1937. с. 9 - 33.
18. Жуковский Н.Е. Просачивание воды через плотины. Полное собр. соч., т. 7. -М.: 1937. с. 325 - 363.
19. Ивандаев А.И., Кутушев А.Г., Родионов С.П. Математическое моделирование ударно-волновых процессов в химически-инертных и реагирующих полидисперсных смесях газа с твердыми частицами. - Математическое моделирование. 1995. т. 7, № 12, с. 20 - 32.
20. Кочина П.Я., Кочина И.Н. Гидромеханика подземных вод и вопросы орошения. -М.: Физ.-мат. лит., 1994. -240 с.
21. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. Издание 3-е, перераб. и доп. -М.: Наука, 1989. -608 с.
22. Овсянников Л.В. Введение в механику сплошных сред. В 2-х томах. - Новосибирск: Изд-во НГУ, т.1, 1976. -76 с. т.2, 1977. -70 с.
23. Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. -М.: Наука, 1981. -368 с.
24. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. -М. -Л., Гостехиздат, 1952. / Изд-е 2-е, перераб. и доп. -М.: Наука, 1977. -664 с.

25. Полубаринова-Кочина П.Я., Фалькович С.В. Теория фильтрации жидкостей в пористых средах (обзор). -М.: ПММ, 1947. т. 11, № 6, с. 629 - 674.
26. Рахматулин Х.А. Теория раскрытия парашюта. -Техника воздушного флота. 1940. № 8, с. 79 - 89.
27. Рахматулин Х.А. Обтекание проницаемого тела. -Вестник Московского университета, серия физико-математических и естественных наук, 1950. № 3, с. 3 - 21.
28. Рахматулин Х.А. Теория осесимметричного парашюта. Научные труды Института механики МГУ, 1975. № 35, с. 3 - 35.

УДК 622.833

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Г.О. Казакбаева

Институт геомеханики и освоения недр НАН КР

В статье приводится методика исследования остаточных напряжений в плоских оптически активных моделях и образцах. *Ключевые слова:* остаточные напряжения, деформация, полимеризация, температурный режим, эпюры напряжений, напряжения сжатия.

ОПТИКАЛЫК АКТИВДУУ МАТЕРИАЛДАРДАГЫ КАЛДЫКТУУ ЧЫҢАЛУУНУ ИЗИЛДӨӨ ҮКМАСЫ

Г.О. Казакбаева

Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институту

Бул статьяда жалпак оптикалык активдүү моделдердеги калдыктуу чыңалууну изилдөө үкмасы келтирилет.

Баштагы сөздөр: калдыктуу чыңалуу, деформация, полимеризация, температуралык тартип, чыңалуунун эпюрасы, кысылуу чыңалуусу.

METHODS OF THE STUDY OF THE REMAINING VOLTAGES IN OPTICAL ACTIVE MATERIAL

G.O. Kazakbaeva

Institute of geomechanics and development of subsoil of the National
academy of Sciences of the Kyrgyz Republic

The methods of the study of the remaining voltages happens to In article in flat optical active model and sample.

Keywords: the remaining voltages, deformation, полимеризация, warm-up mode, эпюры voltages, voltages of the compression.

Введение

Естественное напряженно-деформированное состояние массива горных пород весьма неоднородно. Экспериментальными методами выявлена их неоднородность не только в высокогорных, сейсмически активных, но и в равнинных местностях земной коры. При этом, основными составляющими полного тензора напряжений являются гравитационная, тектоническая, и остаточная.

Остаточные напряжения учеными разных стран в достаточной мере исследовались в металлах, керамике, стекле и в различных конструкциях [1-8]. В связи со сложностью проведения исследований непосредственно в натуральных условиях, данные напряжения в массиве горных пород были изучены недостаточно. Но, начиная с середины прошлого XX-века, и в массиве горных пород интенсивно велись работы учеными [9-12] по исследованию остаточных напряжений.

Результатом таких исследований является открытие (ИГиОН НАН КР) академиком Айтматовым И.Т. и д.т.н., профессором Тажибаевым К.Т., о «Явлении скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах» в ИФиМГП НАН КР, 1998 г.

Для более полного раскрытия особенностей остаточных напряжений в горных породах исследование продолжается в лабораторных условиях хорошо отработанным поляризационно-оптическим методом на оптически активных моделях. Некоторые результаты таких исследований приведены в работах [13-16].

Результаты экспериментов и физические модели

Объектами исследований являлись объемные и плоские модели, изготовленные на основе оптически активного материала. Известны общая

методика и технология изготовления моделей для решения различных инженерных задач и они приведены в работах [17-21].

В данной статье представлена методика проведения экспериментальных исследований остаточных напряжений в оптически активных моделях, имитирующая горные породы средней твердости. Методика проведения эксперимента состоит из следующих основных пунктов:

- 1) получение оптически активного материала из ЭД-6;
- 2) изготовление из оптически активного материала модельных образцов и пластинок;
- 3) создание температурным режимом полей остаточных напряжений в моделях;
- 4) определение величин остаточных напряжений в исследуемых направлениях экспериментальным путем;
- 5) обработка и анализ данных.

Как отмечено выше, общая технология изготовления оптически активного материала из эпоксидной смолы ЭД-6 известна. Но для каждой конкретной задачи изготовление плоских или объемных моделей приобретает свою специфику и методику. Процесс изготовления оптически активного материала включает в себя смешивание компонентов, входящих в его состав, заливку смеси в нужные формы и ее полимеризацию в термостате по специальному температурному режиму. Затем в готовых моделях при помощи фрезерного станка в зависимости от поставленных задач вырезаются выработки или камеры различной формы. А для изготовления оптически активных твердых образцов разной формы смесь заливается в объемные формы. Таким образом, готовый модельный материал получается в виде блока. Затем из блока вырезаются образцы нужной формы и размеров. Температурный режим полимеризации блочного материала более сложен в отличие от режима плоских моделей.

Для того, чтобы исследовать особенности распределения остаточных напряжений в оптически активных твердых образцах или в пластинках с выработкой специальным температурным режимом в термостате, создаются поля напряжений, которые нами названы наведенными остаточными напряжениями. А те напряжения, которые остаются в моделях после их изготовления, названы генетическими остаточными напряжениями. После таких процедур, в модельных образцах или в пластинках по основным направлениям при помощи поляризационно-оптического прибора КСП-6 определяется разница главных нормальных остаточных напряжений $\sigma_1 - \sigma_2$ и величины касательных напряжений. Разделение главных нормальных остаточных напряжений $\sigma_1 - \sigma_2$ производилось известным методом разности касательных напряжений [22]. Для анализа экспериментальные результаты во всех проведенных исследованиях представлены в виде эпюр главных остаточных напряжений.

Виды моделей для исследования остаточных напряжений

Поляризационно-оптическим методом остаточные напряжения исследовались в следующих видах оптически активных моделей.

- 1) твердые образцы в форме прямоугольной призмы и цилиндра, имитирующие горные породы средней твердости;
- 2) плоские модельные пластины с одиночными выработками разной формы.

Для проведения эксперимента были подготовлены три партии образцов. В первой партии имели место генетические остаточные напряжения, которые остались после изготовления материала. Во второй партии с образцов режимом отжига снимались генетические напряжения и специальным температурным режимом создавались (наведенные) остаточные напряжения. В третьей партии образцов остаточные напряжения отсутствовали (образцы без остаточных напряжений), они

были выведены режимом отжига. Образцы имели следующие размеры: высота - 10 см, ширина - 5 см, толщина - 2 см.

На первом этапе исследований были определены величины генетических и наведенных остаточных напряжений в модельных образцах и установлен их характер распределения. А на втором этапе исследований образцы всех трех партий испытаны на одноосное сжатие по стандартной методике при помощи 30-ти тонного пресса. Результатами эксперимента установлен характер деформации и разрушения образцов с остаточными напряжениями и без них. А также выявлено влияние разного уровня остаточных напряжений на прочность модельных образцов. Эксперименты по испытанию образцов на одноосное сжатие были проведены совместно с д.т.н., профессором Тажибаевым К.Т.

На третьем этапе в плоских модельных пластинах вокруг выработок разной формы исследованы наведенные температурным режимом остаточные напряжения. Плоские модели с выработкой имели такие размеры: 200×200×6 мм и 200×200×7 мм. Размеры выработок: арочного сечения: высота 30мм, ширина 40мм, а высота арки 15 мм. Размеры прямоугольной формы выработки: ширина 30мм, высота 40мм. Результатами эксперимента был установлен их характер распределения вокруг выработок.

При исследовании остаточных напряжений в оптически активных моделях учитывалось влияние следующих факторов: трещины разного рода, внешние вертикальные, вертикальные + горизонтальные силы. Нагрузки разной величины задавались при помощи специальных нагрузочных приспособлений. Поля остаточных напряжений в моделях фотографировались фотоаппаратом через поляризационно-оптический прибор для измерения напряжений.

Некоторые основные выводы проведенных исследований остаточных напряжений в оптически активных моделях.

Выводы

1. Разработана методика изготовления из оптически активного материала моделей с остаточными напряжениями;
2. Установлен неоднородный, периодический характер распределения остаточных напряжений в моделях;
3. Установлен скачкообразный, знакопеременный характер деформирования модельных образцов при испытании на одноосное сжатие.
4. Выявлена степень влияния остаточных напряжений на прочность оптически активных образцов;
5. Выявлены зоны опасных как растягивающих, так и сжимающих остаточных напряжений в исследуемых моделях;
6. Выявлено влияние трещин и внешних сил на распределение и на величины остаточных напряжений в оптически активной модели вокруг выработок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биргер И.А. Остаточные напряжения. – М.: Машгиз, 1963. – 232 с.
2. Остаточные напряжения в металлах и металлических конструкциях: Сб. ст. / Под ред. В.Р.Осгуда. – М.: Изд-во. Иностран. лит., 1957. – С. 395.
3. Бартенев Г.М. Механические свойства и тепловая обработка стекла. – М.: Гос. изд-во лит. по стр-ву, архитектуре и строит. материалам. – М., 1960. – 166 с.
4. Ванин В.И. Отжиг и закалка листового стекла. – М.: Изд-во лит. по стр-ву, 1965. – 116 с.
5. Витман Ф.Ф. Остаточные напряжения: Тр. физ.-техн. ГТТИ. –Л.; М., 1933. – 64 с.
6. Давиденков Н.Н. К вопросу о классификации и проявлении остаточных напряжений // Завод. лаб. – 1959. – Т.25, №3. – С. 318–319.

7. Кампю Ф. Влияние остаточных напряжений на работу конструкций // Остаточные напряжения в металлах и металлических конструкциях / Под ред. В.Р.Осгуда. – М., 1957. – С.10–33.
8. Касаткин В.С. Экспериментальные исследования сварочных напряжений и деформаций. – Киев: Наук. думка, 1976. – 148 с.
9. Влох Н.П., Липин Я.И., Сашурин А.Л. Исследование остаточных напряжений в крепких горных породах // Современные проблемы механики горных пород: Материалы IV Всесоюз. конф. по механике горн. пород. –Л., 1972. – С. 186–188.
10. Взаимосвязь остаточных напряжений скальных пород с их генезисом / Зотеев В.Г., Можаяев Л.В., Белоусов М.Н., Воронин В.И. // Отражение современных полей напряжений, свойств пород в состоянии Исследование распределения остаточных напряжений в оптических материалах / Лавренюк В.И., Правдивая М.М., Савченко В.И. и др. // Остаточные напряжения и методы регулирования: Тр. Всесоюз. симпоз. – М., 1982. – С. 247–250.
11. Айтматов И.Т., Тажибаев К.Т. Определение остаточных напряжений в гранитах Восточно-Коунрадского месторождения // Напряженное состояние горных пород и их разрушение. – Фрунзе, 1986. – С. 74–77.
12. А.с. на научное открытие (диплом № 90, № А-109 от 29.04. 1998 г.) / Айтматов И.Т., Тажибаев К.Т. Явление скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах. – 1998.
13. Айтматов И.Т., Тажибаев К.Т., Казакбаева Г.О. О периодическом характере пространственной изменчивости полей остаточных напряжений в горных породах // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых (ФТПРПИ). – Новосибирск, 2004. – №5. – С. 36–41.
14. Айтматов И.Т., Тажибаев К.Т., Казакбаева Г.О. Особенности пространственного распределения остаточных напряжений и их влияние на деформации и разрушение горных пород // Геодинамика и

- напряженное состояние недр земли: Тр. межд. конф. 6–9 окт. 2003 г., Новосибирск – Новосибирск, 2004. – С. 217-222.
15. Айтматов И.Т., Тажибаев К.Т., Казакбаева Г.О. Скачкообразное и знакопеременное изменения деформаций породного массива – предвестники горных ударов и техногенных землетрясений / Международное совещание. Апатиты–Кировск, 14–16 апреля 2004. – Апатиты.
16. Казакбаева Г.О. Применение поляризационно-оптического метода для исследования остаточных напряжений в твердых однородных телах // Недра гор Кыргызстана – народу. – Бишкек, 2003. – С. 153–159
17. Малкис Н.И., Трумбачев В.Ф. Оптически чувствительные полимерные материалы для решения задач горного давления // Физ.-техн. пробл. разработки полез. ископаемых (ФТПРПИ), 1971. – №2. – С. 70–77.
18. Трумбачев В.Ф., Молодцова П.С. Применение оптического метода для исследования напряженного состояния пород вокруг горных выработок. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 95 с.
19. Филатов Н.А., Беляков В.Д., Иевлев Г.А. Фотоупругость в горной геомеханике. – М.: Недра, 1975. – 183 с.
20. Фрохт М.М. Фотоупругость. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений. Т.1.– М.; Л.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1948. – 432 с.
21. Фрохт М.М. Фотоупругость. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений. Т. 2. – М.; Л.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1948. – 488 с.
22. Хаимова-Малькова Р.И.. Методика исследования напряжений поляризационно-оптическим методом. – М.: Наука, 1970. – 115 с.

УДК 546.566

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ И БОРТОВ КАРЬЕРОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Г.С. Исаева, З.С. Шамбетов, А.К. Орозобекова, Ж.Ш.Шекербек
ИГиОН НАН КР, КГУСТА им. Н. Исанова

В данной статье рассматриваются математические основы расчета устойчивости склонов и бортов карьеров методом конечных элементов.

Ключевые слова: метод конечных элементов, минимизация, тензор деформаций, производная.

ЧЕКТҮҮ ЭЛЕМЕНТТЕР ЫКМАСЫ МЕНЕН ТОО ЭҢКЕЙИШТИН ЖАНА КЕН ДУБАЛДАРДЫН ТУРУКТУУЛУГУН ЭСЕПТӨӨДӨГҮ МАТЕМАТИКАЛЫК НЕГИЗДЕРИ

Г.С. Исаева, З.С. Шамбетов, А.К. Орозобекова, Ж.Ш.Шекербек
КР УИА ГЖКӨИ, Исанов атындагы КМКТАУ

Бул макалада чектелген элементтер ыкмасы менен тоо эңкейиштин жана кен дубалдардын туруктуулугун эсептөөдөгү математикалык негиздер каралган.

Баштапкы сөздөр: чектүү элемент ыкмасы, азайтуу, өзгөргүчтүк тензору, туунду.

MATHEMATICAL BASIS OF CALCULATIONS OF SLOPE STABILITY AND PIT WALLS STABILITY BY THE METHOD OF FINITE ELEMENTS

G.S. Isaeva, Z.S. Shambetov, A.K. Orozbekova, J.Sh.Sherkerbekov
IGSD NAS KR, N. Isanov named of KSUCTA

This article discusses the mathematical foundations for calculating the stability of slopes and pit walls using the finite element method.

Keywords: finite element method, minimization, strain tensor, derivative.

ВВЕДЕНИЕ

Устойчивость бортов карьеров и отвалов является одним из основных вопросов при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. С устойчивостью бортов карьеров и отвалов связаны безопасность работ в карьерах, вопросы технологии, предельные углы наклона бортов, предельная глубина карьеров и дренирование месторождений.

При большой глубине карьеров изменение предельного угла наклона бортов на 3-4° приводит к изменению объема вскрышных работ на миллионы кубометров; например, при глубине карьера 300 м увеличение угла наклона борта с 30 до 34° приводит к сокращению объема вскрышных работ на 10,8 млн. м³ на 1 км протяженности борта.

Завышенные углы откосов приводят к возникновению оползней и обрушений, которые причиняют большой ущерб предприятиям: нарушают нормальный технологический процесс добычных и вскрышных работ, ведут к большим потерям готового к выемке полезного ископаемого и вызывают необходимость многократной перевалки оползающих масс; обрушения бортов с углами более 30 - 34° представляют опасность для работающих в карьере людей и механизмов.

Неотъемлемой частью вопроса устойчивости бортов карьеров являются методы расчета углов откосов и углов наклона бортов карьеров.

1 Метод конечных элементов

Метод конечных элементов (МКЭ) является численным методом решения дифференциальных уравнений, встречающихся в физико-технических областях деятельности человека. Возникновение этого метода связано с решением задач космических исследований [1].

В работе [2] было показано, что метод конечных элементов можно рассматривать как один из вариантов хорошо известного метода Релея-Ритца.

Связь метода конечных элементов с процедурой минимизации привела к широкому использованию его при решении задач в других областях техники и науки. Метод применялся к уравнениям Лапласа и Пуассона. Затем он был применен к задачам гидромеханики, в частности к задаче течения жидкости в пористой среде [3].

Основная идея метода конечных элементов состоит в том, что любую непрерывную величину, такую как температура, давление и перемещение, можно аппроксимировать дискретной моделью, которая строится на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей. Дискретную модель, однако, очень легко построить, если сначала предположить, что числовые значения этой величины в каждой внутренней точке области известны. После этого можно перейти к общему случаю. Итак, при построении дискретной модели непрерывной величины поступают следующим образом:

1. В рассматриваемой области фиксируется конечное число точек, называемых узловыми точками или просто узлами.
2. Значение непрерывной величины в каждой узловой точке считается переменной, которая должна быть определена.
3. Область определения непрерывной величины разбивается на конечное число подобластей, называемых элементами. Эти элементы имеют общие узловые точки и в совокупности аппроксимируют форму области определения.
4. Непрерывная величина аппроксимируется на каждом элементе полиномом, который определяется с помощью узловых значений этой величины. Для каждого элемента определяется свой полином, который подбирается таким образом, чтобы сохранялась непрерывность величины вдоль границ элемента.

Кусочно-непрерывные зависимости отдельного элемента аппроксимируют искомую величину на каждом отдельном элементе, а вместе они аппроксимируют искомую величину на всей рассматриваемой

области. Важным условием для кусочно-непрерывной аппроксимации является условие непрерывности переменной и ее производных на границах каждого сочленения элементов. Если непрерывность самой величины достигается автоматически путем использования одних и тех же узловых точек на границах сочленяющихся элементов, то непрерывность производных требует применения определенных дополнительных процедур.

Узловые значения искомой величины неизвестны и являются целью при решении уравнений. Они должны быть отрегулированы таким образом, чтобы обеспечить наилучшее приближение к истинному распределению искомой величины. Эта цель достигается путем минимизации (максимизации) некоторого функционала, связанного с физической сущностью задачи. Процесс минимизации функционала приводит к построению системы линейных алгебраических уравнений относительно узловых значений аппроксимирующих величин. В процессе решения системы уравнений определяются узловые значения искомой величины, обладающие свойством наилучшего приближения к истинным значениям.

Несмотря на универсальный характер метода, он имеет свои характеристики, которые не безграничны. Положительными характеристиками данного метода являются:

1. Свойства материалов смежных элементов могут быть отличными друг от друга. Это позволяет применять метод к средам с различными характеристиками, что важно для материалов, состоящих из горных пород, которые являются средой с неоднородными свойствами материала.
2. Любая криволинейная область может быть аппроксимирована линейными элементами, что также очень важно для приложений в горной науке, рассматривающей самые различные формы.

3. Размеры каждого отдельного элемента могут быть совершенно различны, что позволяет сделать сетку элементов более мелкой в важных областях и более крупной в менее важных.
4. Метод позволяет рассматривать разнообразные граничные условия, с разрывной поверхностной нагрузкой, а также смешанные граничных условия.

Наряду с очевидными достоинствами метода, он имеет, конечно, некоторые относительные недостатки, ограничивающие в той или иной степени его применение. Одним из недостатков метода конечных элементов, вытекающего из самого построения метода, является невозможность рассмотрения бесконечных областей. Этот недостаток преодолевается путем рассмотрения больших пространств, приближающихся к бесконечным, либо применения периодических условий на границах.

Одной из главных задач в этой работе является создание математических основ для разработки прикладного пакета программ на основе МКЭ, позволяющего решать задачи геомеханики.

2 Построение функционала

В состоянии равновесия свободная энергия сплошного тела имеет минимальное значение [4,5]. Поэтому для построения системы уравнений необходимо применить в качестве функционала ясную физическую характеристику объекта – термодинамическую свободную энергию. Для тела подвергнутого упругой деформации свободная энергия единицы объема выражается следующим образом:

$$F = F_0 + \frac{E}{2(1+\sigma)}(u_{ik}^2 + \frac{\sigma}{1-2\sigma}u_{ii}^2) + U, \quad (1)$$

где F – плотность свободной энергии деформированного тела;

E – модуль Юнга;

σ – коэффициент Пуассона;

u_{ik} – тензор деформаций;

F_0 – постоянная составляющая;

U – потенциальная энергия, связанная с полем тяготения.

Это же выражение, записанное в терминах коэффициентов Ламе, выглядит следующим образом:

$$F = F_0 + \frac{\lambda}{2}u_{ii}^2 + \mu u_{ik}^2 + U. \quad (2)$$

Коэффициенты Ламе выражаются через коэффициент Пуассона и модуль Юнга соотношениями:

$$\lambda = \frac{E\sigma}{(1-2\sigma)(1+\sigma)}, \quad \mu = \frac{E}{2(1+\sigma)}, \quad (3)$$

$$K = \frac{E}{3(1-2\sigma)}.$$

Величина K называется модулем всестороннего сжатия, μ – модулем сдвига. Все вышеназванные коэффициенты являются физико-механическими характеристиками тела и для разных сред принимают различные значения. Значения коэффициентов в общем случае зависят от пространственного расположения и от времени. В случае независимости от координат и от времени имеем случай однородного тела с постоянными физическими свойствами по пространству и по времени. Однако такое упрощение в реальности довольно грубое и не отвечает наблюдаемому в природе положению вещей, когда физические свойства тел изменчивы как в пространственном измерении, так и во временном аспекте. Но в ограниченных временных и пространственных интервалах с хорошей точностью можно принять свойства как неизменные по величине, что является хорошим приближением и значительно упрощает анализ и моделирование реальных объектов. Поэтому далее в изложении предполагается, что свойства сплошной среды являются постоянными величинами. Определенные случаи неоднородных свойств среды будут оговариваться специально. Надо заметить, что выражения (1) и (2)

являются эквивалентными, и использование каждого из них является правомерным и приводит к одинаковым результатам.

Рассмотрим члены, слагающие свободную энергию тела. Член F_0 представляет собой постоянную составляющую для каждого участка тела и для тела, находящегося в одинаковых условиях, во всем теле принимает одно и то же значение. В данном случае этим членом можно пренебречь, поскольку при вариации функционала F оно выпадает из рассмотрения как постоянная величина. Однако в случае присутствия в теле остаточных напряжений данный член может быть различным для разных участков тела, так как представляет собой энергию остаточного напряжения, которое, очевидно, различно для разных участков. В противном случае мы бы пришли к равномерности свойств для разных участков тела и к одинаковому значению составляющей F_0 по всему телу. Различные значения этого члена могут быть вызваны неравномерным нагреванием тела, и резким охлаждением, что приводит, как бы, к замораживанию структуры и появлению остаточных напряжений, которые присутствуют даже при отсутствии внешних нагрузок.

Слагаемые, связанные с тензором деформации, выражают энергию упругой деформации, которая появляется при наложении внешних нагрузок на тело, и исчезает при снятии их. Энергия упругой деформации складывается из энергии деформации чистого сжатия и энергии сдвига

$$F_{упр} = \frac{K}{2} u_{II}^2 + \mu \left(u_{ik} - \frac{1}{3} \delta_{ik} u_{II} \right)^2. \quad (4)$$

Первый член в выражении (4) представляет собой энергию упругого сжатия, второй – энергию сдвига. Соответственно, величины K и μ называют модулем всестороннего сжатия и модулем сдвига. Последний член U связан с потенциальной энергией, возникающей при наличии поля тяжести. Его необходимо учитывать при большой протяженности тела и при массивности объекта, когда давление, оказываемое весом, становится

значительным. Для небольших тел или объектов данный член можно опустить из-за незначительности его влияния.

В методе конечных элементов тело представляется из множества отдельных элементов. Эти элементы представляют собой как бы кирпичики с более простыми свойствами и поведением. Для моделей сплошной среды тело как бы разделяется на отдельные участки с заданными свойствами, возможно отличными от остальных элементов. Для двумерного случая основным элементом является треугольный элемент. Это связано со следующими причинами: а) треугольный элемент очень прост в описании; б) им можно аппроксимировать любую форму тела; в) он является самым элементарным пространственным объектом. Конечно, можно применять в качестве элементов и другие объекты (например, прямоугольные и т.д.), но любой из более сложных объектов можно разбить на треугольные, так что треугольный объект можно считать фундаментальным объектом. Поэтому далее элемент будет представлять собой треугольный объект.

На рис. 1 показан треугольный элемент. Смещения u_1, u_2, u_3 заданы в углах элемента. Смещение u представляет собой вектор $(u_x, u_y) = (u, v)$. Предполагается, что в области треугольного элемента оно меняется линейным образом.

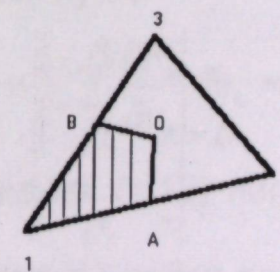


Рис.1 - Треугольный элемент.

Подобный подход, использующий линейную аппроксимацию смещений, носит название симплекс подхода. Есть, разумеется, более сложные подходы, предполагающие полиномиальную зависимость более высокой степени. Однако данный подход позволяет автоматически удовлетворить условию непрерывности смещений на границах элементов.

К недостаткам данного подхода следует отнести отсутствие непрерывности тензора напряжений на границах элементов, но он с лихвой компенсируется ясностью и простотой подхода и получаемой системой уравнений.

Итак, основа симплекс метода – это линейная аппроксимация смещений на элементе:

$$\begin{aligned} u_x = u &= \alpha_1 x + \alpha_2 y + \alpha_3 \\ u_y = v &= \beta_1 x + \beta_2 y + \beta_3 \end{aligned} \quad (5)$$

Коэффициенты α_i , β_i являются постоянными величинами и определяются через значения угловых смещений на треугольном элементе:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= [u_1(y_2 - y_3) + u_2(y_3 - y_1) + u_3(y_1 - y_2)] / \Delta, \\ \alpha_2 &= [u_1(x_3 - x_2) + u_2(x_1 - x_3) + u_3(x_2 - x_1)] / \Delta, \\ \alpha_3 &= [u_1(x_2 y_3 - x_3 y_2) + u_2(x_3 y_1 - x_1 y_3) + u_3(x_1 y_2 - x_2 y_3)] / \Delta, \\ \beta_1 &= [v_1(y_2 - y_3) + v_2(y_3 - y_1) + v_3(y_1 - y_2)] / \Delta, \\ \beta_2 &= [v_1(x_3 - x_2) + v_2(x_1 - x_3) + v_3(x_2 - x_1)] / \Delta, \\ \beta_3 &= [v_1(x_2 y_3 - x_3 y_2) + v_2(x_3 y_1 - x_1 y_3) + v_3(x_1 y_2 - x_2 y_3)] / \Delta, \end{aligned} \quad (6)$$

где Δ – определитель

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix}, \quad (7)$$

равный удвоенной площади треугольного элемента, а значения x_i и y_i – координаты углов треугольника. Компоненты тензора деформации u_{ik} выражаются зависимостью

$$u_{ik} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_k} + \frac{\partial u_k}{\partial x_i} \right). \quad (8)$$

Для компонент тензора деформаций в двумерном случае, используя (1.5), получаем следующие выражения:

$$u_{xx} = \alpha_1; \quad u_{yy} = \beta_2; \quad u_{xy} = (\alpha_2 + \beta_1) / 2. \quad (9)$$

Свободная энергия для отдельного треугольного элемента с учетом соотношений (1.9) будет выглядеть следующим образом:

$$F_{\Delta} = \frac{\Delta}{2} \left[\left(\mu + \frac{\lambda}{2} \right) (\alpha_1^2 + \beta_2^2) + \frac{\mu}{2} (\alpha_2 + \beta_1)^2 + U \right]. \quad (10)$$

Свободная энергия всего тела будет суммой отдельных энергий для каждого элемента:

$$F = \sum_i F_{\Delta i}. \quad (11)$$

Рассмотрение вклада, связанного с постоянной составляющей F_0 , мы откладываем до более позднего времени, чтобы не загромождать изложение построения системы уравнений непринципиальными подробностями. Следует отметить, что этот член имеет принципиальное отличие от остальных составляющих своей природой происхождения, поскольку для его присутствия требуются знания, выходящие за рамки собственно механики.

Итак, вариация функционала δF для тела, находящегося в равновесии, должна равняться нулю:

$$\delta F = \sum_i \delta F_{\Delta i} = \sum_i \sum_k \frac{\partial F_{\Delta i}}{\partial u_k} \delta u_k = 0. \quad (12)$$

Для построения выражения (1.12) необходимо знать, как выглядит выражение $\frac{\partial F_{\Delta}}{\partial u_k}$, представляющее собой производную свободной энергии элемента по смещению одного из углов треугольника. Это выражение легко определить из ранее полученных соотношений (5–10).

$$\frac{\partial F_{\Delta}}{\partial u_1} = \frac{\Delta}{2} \left[(2\mu + \lambda) \left(\alpha_1 \frac{\partial \alpha_1}{\partial u_1} + \beta_2 \frac{\partial \beta_2}{\partial u_1} \right) + \mu (\alpha_2 + \beta_1) \left(\frac{\partial \alpha_2}{\partial u_1} + \frac{\partial \beta_1}{\partial u_1} \right) + \frac{\partial U}{\partial u_1} \right]. \quad (13)$$

здесь

$$\frac{\partial \alpha_1}{\partial u_1} = (y_2 - y_3) / \Delta; \quad \frac{\partial \alpha_2}{\partial u_1} = (x_3 - x_2) / \Delta; \quad \frac{\partial \beta_1}{\partial u_1} = 0; \quad \frac{\partial \beta_2}{\partial u_1} = 0. \quad (14)$$

Используя (6) и (14), выражение (13) принимает вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F_{\Delta}}{\partial u_1} = & u_1 \{ [(2\mu + \lambda)(y_2 - y_3)^2 + \mu(x_3 - x_2)^2] / 2\Delta \} + \\ & u_2 \{ [(2\mu + \lambda)(y_2 - y_3)(y_3 - y_1) + \mu(x_3 - x_2)(x_1 - x_3)] / 2\Delta \} + \\ & u_3 \{ [(2\mu + \lambda)(y_2 - y_3)(y_1 - y_2) + \mu(x_3 - x_2)(x_2 - x_1)] / 2\Delta \} + \\ & v_1 \{ (\mu + \lambda)[(y_2 - y_3)(x_3 - x_2)] / 2\Delta \} + \\ & v_2 \{ [\mu(y_3 - y_1)(x_3 - x_2) + \lambda(y_2 - y_3)(x_1 - x_3)] / 2\Delta \} + \\ & v_3 \{ [\mu(y_1 - y_2)(x_3 - x_2) + \lambda(y_2 - y_3)(x_2 - x_1)] / 2\Delta \} + \frac{\Delta}{2} \frac{\partial U}{\partial u_1}. \end{aligned} \quad (15)$$

Аналогично можно найти другую производную:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F_{\Delta}}{\partial v_1} = & u_1 \{ (\mu + \lambda)(y_2 - y_3)(x_3 - x_2) / 2\Delta \} + \\ & u_2 \{ [\mu(y_2 - y_3)(x_1 - x_3) + \lambda(x_3 - x_2)(y_3 - y_1)] / 2\Delta \} + \\ & u_3 \{ [\mu(y_2 - y_3)(x_2 - x_1) + \lambda(x_3 - x_2)(y_1 - y_2)] / 2\Delta \} + \\ & v_1 \{ [(2\mu + \lambda)(x_3 - x_2)^2 + \mu(y_2 - y_3)^2] / 2\Delta \} + \\ & v_2 \{ [(2\mu + \lambda)(x_3 - x_2)(x_1 - x_3) + \mu(y_2 - y_3)(y_3 - y_1)] / 2\Delta \} + \\ & v_3 \{ [(2\mu + \lambda)(x_3 - x_2)(x_2 - x_1) + \mu(y_2 - y_3)(y_1 - y_2)] / 2\Delta \} + \frac{\Delta}{2} \frac{\partial U}{\partial v_1}. \end{aligned} \quad (16)$$

Соотношения (15–16) составляют основу построения системы уравнений для определения смещений u_i, v_i , с помощью которых находится решение поставленной задачи, а именно, — нахождение распределений напряжений и других характеристик нагруженного тела. Для построения системы уравнений необходимо просуммировать соотношения (15–16) для каждого элемента и для каждого угла треугольного элемента, группируя члены при одинаковых смещениях u_i и v_i . В итоге данной процедуры получится система уравнений относительно смещений u_i и v_i . Число уравнений будет равно количеству искомым значений смещений. В качестве свободных членов будут выступать внешние силы, связанные с полем тяжести, либо с нагрузками, приложенными на границах заданного тела.

Метод заключается в приведении исходной матрицы к треугольному виду и процедуре обратной подстановки для нахождения решения. Метод построения матрицы, изложенный выше, приводит к матрице с

доминированием диагональных элементов, причем сумма ненулевых коэффициентов в любой строке матрицы равна диагональному члену с обратным знаком. Эта особенность гарантированно дает матрицу с очень хорошей обусловленностью и можно с уверенностью сказать, что решение полученное методом Гаусса является надежным решением и что оно единственное [6,7].

ВЫВОДЫ

1 В работе приведены математические основы расчета устойчивости склонов и бортов карьеров.

2 Составлен численный алгоритм решения задачи расчета устойчивости склонов и бортов карьеров методом конечных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Szabo B.A., Lee G.C. Derivation of Stiffness Matrices for Problems in Plane Elasticity by Galerkin's Method, Intern. // J. Of Numerical methods in Engeneering. —1969. P. 301–310.
- 2 Zienkiewicz O.C. The Finite Element Method in Engeneering Science, McGraw-Hill, — London, 1971.
- 3 Коннор Д.М., Бребиа К. Метод конечных элементов в механике жидкости. Л.: Судостроение, 1979. -262с.
- 4 Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости, Наука, Москва.— 1987.
- 5 Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М: Наука, 1966. -724 с.
- 6 Форсайт Дж., Малкольм М. Моулер К. Машинные методы математических вычислений. — М.: Мир, 1980.
- 7 Калиткин Н.Н. Численные методы. — М.: Наука, 1978.

УДК 517.518

О НОРМЕ ОПЕРАТОРА ДРОБНОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ

Э.Тургуналиев, Т.М.Кожокматов
КГУСТА им. Н. Исанова

В данной работе вычислены нормы операторов неопределенного интегрирования. Данные операторы представлены в виде композиции двух операторов - унитарного и самосопряженного. Так как норма исходного оператора равно норме самосопряженного оператора, то находя, из нормы самосопряженных операторов будут получены нормы операторов дробного интегрирования.

Ключевые слова: оператор, гамма- функция, функция, вектор, скаляр.

БӨЛЧӨКТҮҮ ИНТЕГРАЛДОО ОПЕРАТОРУНУН НОРМАСЫ ЖОНУНДӨ

Э.Тургуналиев, Т.М.Кожокматов
Н. Исанов атындагы КМКТАУ

Бул макалада аныкталбаган интегралдык операторунун нормасын эсептоо каралган. Берилген операторлор эки операторлорунун бир курамы катары - унитардык жана өзү-өзүнө түйүндөш турундо берилген. Баштапкы оператордун нормасы өзүнө-өзү түйүндөш операторуна барабар болгондуктан, өзүнө-өзү түйүндөш операторунун нормасынан болчоктуу интегралдоонун нормасы келип чыгат.

Баштапкы сөздөр: оператору, гамма-милдети, өзгөчөлүктү багыты, скалярдык.

ABOUT NORM OF FREQUENCY INTEGRATION OPERATOR

E.Turgunaliyev, T.M. Kozhokmatov
KSUCTA named of N.Isanov

In this paper, the norms of operators of indefinite integration are calculated. These operators are represented as a composition of two operators - unitary and

self-adjoint. Since the norm of the original operator is equal to the norm of a self-adjoint operator, then finding the norms of the operators of fractional integration will be obtained from the norm of selfadjoint operators.

Keywords: operator, gamma function, function, vector, scalar.

Рассмотрим оператор $J_\alpha \in B(L_2(0, T))$ определенный формулой

$$(J_\alpha x)(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t (t-s)^{\alpha-1} x(s) ds \quad (1)$$

$\alpha \in (0, 1)$, где $B(X)$ – множества линейных ограниченных операторов

$A: X \rightarrow X$, $\Gamma(\alpha)$ – гамма- функция.

При $\alpha = 1$ оператор J_1 является простейшим вольтерровым оператором (оператором неопределенного интегрирования)

Известно, что операторы J_α обладают полугрупповым свойством;

$$J_\alpha \cdot J_\beta = J_{\alpha+\beta}, \text{ при } \alpha > 0, \beta > 0 \text{ откуда } J_{\alpha_1} \cdot J_{\alpha_2} \cdot \dots \cdot J_{\alpha_n} = J_{\alpha_1+\alpha_2+\dots+\alpha_n} \quad (2)$$

Где $\alpha_i > 0$, $i = 1 \dots n$, $n \in \mathbb{N}$ Оператор J_α представим как $V S_\alpha$

$$J_\alpha = V \cdot S_\alpha, \text{ где } (Vx)(t) = x(T-t), \quad (Sx)(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{T-t} \frac{x(s) ds}{(T-t-s)^{1-\alpha}}$$

Это наблюдение сильно упрощает известное доказательство из [2]

В работе [2] показано, что оператор неопределенного интегрирования J_1 в $L_2(0, 1)$ имеет норму $\frac{2}{\pi}$.

Заметим, что оператор V является унитарным, а S_α – самосопряженным и $\|S_\alpha\| = \|J_\alpha\|$.

Известно, что норма самосопряженного оператора S_α определяется формулой;

$$\|S_\alpha\| = \max \{ \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n \}$$

где λ_α – собственные значения оператора S_α .

Эту норму обозначим через λ_α .

$$\text{Тогда из (2) получим } \lambda_{\alpha_1+\alpha_2+\dots+\alpha_n} \leq \lambda_{\alpha_1} * \lambda_{\alpha_2} * \dots * \lambda_{\alpha_n} \quad (3)$$

Нетрудно убедиться, что норма $\|J_1\|$ в $L_2(0, T)$ равна $\frac{2T}{\pi}$. В самом деле, в этом случае собственными значениями оператора S_1 являются

$$\left(\frac{\pi}{2T} + \frac{k\pi}{T}\right)^{-1}, k \in N.$$

где максимальным значением будет $\frac{2T}{\pi}$. Собственным вектором отвечающими этому собственному значению является функция

$$u(t) = \cos \frac{\pi}{2T} t \quad (4)$$

Лемма 1. Пусть $\alpha \in (0, 1]$ тогда $\lambda_\alpha \geq \lambda_1^\alpha$.

Доказательства: а) Пусть число α предоставляется в виде конечной суммы двоичных дробей:

$\alpha = \alpha_1 2^{-1} + \alpha_2 2^{-2} + \dots + \alpha_n 2^{-n}$, где $\alpha_i = 0$ или 1 . Тогда из (3) имеем

$$\lambda_\alpha \leq \prod_{\alpha_i=0} \lambda_{i2^{-i}} = \prod_{\alpha_i=1} \lambda_{i2^{-i}}$$

Откуда, если $\alpha_i = \frac{\alpha}{n} \forall i=1, \dots, n$ то $\lambda_{n\alpha_i} \leq \lambda_{\alpha_i}^n$ и при $\alpha = 1$ получим $\lambda_1 \leq \lambda_1^n$

т.е. $\lambda_1 \geq \lambda_1^{\frac{1}{n}}$.

Поэтому $\prod_{\alpha_i=0} \lambda_{i2^{-i}} \geq \prod_{\alpha_i=1} \lambda_{i2^{-i}} = \lambda_1^{\sum \alpha_i 2^{-i}} = \lambda_1^\alpha$ и $\lambda_\alpha \geq \lambda_1^\alpha$

б) Пусть теперь число $\alpha \in (0, 1]$ определяется в виде бесконечной суммы двоичных дробей;

$$\alpha = \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_i 2^{-i}$$

Пусть последовательность $(\alpha_n)_{n=1}^{\infty}$ такая, что

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_n = \alpha \text{ и } \alpha_n = \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_i 2^{-i}$$

Тогда для любого $\lambda_{\alpha_n} \geq \lambda_1^{\alpha_n}$ и из непрерывности нормы следует

$$\lambda_\alpha \geq \lim_{\lambda_1} \alpha_n = \lambda_1^{\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_n} = \lambda_1^\alpha.$$

Лемма 1 доказана. Таким образом, получим $\|J_\alpha\| \geq \left(\frac{2T}{\pi}\right)^\alpha$

Лемма 2. Имеет место неравенство $\|J_\alpha\| \leq \frac{T^\alpha}{\Gamma(1+\alpha)}$ (5)

Доказательство:

Используя неравенство Гельдера, получим;

$$\int_0^t \frac{|x(s)| ds}{(t-s)^{1-\alpha}} = \int_0^t \frac{1}{(t-s)^{\frac{1-\alpha}{2}}} * \frac{1}{(t-s)^{\frac{1-\alpha}{2}}} |x(s)| ds \leq$$

$$\left(\int_0^t \frac{|x(s)|^2 ds}{(t-s)^{1-\alpha}}\right)^{\frac{1}{2}} * \left(\int_0^t \frac{1}{(t-s)^{1-\alpha}} ds\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\int_0^t \frac{|x(s)|^2 ds}{(t-s)^{1-\alpha}}\right)^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{t^\alpha}{\alpha}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Отсюда из (1) имеем

$$\Gamma(\alpha) \|J_2 x\| \leq \left(\int_0^T dt \int_0^t |x(s)|^2 (t-s)^{\alpha-1} ds\right)^{\frac{1}{2}} * \frac{T^\alpha}{\alpha};$$

Используя формулу Дирихле, получим

$$\left(\int_0^T dt \int_0^t |x(s)|^2 (t-s)^{\alpha-1} ds\right) = \int_0^T |x(s)|^2 ds \int_s^T (t-s)^{\alpha-1} dt =$$

$$\int_0^T \frac{(T-s)^\alpha}{\alpha} |x(s)|^2 ds \leq \frac{T^\alpha}{\alpha} \|x\|^2$$

По этому $\Gamma(\alpha) \|J_\alpha x\| \leq \frac{T^\alpha}{\alpha} \|x\|$ и $\|J_\alpha\| \leq \frac{T^\alpha}{\alpha \Gamma(\alpha)} = \frac{T^\alpha}{\Gamma(1+\alpha)}$.

Таким образом, для оператора J_α в $L_2(0, T)$ имеет место оценка

$$\left(\frac{2}{\pi}\right)^2 T^\alpha \leq \|J_\alpha\| \leq \frac{T^\alpha}{\Gamma(1+\alpha)} \quad (6)$$

Следствие 1. Норма оператора

$$J_{1.1} u(x, y) = \int_0^x \int_0^y U(s, t) ds dt \text{ в } B(L_2[0, X] \times (0, Y)) \text{ равна } \frac{Z^2 \cdot X \cdot Y}{\pi^2} \left(\frac{2}{\pi}\right)^2 X \cdot Y$$

Доказательство. Оператор

$J_{1.1}$ представляется в виде $J_{1.1} = V \cdot S_{1.1}$, где $S_{1.1} u(x, y) = \int_0^{X-x} \int_0^{Y-y} u(s, t) ds dt$

а $u(X-x, Y-y) = V u(x, y)$ где V является унитарным а $S_{1.1}$ является

самосопряженным оператором, и поэтому $\|J_{1.1}\| = \|S_{1.1}\|$ и норму $\|J_{1.1}\|$ ищем как

максимальное собственное значение λ уравнения $S_{1.1} u = \lambda u$

Не умаляя общности оператор $J_{1.1}$ рассмотрим в $L_2[(0, 1) \times (0, 1)]$. Тогда

$$S_{1.1} u(x, y) = \int_0^{1-x} \int_0^{1-y} u(s, t) ds dt = \lambda u(x, y)$$

$$\int_0^x \int_0^y u(s, t) ds dt = \lambda u(1-x, 1-y); u(1, y) = u(x, 1) = 0 \quad (1') \quad x, y \in [0, 1]$$

$$\int_0^y u(x, t) ds = -\lambda \frac{\partial u}{\partial x} (1-x, 1-y); \frac{\partial u}{\partial y} (1-x, 1) = 0 \quad (2')$$

$$\int_0^x u(s, y) ds = -\lambda \frac{\partial u}{\partial y} (1-x, 1-y); \frac{\partial u}{\partial y} (1, 1-y) = 0 \quad (3')$$

$$U(x, y) = \lambda \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} (1-x, 1-y); \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} (0, 1-y) = \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} (1-x, 0) = 0 \quad (4')$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} (x, y) = -\lambda \frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \partial y} (1-x, 1-y); \frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \partial y} (x, 0) = 0 \quad (5')$$

$$\frac{\partial u}{\partial y}(x, y) = -\lambda \frac{\partial^3 u}{\partial x \partial y^2}(1-x, 1-y); \quad \frac{\partial^3 u}{\partial x \partial y^2}(0, y) = 0 \quad (6')$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y}(x, y) = \lambda \frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2}(1-x, 1-y); \quad (4) \quad \lambda \frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2}(1-x, 1-y) = \frac{u(1-x, 1-y)}{\lambda}$$

Т.е. получим однородное дифференциальное уравнение в частных IV порядка с краевыми условиями (1') - (6')

$$\lambda^2 \frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2}(x, y) - u(x, y) = 0 \quad (7)$$

Решение уравнения (7) будем, искать методом разделения переменных $u = X \cdot Y$ получим

$$\text{Тогда получим } \lambda^2 \cdot \frac{X''}{X} = \frac{Y''}{Y} = v^2 = \text{const отсюда } \lambda^2 X'' + v^2 X = 0 \quad (8)$$

$$v^2 Y'' + Y = 0 \quad (9)$$

Легко проверить, что собственными значениями первого уравнения из (9) являются

$$\text{последовательность } \left\{ \left(\frac{\pi}{2} + k\pi \right)^{-1} \right\}_{k=1}^{\infty}, \quad \text{т.е. } \frac{\lambda_k}{v_k} = \left(\frac{\pi}{2} + n\pi \right)^{-1}$$

$$\text{Тогда } \max \lambda_n = \max \lambda_n \left(\frac{\pi}{2} + n\pi \right)^{-1} = \frac{2}{\pi} \max \lambda_n = \frac{2^2}{\pi^2} \quad \text{т.к. } \lambda_n = \left(\frac{\pi}{2} + n\pi \right)^{-1}$$

$$\text{Соответствующий собственный вектор } \cos \frac{\pi}{2} x \cos \frac{\pi}{2} y$$

Следствие 2.

Пусть $x(t)$ вектор функция, t -скаляр и $(J_x)(t) = \int_0^t x(s) ds$. Тогда $\|J\| = \frac{2t}{\pi}$.

Доказательство.

$$\|J_x(t)\|_{R_n} = \left(\sum_{i=1}^n \left| \int_0^t x_i(s) ds \right|^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{где } x(t) = x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t),$$

$$\|J_x(t)\|_{R_n} \leq \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i^2 x_i^2(t) \right)^{\frac{1}{2}}, \quad \text{где}$$

λ_i - максимальное собственное значение оператора $\int_0^t x_i(s) ds$ в $L_2(0, T)$

и равны $\frac{2T}{\pi}$ откуда

$$\|J\|_{L_2-L_2} = \sup_{\|x\|=1} \|J_x\|_{L_2} = \sup \left(\int_0^T \|J_x(t)\|^2 dt \right)^{\frac{1}{2}} \leq \sup \left(\int_0^T \sum_{i=1}^n \lambda_i^2 x_i^2(t) dt \right)^{\frac{1}{2}} \leq \sup \frac{2T}{\pi} \|x\|.$$

Отсюда имеем $\|J\| \leq \frac{2T}{\pi}$ но для вектора функции и

$$x(t) = \left(\cos \frac{\pi}{2T} t, \cos \frac{\pi}{2T} t, \dots, \cos \frac{\pi}{2T} t \right)$$

равенство достигается. Поэтому $\|J_1\| = \frac{2t}{\pi}$

Следствие 3. Пусть $(Ju)(x) = \int_0^x u(s) ds$ где $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$

$$s = (s_1, s_2, \dots, s_n), \quad x_i \in (0, X_i) \quad i = 1, n$$

$$\text{Тогда } \|J\| = \left(\frac{2}{\pi} \right)^n \prod_{i=1}^n X_i \quad (10)$$

Для $n = 1, 2$ уже доказаны. Непосредственной проверкой убедимся, что собственным вектором уравнения $\int_0^{X-x} u(s) ds = \lambda u(x)$ является функция

$$U(x) = \cos \frac{\pi x_1}{2x_1} \cos \frac{\pi x_2}{2x_2}, \dots, \cos \frac{\pi x_n}{2x_n};$$

При этом

$$\lambda = \left(\frac{2}{\pi} \right)^n \prod_{i=1}^n x_i$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. - М: Наука, 1988.- 512 с.
2. Иосида К. Функциональный анализ. -М.: Мир, 1967. -624
3. Глазырина, П. Ю. Нормированные пространства. Типовые задачи: [учеб.пособие] / П. Ю. Глазырина, М. В. Дейкалова, Л. Ф. Коркина. - Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2012. - 108 с.

УДК 681.3, 517.912

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СЕТОК ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПА

А.М.Осмонканов, Ж.М. Молдобекова, К.Т. Карыбалиева

КГУСТА им. Н. Исанова

В данной работе рассмотрены численные решения задач методом сеток для уравнений параболического типа.

Ключевые слова: дифференциальных уравнений параболического типа, функция, метод сеток, язык программирования Java.

ПАРАБОЛА ТҮРҮНДӨГҮ ТЕНДЕМЕЛЕРДИ САНДЫК ЧЫГАРЫШ ҮЧҮН ТОРЧО ЫКМАСЫН КОЛДОНУУ

А.М.Осмонканов, Ж.М. Молдобекова, К.Т. Карыбалиева

Н. Исанов атындагы КМКТАУ

Бул макалада парабола түрүндөгү дифференциалдык тендемелерди сандык чыгарыш үчүн торчо ыкмасы колдонулган.

Баштапкы сөздөр: парабола түрдөгү дифференциалдык тендемелер, функция, торчо ыкмасы, Java программалоо тили

USING THE METHOD OF GRIDS FOR THE NUMERICAL SOLUTION OF THE PARABOLIC TYPE EQUATION

A.M.Osmonkanov, J.M. Moldobekova, K.T. Karybalieva

KSUCTA named of N.Isanova

In this paper, we consider numerical solutions of problems by the method of grids for equations of parabolic type.

Keywords: parabolic type differential equations, function, grid method, Java programming language

Для решения дифференциальных уравнений параболического типа существует несколько методов их численного решения на компьютере, однако особое положение занимает метод сеток, так как он обеспечивает наилучшие соотношения скорости, точности полученного решения и простоты реализации вычислительного алгоритма.

Рассмотрим неоднородное уравнение теплопроводности, являющееся частным случаем уравнений параболического типа:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x, t), \text{ где } f(x, t) - \text{ известная функция.} \quad (1)$$

Будем искать решение этого уравнения в области $D = \begin{cases} a \leq x \leq b, \\ 0 \leq t < \infty. \end{cases}$

Заметим, что эту полуполосу всегда можно привести к полуполосе, когда $0 \leq x \leq p$. Уравнение (1) будем решать с начальными условиями:

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad (2)$$

$\varphi(x)$ – известная функция, и краевыми условиями:

$$\begin{cases} \beta_1(t) \frac{\partial u}{\partial x} + \gamma_1(t) u|_{x=0} = \psi_1(t), \\ \beta_2(t) \frac{\partial u}{\partial x} + \gamma_2(t) u|_{x=p} = \psi_2(t), \end{cases} \quad (3)$$

где $\beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2, \psi_1, \psi_2$ – известные функции переменной t .

Для решения задачи область D покроем сеткой $x_i = ih, h = \frac{p}{n}, i = 0, 1, \dots, n, t_j = jl, j = 0, 1, \dots$

Узлы сетки, лежащие на прямых $t=0, x=0$ и $x=p$ будут граничными. Все остальные узлы будут внутренними. Для каждого внутреннего узла дифференциальное уравнения (2) заменим разностным. При этом для

производной $\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)_{(i,j)}$ воспользуемся следующей формулой:

$$\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)_{(i,j)} \approx \frac{u_{i+1,j} - 2u_{i,j} + u_{i-1,j}}{h^2}.$$

использовании которых небольшие ошибки в начальных или промежуточных результатах не приводят к большим отклонениям от точного решения. Всегда следует использовать устойчивые разностные схемы, проводя соответствующие исследования на устойчивость.

Первая из построенных выше разностных схем в случае первой краевой задачи будет устойчивой при $\alpha \leq \frac{1}{2}$. Вторая схема устойчива при всех значениях величины α . Третья схема неустойчива для любых α , что сводит на нет все ее преимущества и делает невозможной к применению на ПК.

Пример: Используя метод сеток, составить решение смешанной задачи для дифференциального уравнения параболического типа $\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ (уравнение теплопроводности) при заданных начальных условиях: $u(x,0) = f(x)$, $u(0,t) = \varphi(t)$, $u(0,6,t) = \psi(t)$, где $x \in [0; 0,6]$. Решение выполнить при $h=0,1$ для $t \in [0; 0,01]$ с четырьмя десятичными знаками, считая $\sigma = 1/6$.

Решение: $u(x,0) = 3x(1-x) + 0,12$, $u(0,t) = 2(t+0,06)$, $u(0,6,t) = 0,84$.

Параболическое уравнение решается методом сеток постепенным переходом от значений функций $u(x_i, t_j)$ к значениям $u(x_i, t_{j+1})$; причем $t_{j+1} = t_j + k$, где $k = h^2 / 6 = 0,01 / 6 = 0,0017$.

Вычисления производим по формуле

$$u_{i,j+1} = \frac{1}{6}(u_{i+1,j} + 4u_{ij} + u_{i-1,j}) \quad (i=1,2,3,4,5,6; j=1,2,3,4,5,6).$$

Все расчеты приведены в таблице:

<i>j</i>	<i>i</i>	0	1	2	3	4	5	6
	x_i	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
	t_j							
0	0	0,12	0,39	0,60	0,75	0,84	0,87	0,84

1	0,0017	0,1233	0,3800	0,5900	0,7400	0,8300	0,8600	0,84
2	0,0033	0,1267	0,6372	0,5800	0,7300	0,8200	0,8517	0,84
3	0,0500	0,1300	0,3659	0,5704	0,7200	0,8103	0,8445	0,84
4	0,0067	0,1333	0,3607	0,5612	0,7101	0,8010	0,8380	0,84
5	0,0083	0,1367	0,3562	0,5526	0,7004	0,7920	0,8322	0,84
6	0,01	0,1400	0,3524	0,5445	0,6910	0,7834	0,8268	0,84

Программа на языке Java:

```
public class Calculator {
    private double u[][];
    private double x[] = {0,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6};
    private double t[];
    private double k = 0.0017;
    public void initialize() { //Инициализация
        t = new double[7];
        t[0] = 0;
        for(int j = 0;j<6;j++){
            t[j+1] = t[j]+k;
        }
        u = new double[7][7];
        for(int i = 0;i<=6;i++){
            u[i][0] = 3*x[i]*(1-x[i])+0.12;
            u[0][i] = 2*(t[i]+0.06);
            u[6][i] = 0.84; } }
    public void solve() { //Решение
        initialize();
        for(int i = 0;i<=6;i++){
            u[i][0] = (double)Math.round(u[i][0] * 10000d) / 10000d;
            u[0][i] = (double)Math.round(u[0][i] * 10000d) / 10000d;
            t[i] = (double)Math.round(t[i] * 10000d) / 10000d;
        }
        for(int j = 0;j<6;j++){
```

```

for(int i = 1;i<6;i++){
    u[i][j+1] = (u[i+1][j]+4*u[i][j]+u[i-1][j])/6;
    double otvet = u[i][j+1];
    u[i][j+1] = (double)Math.round(otvet * 10000d) / 10000d;
} } String s1 = "j";
String s2 = "i";
String s3 = "0";
String s4 = "1";
String s5 = "2";
String s6 = "3";
String s7 = "4";
String s8 = "5";
String s9 = "6";
System.out.format("%6s | %6s | %6s | %6s | %6s | %6s | %6s | %6s |
%6s |",s1,s2,s3,s4,s5,s6,s7,s8,s9);
System.out.println();
System.out.println("-----");
System.out.format("%6s | "," ");
System.out.format("%6s | ","t \ x");
for(int b =0;b<x.length;b++){
    System.out.format("%6s | ",x[b]);
} System.out.println();
for(int i=0;i<x.length;i++){
    System.out.format("%6s | ",i);
    System.out.format("%6s | ",t[i]);
    for(int j = 0;j<t.length;j++){
        System.out.format("%6s | ",u[j][i]);
    } System.out.println();
} } public static void main(String[] args) {
Calculator calculator = new Calculator(); //Объект класса калькулятор

```

```

calculator.solve(); //Вызов метода решения
}}

```

Результат программы:

j\i	0	1	2	3	4	5	6
0	0.0	0.12	0.39	0.6	0.75	0.84	0.87
1	0.0017	0.1234	0.38	0.59	0.74	0.83	0.86
2	0.0034	0.1268	0.3722	0.58	0.73	0.82	0.8517
3	0.0051	0.1302	0.3659	0.5704	0.72	0.8103	0.8445
4	0.0068	0.1336	0.3607	0.5612	0.7101	0.8009	0.8381
5	0.0085	0.137	0.3563	0.5526	0.7004	0.792	0.8322
6	0.0102	0.1404	0.3525	0.5445	0.691	0.7834	0.8268

Заключение

На заключение отметим, что методика вычисления решений дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа численными методами - метод сеток, вопросы устойчивости и аппроксимации решения дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа, а также анализ численного решения типовых примеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. - Т.1,2. - М.: Наука, 1960.
2. Боглаев Ю.П. Вычислительная математика и программирование. - М.: Высшая школа, 1990.
3. Самарский А.А. Теория разностных схем. - М.: Наука, 1983.
4. Саульев В.К. Интегрирование уравнений параболического типа методом сеток. М., т. «Наука», 1964

УДК 546.566

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Г.С. Исаева, З.С. Шамбетов, А.К. Орозобекова, Ж.Ш.Шекербек
ИГИОН НАН КР, КГУСТА им. Н. Исанова

В данной статье рассматривается численный расчет НДС массива методом конечных элементов.

Ключевые слова: устойчивость бортов карьеров, напряженно-деформированное состояние, склон.

МААЛЫМАТТЫК ТЕХНОЛОГИЯЛАР МЕНЕН ЖЕР ТУЛКУСУНУН ЧЫҢАЛУУСУН ЭСЕПТӨӨ

Г.С. Исаева, З.С. Шамбетов, А.К. Орозобекова, Ж.Ш.Шекербек
КР УИА ГЖКӨИ, Исанов атындагы КМКТАУ

Бул макалада чектелген элементтер ыкмасы менен жер тулкусунун чыналуусун эсептөө каралган.

Баштапкы сөздөр: кен дубалдардын туруктуулугу, чыналуу абалы, тоо эңкейиш.

CALCULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE IN THE ROCK MASSIF BY INFORMATION TECHNOLOGIES

G.S. Isaeva, Z.S. Shambetov, A.K. Orozbekova, J.Sh.Sherkerbekov
IGSD NAS KR, N. Isanov named of KSUCTA

This article discusses the numerical calculation of the VAT of rock massif by the finite element method.

Key words: stability of pit walls, stress-strain state, slope.

1. Программа расчета

Разработанная ранее Программа расчета напряженно

деформированного состояния массива горных пород на основе метода конечных элементов [1] дополнена новыми функциональными возможностями по визуализации данных, в связи с развитием языка программирования. Как известно, язык программирования Object Pascal начиная с Delphi 7 в официальных документах компании Borland стал называться язык Delphi [2]. Появилось много нововведений в языке, такие как [3]:

- по умолчанию полная поддержка Юникода во всех частях языка, VCL и RTL;
- замена обращений ко всем функциям Windows API на юникодные аналоги (то есть MessageBox вызывает MessageBoxW, а не MessageBoxA);
- обобщённые типы, они же generics;
- анонимные методы;
- новая директива компилятора \$POINTERMATH [ON|OFF];
- функция Exit теперь может принимать параметры в соответствии с типом функции;
- вышедшая в 2011 году версия Delphi XE2 добавила компилятор Win64 и кросс-компиляцию для операционных систем фирмы Apple (MacOS X, iOS);
- вышедшая в 2013 году версия Delphi XE5 обеспечила кросс-компиляцию приложений для устройств на платформе ARM/Android.

К исходным данным для задач геомеханики относятся: во-первых, форма изучаемого объекта; во-вторых, физико-механические свойства пород. К исходным данным для расчета можно отнести также построение расчетной сетки. В программе оно реализовано в виде автоматической процедуры, на основе алгоритма описанного в работе [3]. Алгоритм, описанный в [4], является достаточно простым и гибким, позволяющим минимальными средствами адаптировать сетку к геометрии

рассматриваемого тела и особенностям внешнего нагружения. Другими словами, сгущать сетку там, где требуется более высокое разрешение, и делать ее редкой на менее ответственных участках. Процесс построения сетки происходит в интерактивном режиме, когда пользователь может наблюдать процесс построения и вмешиваться в сам процесс построения сетки, приводя ее к требуемому виду.

На рис. 1 изображена окно программы автоматического построения сетки.

Вверху с левой стороны окна находятся поля для ввода значений, связанных с количеством зон в рассматриваемой области с количеством узлов в этой области. Ниже расположены сетки с полями для ввода координат точек, причем количество точек соответствует значению в поле под названием «Число точек». Правая сетка предназначена для ввода значений количества столбцов и строк в каждой зоне, а также для номеров точек принадлежащих каждой зоне. Номер зоны располагается в первой строке сетки. В случае если количество строк или столбцов сетки превышает количество, помещающееся в области, предназначенной для сетки появляются бегунки по горизонтали или по вертикали. Бегунки окна позволяют получить доступ к невидимым в данный момент полям сетки для внесения изменений в эти поля.

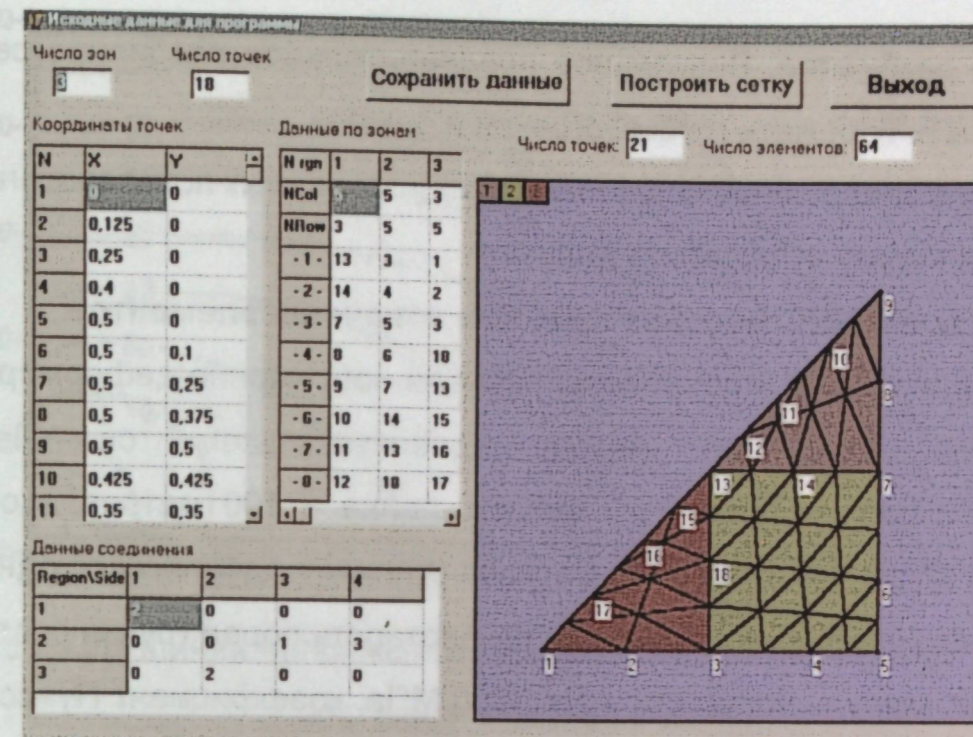


Рисунок 1- Окно введения начальных данных.

Нижнее окно под названием «Данные соединения» предназначено для ввода и редактирования чисел, предназначенных для обозначения данных соединения различных зон. В первой строке окна располагаются номера сторон зоны соприкасающиеся с другими зонами. По вертикали в первом столбце располагаются номера зон. В остальных клетках вводятся номера зон, соприкасающиеся с соответствующей стороной зоны.

Число зон, число точек и другие данные можно изменять с помощью вышеописанных окон с сетками. Далее можно просмотреть соответствующее построение зоны в графическом окне. Таким образом, можно осуществить визуальный контроль за тем, насколько построенная сетка или разбиение на элементы исследуемой области соответствует требованию пользователя. В случае некоторых недостатков построения имеется возможность дальнейшего усовершенствования разбиения области на элементы.

Все величины, расположенные в левой части окна, являются редактируемыми данными, т.е. их можно изменить произвольным образом. Затем, нажав на кнопку «Построить сетку», посмотреть получившееся

сеточное разбиение. Визуальное предварительное разбиение сетки дает возможность избежать грубых огрехов и ошибок.

После завершения подготовки исходных данных пользователь должен нажать на кнопку «Сохранить данные».

2. Расчет НДС массива методом конечных элементов

На рисунках 2,3 приведены расчеты напряженно-деформированного состояния склона по методу конечных элементов. Параметры геометрические: высота – 50 метров, длина – 100 метров, угол склона составил 51 градус. Материал массива склона предполагался однородным со следующими значениями свойств: плотность пород грунта составляла – 1920 кг/м^3 , модуль упругости – $E = 3200 \text{ МПа}$, коэффициент Пуассона – $\nu = 0.25$. Граничные условия, необходимые для расчета напряженно-деформированного состояния массива полагались следующими.

По нижней зоне расчетной области полагалось, что заданы значения смещения, которые полагались равными нулю. Верхняя и правая границы области расчетной зоны совпадают с границами самого тела и являются свободными поверхностями. Здесь задавались значения нормального и касательного напряжений, которые полагались равными нулю. Левая граница расчетной зоны является воображаемой границей, проходящей по телу склона. На этой границе мы задавали условие симметрии, заключающееся в том, что и массив в этой точке далек от границы и его влияние уже несущественно для величины напряжений. Оттого и значение длины расчетной зоны превышает высоту в два раза, чтобы по возможности точнее отразить вышеназванное условие малого влияния граничных условий левой границы.

Все результаты компонент тензора напряжений умножается на 10^4 Па .

На рисунке 2 показаны изолинии максимальных касательных напряжений T_{\max} в массиве склона. Видно, что с увеличением глубины значения напряжения T_{\max} также возрастают.

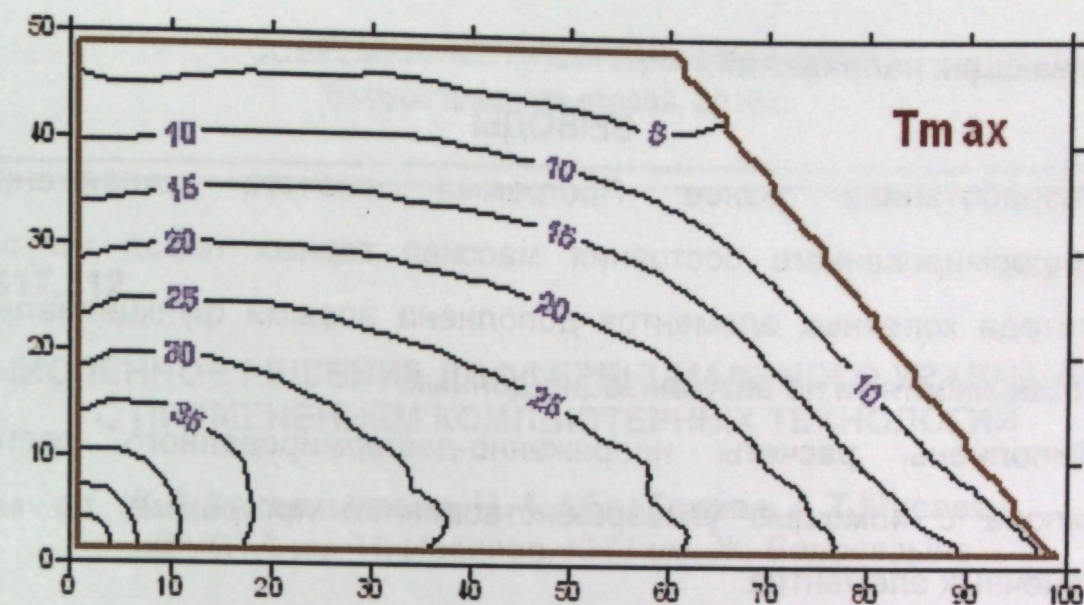


Рис 2 - Изолинии напряжений T_{\max} напряженно-деформированного состояния массива склона.

На рисунке 3 приведены изолинии вертикальных напряжений S_{yy} .

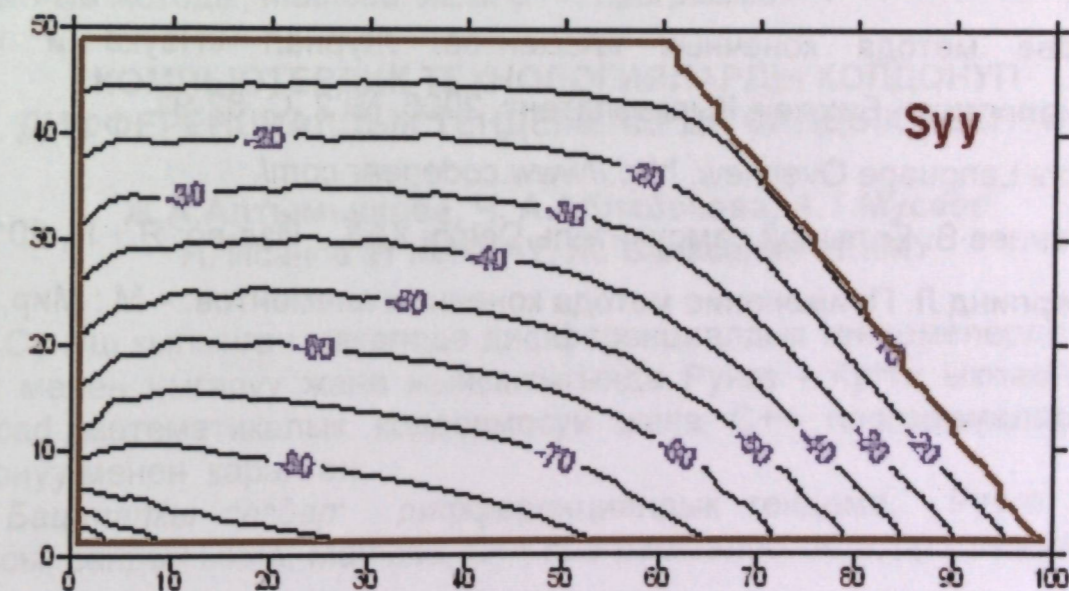


Рис 2 - Изолинии напряжений S_{yy} напряженно-деформированного состояния массива склона.

Изолинии расположены, как и полагается параллельно поверхности склона. Значения напряжения S_{yy} примерно пропорциональны весу массива, пород находящегося над рассматриваемой точкой внутри тела. Они имеют отрицательные значения поскольку являются сжимающими напряжениями. Положительные значения напряжений характерны для

растягивающих напряжений.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная ранее Программа расчета напряженно - деформированного состояния массива горных пород на основе метода конечных элементов дополнена новыми функциональными возможностями по визуализации данных.
2. Выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния склона с помощью усовершенствованной программы по методу конечных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаева Г.С., Чунуев И.К., Шамбетов З.С. Программа расчета напряженно - деформированного состояния массива горных пород на основе метода конечных элементов. Журнал «Наука и новые технологии» – Бишкек: Кыргызпатент, 2005, № 2, С. 82-91.
2. Delphi Language Overview. <http://www.codegear.com/>.
3. Рубанцев В. Большой самоучитель Delphi XE3. - Изд-во: Я + R, 2012.
4. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979.

УДК 517.912

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ж.А.Алтымышова, Ч. А.Аблабекова, А.Т.Мусаев
КГУСТА им. Н. Исанова, КНУ им. Ж. Баласагына

В данной статье рассматривается численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений, в результате решено дифференциальное уравнение методом Рунге–Кутта четвертого порядка с применением математического пакета Mathcad и языка программирования C++.

Ключевые слова: дифференциальное уравнение, метод Рунге-Кутта, численные методы, Mathcad, язык C++, программа.

КОМПЬЮТЕРДИК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ КОЛДОНУП ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫК ТЕНДЕМЕЛЕРДИ САНДЫК ЭСЕПТӨӨ

Ж.А.Алтымышова, Ч. А.Аблабекова, А.Т.Мусаев
Н. Исанов ат КМКТАУ, Ж. Баласагын ат.КМУ

Сунуш кылынган макалада дифференциалдык тендемелерди сандык ыкма менен чыгаруу жана жыйынтыгында Рунге - Кутта ыкмасы менен Mathcad математикалык колдонмосун жана C++ программалоо тилин колдонуу менен каралган.

Баштапкы сөздөр: дифференциалдык тендеме, Рунге - Кутта ыкмасы, сандык ыкма, Mathcad, C++ программалоо тили, программа.

NUMERICAL SOLUTION OF THE DIFFERENTIAL EQUATION WITH THE USE OF COMPUTER TECHNOLOGIES

Zh.A. Altymyshova, Ch. A.Ablabekova, A.T.Musaev
KSUCTA named of N.Isanov, KSU named of J. Balasagyn

This article discusses the numerical solution of ordinary differential equations; as a result, a differential equation has been solved by the fourth-order Runge – Kutta method using the Mathcad mathematical package and the C ++ programming language.

Keywords: differential equation, Runge-Kutta method, numerical methods, Mathcad, C ++ language, program.

Главная особенность применения основ численных методов, связана с интенсификацией процессов использования различных специализированных математических пакетов и систем программирования вычислительных методов как инструмента решения прикладных задач [2].

Численные методы в совокупности с возможностью их автоматизации при использовании персональных компьютеров превращаются в такой рабочий инструмент для решения задач научного, технического, экономического характера и др.

В статье рассматривается метод Рунге-Кутты 4-го порядка, который является одним из наиболее применяемых на практике, так как обеспечивает высокую точность и в то же время отличается сравнительной простотой [1]. Методы являются одноступенчатыми: чтобы найти y_{m+1} нужна информация о предыдущей точке x_m, y_m .

Классический метод Рунге-Кутты 4-го порядка для дифференциального уравнения

$$y' = f(x, y) \quad (1)$$

с начальным условием $y(x_0) = y_0$.

описывается следующей системой пяти равенств:

$$y_{i+1} = y_m + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4), \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} k_1 &= f(x_i, y_i), \\ k_2 &= f\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{hk_1}{2}\right), \\ k_3 &= f\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{hk_2}{2}\right), \\ k_4 &= f(x_i + h, y_i + hk_3). \end{aligned}$$

MathCAD является универсальной системой. Может использоваться в любой области науки и техники – везде, где применяются математические методы. Запись команд в системе MathCAD на языке, очень близком к стандартному языку математических расчётов, упрощает постановку и решение задач [3].

В среде MathCAD доступны более сотни операторов и логических функций, предназначенных для численного и символьного решения математических задач различной сложности [5].

При помощи Mathcad можно решить системы $N \geq 1$ обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, если они записаны в стандартной форме в виде векторного соотношения:

$$y'(t) = f(y(t), t) \quad (3)$$

Встроенные функции Mathcad для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений следующие:

- rkfixed (y_0, t_0, t_1, M, D) – метод Рунге-Кутты с фиксированным шагом;
- Rkadapt(y_0, t_0, t_1, M, D) – метод Рунге-Кутты с переменным шагом;
- Bulstoer(y_0, t_0, t_1, M, D) – метод Булирша-Штера;

Здесь:

- y_0 – вектор начальных значений в точке t_0 размера $N \times 1$;
- t_0 – начальная точка расчета;
- t_1 – конечная точка расчета;
- M – число шагов, на которых численный метод находит решение;
- D – векторная функция размера $N \times 1$ двух аргументов – скалярного t и векторного y . При этом y – искомая векторная функция аргумента t того же размера $N \times 1$.

Рассмотрим пример. Используя метод Рунге-Кутты, составить таблицу приближенных значений интеграла дифференциального уравнения

$$y' = 1 + 0.2y \sin x - y^2$$

удовлетворяющего, начальным условиям $y(0) = 0$, на отрезке $[0; 1]$, с шагом $h=0,1$.

Таблица 1. Результаты точного решения

x	y(x)	sinx	0.2y*sinx	y ²	f(x,y)	hf(x,y)	Δy
0	0	0	0	0	1	0.1	0.1000
0.05	0.05	0.0500	0.0005	0.0025	0.998	0.0998	0.1996
0.05	0.0499	0.0500	0.0005	0.0025	0.998	0.0998	0.1996
0.10	0.0498	0.0998	0.0010	0.0025	0.9985	0.0999	0.0999
						0.5991*(1/6)=0.0999	
0.10	0.0999	0.0998	0.0020	0.010	0.992	0.0992	0.0992
0.15	0.1495	0.1494	0.0045	0.0224	0.9821	0.0982	0,1964
0.15	0.149	0.1494	0.0045	0.0222	0.9823	0.0982	0,1965
0.20	0.1981	0.1987	0.0079	0.03912	0,9687	0.0969	0,0969
						0.589*(1/6)=0,0982	
0,2	0,1981	0,1987	0,0079	0,0392	0,9687		

Решая таким образом, получаем следующие результаты:

Таблица 2. Результаты точного решения

x	y
0	0
0.1	0.0999
0.2	0.1981
0.3	0.2932
0.4	0.3840
0.5	0.4694
0.6	0.5531
0.7	0.6254
0.8	0.6910
0.9	0.7498
1	0.8010

В Mathcad линейное дифференциальное уравнение в форме задачи Коши можно численно решить с помощью встроенной функции rkfixed,

реализующей алгоритм Рунге-Кутты 4 –го порядка. Ввести ее можно либо с клавиатуры, либо задействовав команду Function меню Insert (Ctrl+E). Функция rkfixed требует задания нескольких параметров:

$$\text{rkfixed}(y_0, x_1, x_2, M, D)$$

- y_0 – Начальное условие. Здесь должны определить значение искомой функции на левой границе интервале изменения переменной;
- x_1 – Начальная точка для переменной;
- x_2 – Конечная точка расчета;
- M – Количество шагов, при котором численный метод будет решать систему, здесь берется величина, обратная длине шага h);
- D – Функция, содержащая правую часть уравнения. Должна быть задана как функция двух переменных: x и y .

Результатом работы функции rkfixed является матрица, в первом столбце которой содержатся узловые точки переменной x , а во втором столбце рассчитанные в этих точках значения функции [3].

Далее расчеты были произведены с помощью Mathcad:

Mathcad - [Runge-Kutta.xmcd]

Функция, содержащая правую часть уравнения

$$D(x, y) := 1 + 0.2 \cdot y \cdot \sin(x) - y^2$$

Начальное условие

$$y_0 := 0$$

Функция rkfixed

$$y := \text{rkfixed}(0, 0, 1, \frac{1}{0.1}, D)$$

Результаты вычисления

	x	y
	0	1
y =	0	0
	1	0.099734
	2	0.197895
	3	0.29301
	4	0.383799
	5	0.469231
	6	0.548561
	7	0.621329
	8	0.687336
	9	0.746605
	10	0.799334

Рис. 1. Результаты расчета на Mathcad

Была составлена программа и протестирована задача на языке C++ [4,5].

```
#include<iostream>

#include<cmath>

using namespace std;

double f(double x, double y)
{ return (1+0.2*y*sin(x)-pow(y,2));}

int main( ) {

double x0,y0,h=0.1,k1,k2,k3,k4,dy;

cout<<"Vvedite x0="; cin>>x0;

cout<<"Vvedite y0="; cin>>y0;

double x, y=0;

for(x=x0;x<=1;x=x+h) {

cout<<"x="<<x<<"\t"<<"y="<<y<<endl;

k1=h*f(x,y);

k2=h*f(x+h/2,y+k1/2);

k3=h*f(x+h/2,y+k2/2);

k4=h*f(x+h,y+k3);

dy=1.0/6.0*(k1+2*k2+2*k3+k4);

y=y+dy; }

return 0; }
```

Результат программы:

```
"C:\vcpp\runge\Debug\runge.exe"
Vvedite x0=0
Vvedite y0=0
x=0 y=0
x=0.1 y=0.0997342
x=0.2 y=0.197895
x=0.3 y=0.29301
x=0.4 y=0.383799
x=0.5 y=0.469231
x=0.6 y=0.548561
x=0.7 y=0.621329
x=0.8 y=0.687336
x=0.9 y=0.746605
x=1 y=0.799334
Press any key to continue.
```

Рис. 2. Результаты расчета на C++.

В результате было решено дифференциальное уравнение на Mathcad, с помощью составленной программой на языке C++ можно

решить, изменяя входные данные дифференциальные уравнения методом Рунге – Кутта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: БИНОМ. Лаб.знаний, 2011. 636 с.
2. Колдаев В. Д. Численные методы и программирование: учебное пособие. Под ред. проф. Л. Г. Гагариной. ИНФРА- М, 2009. - 336 с.
3. Гурский Д., Турбина Е. Mathcad для студентов и школьников. Популярный самоучитель. СПб.: Питер, 2005. 400 с.
4. Лафоре Р. Объектно-ориентированное программирование в C++. Классика Computer Science. Пер. с англ. 4-е изд. — СПб.: Питер, 2001. 928 с.
5. <http://intuit.ru> – интернет ресурсы.

УДК 004(338.242.2/.45+575.2)(045/046)

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА И АНАЛИЗ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.М.Каптагаева
КНУ им. Ж. Баласагына

Перед всеми предприятиями стоят задачи внедрения эффективных механизмов управления бизнесом в соответствии с общепринятыми мировыми стандартами с использованием интегрированных сред.

Ключевые слова: интегрированная среда, мировые стандарты, систем BPwin, бизнес-процессы.

ИНТЕГРАЛДЫК ЧӨЙРӨ ЖАНА ӨНӨР ЖАЙДАГЫ БАШКАРУУ МАСЕЛЕРДИ ТАЛДОО

А.М.Каптагаева
КУУ. Баласагын

Бардык ишканалардын алдында интегралдык чөйрөсүн колдонуу менен бирге эл аралык стандарттарга ылайык кабыл алынган натыйжалуу бизнес башкаруу механизмдерин ишке ашыруу маселелери турат.

Keywords: интегралдык чөйрө, дүйнөлүк стандарттар, BPwin системалары, бизнес-кубулуштар.

INTEGRATED ENVIRONMENT AND ANALYSIS OF MANAGEMENT TASKS IN THE INDUSTRY

А.М.Каптагаева
KSU named of Balsagun

All enterprises are faced with the task of introducing effective business management mechanisms in accordance with generally accepted international standards using integrated environments.

Keywords: integrated environment, world standards, BPwin systems, business processes.

Общепризнанно, что кризис экономики – это, прежде всего, кризис управления. Многие компании, преодолев самый сложный этап «становления», через год-полтора прекращают свое существование из-за неумения наладить свою деятельность в относительно стабильных условиях. Причины заключаются в несоответствии качества управления требованиям современной рыночной среды. В новых условиях хозяйствования предприятия вынуждены постоянно приспосабливаться к быстро меняющимся правилам ведения бизнеса для того, чтобы удержать свои рыночные позиции и противостоять стремительно возрастающей конкуренции. То есть перед всеми предприятиями стоят задачи внедрения эффективных механизмов управления бизнесом в соответствии с общепринятыми мировыми стандартами.

Но, существует заблуждение, что автоматизация управления решит перечисленные выше проблемы. Практика показывает, что до 70% проектов по автоматизации терпят крах. Основная причина – игнорирование этапа совершенствования существующих на предприятии бизнес-процессов. Этот этап также может и должен решаться с применением информационных технологий, поскольку уровень сложности управления предприятием не позволяет хранить используемую информацию только в головах работников и в документах, необходимо обратиться к формализованным методам и средствам выполнения проектов реорганизации бизнес-процессов. С помощью информационного моделирования различных областей деятельности организации можно достаточно эффективно анализировать узкие места в управлении и оптимизировать общую схему бизнеса.

Это будет первым этапом на пути полной автоматизации процесса управления в соответствии с мировыми стандартами (например, MRP, MRP II, ERP).

В связи с этим, выделение бизнес-процессов, их анализ и

последующее совершенствование (реинжиниринг) – колоссальный резерв для повышения эффективности работы, который связан с большим объемом информации, отражающей различные аспекты деятельности предприятия.

Объектом данного исследования является УУПП "Автоконтакт" ВОС.

Предметом исследования будут бизнес-процессы предприятия.

Цель – совершенствовать бизнес-процесс на основе разработки и анализа его модели.

Для осуществления поставленной цели необходимо решить следующий ряд задач:

1. Выявить проблемы автоматизации в условиях и установить их причины.

2. Исследовать сущность бизнес-процессов и основные качественные и количественные критерии их оптимизации.

3. Провести сравнительный анализ методологий моделирования Б-П и обосновать выбор программного средства.

4. Разработать список мероприятий по организации процесса моделирования на УУПП "Автоконтакт" ВОС.

5. Разработать модель бизнес-процесса УУПП "Автоконтакт" ВОС.

При решении поставленных задач были использованы методы: системного анализа и синтеза, методы графического моделирования бизнес-процессов.

В ходе выполнения работы был проведен анализ причин низкой эффективности автоматизации управления бизнес-процессов. В ходе анализа практического опыта авторов публикаций по данному вопросу было установлено, что моделирование и анализ деятельности предприятия является необходимым условием создания автоматизированной системы управления. Для большинства современных предприятий, поставившей перед собой задачу автоматизации управления, необходим этап реорганизации, включающий создание рациональных технологий и бизнес-

процессов.

В работе была исследована сущность бизнес-процессов, выявлены основные качественные и количественные критерии их оптимизации, основные способы совершенствования бизнес-процессов.

Так же были исследованы этапы реорганизации бизнес-процессов, и процесс организации моделирования на предприятии.

В работе были определены виды моделей бизнес-процессов их особенности. Особое внимание было уделено построению графических моделей в соответствии со стандартом IDEF.

Метод IDEF1, разработанный Т.Рэмей (T.Ramey), также основан на подходе П.Чена и позволяет построить модель данных, эквивалентную реляционной модели в третьей нормальной форме. В настоящее время на основе совершенствования методологии IDEF1 создана ее новая версия - методология IDEF1X. IDEF1X разработана с учетом таких требований, как простота изучения и возможность автоматизации. IDEF1X-диаграммы используются рядом распространенных CASE-средств (в частности, BPwin, Design/IDEF).

Сущность в методологии IDEF1X является независимой от идентификаторов или просто независимой, если каждый экземпляр сущности может быть однозначно идентифицирован без определения его отношений с другими сущностями. Сущность называется зависимой от идентификаторов или просто зависимой, если однозначная идентификация экземпляра сущности зависит от его отношения к другой сущности.

В рамках работы был проведен сравнительный анализ наиболее популярных нотаций: IDEF и ARIS, даны рекомендации по их применению в зависимости от поставленных задач. На основе анализа нотаций было проведено исследование возможностей программных продуктов, в основу которых положены данные методологии. Так же было проведено позиционирование систем BPwin и ARIS Toolset в зависимости от функциональных возможностей систем и простоты использования в

проекте.

В работе был разработан список мероприятий для организации процесса моделирования деятельности УУПП "Автоконтакт" ВОС, в котором определены цели моделирования, состав рабочей группы, распределены полномочия и ответственность между ее членами. Так же были установлены сроки моделирования и выбран и обоснован метод и средство разработки модели.

Была разработана модель конкретного бизнес-процесса и проведен ее детальный анализ. В ходе анализа были выявлены этапы, на которых имеет место дублирование полномочий, отсутствие распределения ответственности, незавершенность некоторых циклов.

Для устранения перечисленных недостатков была разработана модель "как должно быть", которая должна быть положена в основу будущей корпоративной информационной сети, что в свою очередь существенно повысит эффективность бизнес-процессов и работу организации в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глинских А.И. О состоянии рынка автоматизированных систем управления персоналом/ Глинских А.И. – М.: "Компьютер-Информ", 2004. – 17 с.
2. Сайт: tsure/University/Faculties/Femp/Educ/3508.htm.
3. Андреева В.И. Делопроизводство [Текст]/ В.И. Андреева. – М.: ЗАО «Бизнес-школа «Интел-синтез», 1997.
4. Андреева В.И. Делопроизводство в кадровой службе [Текст]/ Практическое пособие /В.И. Андреева. – М.: ЗАО «Бизнес-школа «Интел-синтез», 2000.
5. Кирсанова М.В. Курс делопроизводства. Документационное обеспечение управления [Текст]/Кирсанова М.В., Аксёнов Ю.М. – М.: «Инфра-М», 1997.

6. Карпова Г.Е. Базы данных модели, разработка, реализация. [Текст] /Г.Е. Карпова. – СПб.: «Питер», 2001. – 304 с.
7. Лебедев А.Н.. VisualFoxPro 9 [Текст]/ Лебедев А.Н. – М.: "ИТ Пресс", 2005. – 328 с.
8. Джен Л. Харрингтон. Проектирование реляционных баз данных просто и доступно [Текст]/Джен Л. Харрингтон: Пер. с англ.- М.: Лори. – 230 с.
9. Шапорев Д. VisualFoxPro. Уроки программирования. [Текст]/ Шапорев Д. – СПб.: "ВНУ-Санкт-Петербург", 2005. – 550 с.
10. Винокуров М.А., Гутгарц Р.Д., Пархомов В.А.. Компьютерные технологии в кадровых службах / Винокуров М.А., Гутгарц Р.Д., Пархомов В.А.– И.:ИГЭА, 1997. – 198 с.

УДК 681.518.3:331.108.2(045/046)

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РЕШЕНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ

М.Ж.Турганбаева
КГУ им. Баласагына

В данной статье рассмотрена разработка автоматизированной системы для решения управленческих задач. Любую модель данных можно рассматривать как объект, который характеризуется своими свойствами и над ней, как над объектом, можно производить какие-либо действия.

Ключевые слова: автоматизированные системы, базы данных, модель, программы.

ИНТЕГРАЛДЫК ЧӨЙРӨДӨ БАШКАРУУ МАСЕЛЛЕРИН ЧЫГАРУУДА АВТОМАТТАШТЫРЫЛГАН СИСТЕМАНЫ ИШТЕП ЧЫГУУ

М.Ж.Турганбаева
Баласагын ат. КМУ

Бул макалада башкаруу маселелерди чыгаруу үчүн автоматташтырылган системаны иштеп чыгуу каралган. Ар бир маалымат моделин анын өзгөчө мүнөздөмө объектиси катары кароого болот жана ал объект болуп ар кандай иш-аракеттерди жүргүзө алат.

Баштапкы сөздөр: дардын системалар, маалымат базалары, модель программалары.

DEVELOPMENT OF AUTOMATIC SYSTEM RESOLUTION OF MANAGEMENT TASKS IN INTEGRATED ENVIRONMENT

M.Zh.Turganbaeva
KSU them. Balasagyn

This article discusses the development of an automated system for solving managerial problems. Any data model can be, considered as an object, which is characterized by its properties and above it, as an object, it is possible to perform any actions.

Keywords: automated systems, databases, model, programs.

На любом предприятии работа кадрового отдела не были автоматизированы. Все операции выполнялись вручную, что вело к большому количеству ошибок, значительным временным и финансовым затратам. Поэтому была поставлена задача создания автоматизированной системы, которая решала бы эти проблемы.

Автоматизация отдела кадров должна избавить от выполнения рутинных операций при работе с кадрами, подготовке и учете приказов. Автоматизированное хранение и обработка полной кадровой информации также позволяет эффективно осуществлять подбор и перемещение сотрудников.

Таким образом, создание автоматизированной системы, преследует следующие цели:

- автоматизация работы отдела кадров;
- повышения производительности труда отдела кадров;
- уменьшения затрат на содержание отдела кадров.

Разрабатываемая АС имеет полное наименование автоматизированная система управления персоналом «Отдел кадров». АС «Отдел кадров» служит для автоматизации работы отдела кадров для любого предприятия.

Объектом автоматизации является процесс обработки кадрового учёта на предприятиях должно быть учреждено в соответствии с Указом Президента. Общество является юридическим лицом и правопреемником государственного предприятия.

На основе анализа любого предприятия можно выделить основные функции отдела кадров, подлежащие автоматизации:

- ведение базы сотрудников;
- прием на работу новых сотрудников;
- увольнение сотрудников;
- кадровое перемещение;
- оформление отпусков;

- оформление больничных листов;
- ведение штатного расписания;
- ведение страховых номеров пенсионного фонда;
- ведение ИНН сотрудников;
- информационно-справочное обслуживание;
- отчетность (перед бухгалтерией, перед статистическими органами, перед руководством).

Для рассмотрения базы данных можно включить следующие этапы разработки АС. Разработка АС включает следующие основные этапы:

- исследование предметной области;
- изучение проблемы;
- формирование требований;
- постановка задачи;
- сбор исходных данных;
- выбор инструментальных средств разработки;
- разработка интерфейса пользователя;
- создание автоматизированной системы;
- внедрение.

Автоматизированная система «Отдел кадров» предназначена для автоматизации работы отдела кадров. Данный программный комплекс может работать как на машинах, подключенных к вычислительной сети так и просто на локальных машинах, если сеть отсутствует.

Автоматизированная система имеет следующие функции:

- ведение базы сотрудников;
- возможность ведения нескольких организаций в одной программе;
- карточка сотрудника с расширенным личностным и профессиональным учетом;
- приказы (возможность формирования на базе шаблонов MS Word);
- трудовые договора, возможность создания собственных шаблонов договоров;

- возможность хранения изображений всех необходимых документов;
- история изменения реквизитов каждого сотрудника;
- прием на работу новых сотрудников;
- увольнение сотрудников;
- учет вакансий;
- кадровое перемещение;
- расчет отпусков;
- ведение трудовой книжки;
- расчет стажа;
- поиск по журналу сотрудников;
- загрузка списка сотрудников из MS Excel;
- ведение штатного расписания;
- ведение ИНН сотрудников;
- информационно-справочное обслуживание;
- формирование и печать необходимой отчетности.

Сформулируем основные критерии, по которым производился выбор среды программирования для создания АС «Отдел кадров»:

создание максимально возможного удобства в работе. Для этого программа должна иметь удобный и современный интерфейс пользователя; работа модуля должна выполняться с максимально возможной скоростью. Нежелательны ситуации, в которых пользователю длительное время придется ожидать результата на свое действие;

- максимальная простота в использовании;
- минимальные затраты на разработку;
- простое обновление и развитие;
- легкое тиражирование;
- автоматизация всей деятельности отдела кадров;
- максимальное снижение ручной работы для начальника отдела кадров
- наличие аппаратных средств определенной конфигурации;

- наличие сертифицированных программных систем;
- возможности инструментальных средств;
- обеспечение взаимодействия с различными серверами баз данных;
- работа в локальной сети.

Основа информационной системы, объект ее обработки – база данных.

Чтобы обеспечить быстроту и качество поиска данных в базе, этот процесс должен быть автоматизирован. Компьютерную базу данных можно создать несколькими способами [7]:

- с помощью алгоритмических языков программирования, таких как Basic, Pascal, C++ и т.д. Данный способ применяется для создания уникальных баз данных;
- с помощью прикладной среды, например, VisualBasic. С его помощью можно создавать базы данных, требующие каких-то индивидуальных особенностей построения;
- с помощью специальных программных сред, которые называются системами управления базами данных.

В настоящее время существует несколько видов СУБД. Наиболее известными и популярными СУБД являются MsAccess, FoxPro и Paradox.

Автоматизированная система управления персоналом для предприятий разработана на основе MsVisualFoxPro 9.0. MsVisualFoxPro 9.0. относится к визуальным средствам разработки, то есть разработчику необходимо лишь выбрать необходимый компонент из набора инструментов и задать ему некоторое действие, выполняемое на определенное событие, таким образом, разработчику нет необходимости самому писать исходный код для создания формы или кнопки. Это позволяет сократить время разработки проекта.

Система MicrosoftVisualFoxPro содержит все необходимые средства для создания и управления высокопроизводительными 32-х разрядными приложениями и компонентами баз данных.

Надежные инструментальные средства и объектно-ориентированный язык, специализированный для работы с данными, идеально подходят для создания современных приложений.

База данных может быть основана на одной модели или на совокупности нескольких моделей. Любую модель данных можно рассматривать как объект, который характеризуется своими свойствами (параметрами), и над ней, как над объектом, можно производить какие-либо действия.

Основной документ программы, который позволяет ввести все данные о сотруднике организации. Состоит из 4 закладок:

Хотелось бы отметить, что создание автоматизированной базы данных приведет к правильному и легкому решению управленческих задач на предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глинских А.И. О состоянии рынка автоматизированных систем управления персоналом/ Глинских А.И. – М.: "Компьютер-Информ", 2004.

2. Сайт: tsure/University/Faculties/Femp/Educ/3508.htm.
3. Андреева В.И. Делопроизводство [Текст]/ В.И. Андреева. – М.: ЗАО «Бизнес-школа «Интел-синтез», 1997.
4. Андреева В.И. Делопроизводство в кадровой службе [Текст]/ Практическое пособие /В.И. Андреева. – М.: ЗАО «Бизнес-школа «Интел-синтез», 2000.
5. Кирсанова М.В. Курс делопроизводства. Документационное обеспечение управления [Текст]/Кирсанова М.В., Аксёнов Ю.М. – М.: «Инфра-М», 1997.
6. Карпова Г.Е. Базы данных модели, разработка, реализация. [Текст] /Г.Е. Карпова. – СПб.: «Питер», 2001. – 304 с.
7. Лебедев А.Н. VisualFoxPro 9 [Текст]/ Лебедев А.Н. – М.: "ИТ Пресс", 2005. – 328 с.
8. Джен Л. Харрингтон. Проектирование реляционных баз данных просто и доступно [Текст]/Джен Л. Харрингтон: Пер. с англ.- М.: Лори. – 230 с.
9. Шапоров Д. VisualFoxPro. Уроки программирования. [Текст]/ Шапоров Д. – СПб.: "ВНУ-Санкт-Петербург", 2005. – 550 с.
10. Винокуров М.А., Гутгарц Р.Д., Пархомов В.А. Компьютерные технологии в кадровых службах / Винокуров М.А., Гутгарц Р.Д., Пархомов В.А.– И.: ИГЭА, 1997. – 198 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Айтматов Ильгиз Торокулович, академик НАН КР, д. т. н., проф Советник директора Института геомеханики и освоения недр НАН КР, ifmgrp@yandex.ru
2. Казакбаева Гульнар Орозмамбетовна, к.ф.-м.н., в.н.с. ИГиОН НАН КР., ifmgrp@yandex.ru.
3. Акжолов М.Ж., с.н.с., к. ф.-м. н., Федеральное государственное учреждение "Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук" (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН)), г. Москва;
4. Исманбаев Асанбай Исманбаевич, д. ф.-м.н., профессор кафедры «Физика» КГУСТА им. Н. Исанова, ismanbaev.asanbai@mail.ru
5. Исаева Гулмира Сейтназировна, ИГиОН НАН КР, к.ф.-м.н., в.н.с., gulmira.isaeva12@gmail.com;
6. Шамбетов Зарлык Садыкбекович ИГиОН НАН КР, к.ф.-м.н., с.н.с., zoldmans@gmail.com;
7. Орозобекова Аида Кубанычбековна, к.ф.-м.н., доцент кафедры «Прикладная математика и информатика» КГУСТА им. Н. Исанова, oakk@mail.ru;
8. Шекербеков Жолдошбек Шекербекович, магистрант кафедры «Прикладная математика и информатика» КГУСТА им. Н. Исанова;
9. Тургуналиев Эшмурза Тургуналиевич, ст. преподаватель каф. ПМИ КГУСТА им. Н. Исанова, oakk@mail.ru
10. Кожокматов Тургуналы Молдалиевич, ст. преп. каф. ПМИ КГУСТА им. Н. Исанова, oakk@mail.ru;
11. Алтымышова Жыргал А., ст. преподаватель каф. ПМИ КГУСТА

им. Н. Исанова, achacha@mail.ru;

12. Аблабекова Чынара Азисовна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры ПМИ КГУСТА им. Н. Исанова, achacha@mail.ru;
13. Мусаев Азат Торокович, ст. преподаватель ИИП КГУСТА им. Н. Исанова, asel_08@mail.ru;
14. Каптагаева Айнура Маратовна, преподаватель ФПП КК КНУ им. Баласагына, eka_solnishko@mail.ru;
15. Турганбаева Миржан Жолдошовна, преподаватель, ФПП КК КНУ им. Баласагына, ФПП КК, eka_solnishko@mail.ru
16. Турганбаева Миржан Жолдошовна, преподаватель, ФПП КК КНУ им. Баласагына, ФПП КК, eka_solnishko@mail.ru
17. Молдобекова Жанар Молдобековна, методист кафедры ПМИ КГУСТА им. Н. Исанова, janar-moldobekova@mail.ru
18. Карыбалиева Керез Токтобековна, преподаватель кафедры ПМИ КГУСТА им. Н. Исанова, kerez_5555@mail.ru

**Требования по оформлению статей
для публикации в журнале «Современные проблемы механики»**

1. Статья представляется на бумажном носителе и в электронном виде. Название файла должно соответствовать фамилии первого автора. Бумажная копия должна быть подписана всеми авторами.
2. Электронный вариант статьи выполняется в текстовом редакторе Microsoft Word 2003, 2007, 2010. Формат А4 (книжный). Поля: все по 20мм. Межстрочный интервал – одинарный. Шрифт Arial. Размер кегля (символов) – 14 пт. Рекомендуемый объем статьи 4-10 страниц.
3. Публикуемая в журнале статья должна состоять из следующих последовательно расположенных элементов:
 - шифр УДК – слева, обычный шрифт;
 - заголовок (название) статьи – по центру, шрифт полужирный, буквы – прописные (на русском, кыргызском и английском языках);
 - инициалы автора(ов) и фамилия(и) – по центру, полужирный шрифт (на русском, кыргызском и английском языках);
 - место работы – по центру, обычный шрифт (на русском, на кыргызском и на англ яз);
 - аннотация (на кыргызском, русском и английском языках) до 6 строк и ключевые слова (5-10 слов);
 - текст статьи. Рисунки (графики) и таблицы должны располагаться по тексту после ссылки на него. Сокращения и условные обозначения допускаются только принятые в международной системе единиц сокращения мер, физических, химических и математических величин, терминов и т.п. Набор формул

осуществляется в тексте только в редакторе Math Type.

- список литературы. Список цитируемой литературы приводится в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 Библиографическая запись. Библиографическое описание.

Общие требования и правила составления. В списке источники располагаются в порядке их упоминания в статье. Отсылки в тексте статьи заключают в квадратные скобки, например: [5]. Элементы статьи отделяются друг от друга одной пустой строкой.

На отдельной странице предоставляются сведения об авторе (ах), которые содержат данные:

- фамилия, имя, отчество полностью;
- ученая степень, ученое звание;
- место адрес работы, занимаемая должность;
- контактный телефон (рабочий, домашний, сотовый), e-mail.

- Статья должна иметь четкие структурные части: введение (вводная часть, постановка проблемы), методика решения (исследования) проблемы, результаты исследований, выводы (заключительная часть) и список литературы.
- Рекомендуется дать ссылки в разделе «Литература» на статьи, выпущенные в предыдущих номерах «Журнала «Современные проблемы механики сплошных сред»;
- Не рекомендуется в одной статье дать подстраничную ссылку и общую послетекстовую ссылку, оптимально последнее.
- Не рекомендуется в одной статье большое количество авторов (5-7 и более). Оптимально один автор или 3 автора в одной статье.
- Не рекомендуется текст статьи с объемом менее 5 стр., такие статьи не будут считаться статьями и при размещении на сайт НЭБ будут относиться к сообщениям.
- Проверить статью на антиплагиат. <https://text.ru/antiplagiat>.

СОДЕРЖАНИЕ

		стр
1.	Айтматов И.Т., Казакбаева Г.О. ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В МОДЕЛИ ВОКРУГ ВЫРАБОТКИ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	3
2.	Акжолов М.Ж., Исманбаев А.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ТОНКОГО ПРОНИЦАЕМОГО ТЕЛА ИДЕАЛЬНЫМ ГАЗОМ	11
3.	Казакбаева Г.О. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ МАТЕРИАЛАХ	22
4.	Исаева Г.С., Шамбетов З.С., Орозобекова А.К., Шекербек Ж.Ш. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ И БОРТОВ КАРЬЕРОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	30
5.	Тургуналиев Э., Кожокматов Т.М. О НОРМЕ ОПЕРАТОРА ДРОБНОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ	42
6.	Осмонканов А.М, Молдобекова Ж.М., Карыбалиева К.Т. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СЕТОК ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПА	43
7.	Исаева Г.С., Шамбетов З.С., Орозобекова А.К., Шекербек Ж.Ш. РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	56
8.	Алтымышова Ж.А., Аблабекова Ч. А., Мусаев А.Т. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	63
9.	Каптагаева А.М. ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА И АНАЛИЗ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ	70
10.	Турганбаева М.Ж. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РЕШЕНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ	76

11.	СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	83
12.	ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ"	85
13.	СОДЕРЖАНИЕ (на русском, кыргызском и английском языках)	87
		92

МАЗМУНУ

		бет
1.	Айтматов И.Т., Казакбаева Г.О. МОДЕЛДЕГИ КАЗМАНЫН ТЕГЕРЕГИНДЕГИ ЧЫҢАЛУУНУ ОПТИКАЛЫК ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЫКМАСЫ МЕНЕН ИЗИЛДӨӨ	3
2.	Акжолов М.Ж., Исманбаев А.И. ИДЕАЛДЫК ГАЗДЫН ЖУКА ӨТКӨРҮМДҮҮЛҮКТӨГҮ ТЕЛОНУ АЙЛАНЫП ӨТҮҮСҮН ИЗИЛДӨӨ	11
3.	Казакбаева Г.О. ОПТИКАЛЫК АКТИВДҮҮ МАТЕРИАЛДАРДАГЫ КАЛДЫКТУУ ЧЫНАЛУУНУ ИЗИЛДӨӨ ЫКМАСЫ	22
4.	Исаева Г.С., Шамбетов З.С., Орозобекова А.К., Шекербеков Ж.Ш. ЧЕКТҮҮ ЭЛЕМЕНТТЕР ЫКМАСЫ МЕНЕН ТОО ЭҢКЕЙИШТИН ЖАНА КЕН ДУБАЛДАРДЫН ТУРУКТУУЛУГУН ЭСЕПТӨӨДӨГҮ МАТЕМАТИКАЛЫК НЕГИЗДЕРИ	30
5.	Тургуналиев Э., Кожокматов Т.М. БӨЛЧӨКТҮҮ ИНТЕГРАЛДОО ОПЕРАТОРУНУН НОРМАСЫ ЖОНУНДӨ	42
6.	Осмонканов А.М., Молдобекова Ж.М., Карыбалиева К.Т. ПАРАБОЛА ТҮРҮНДӨГҮ ТЕНДЕМЕЛЕРДИ САНДЫК ЧЫГАРЫШ ҮЧҮН ТОРЧО ЫКМАСЫН КОЛДОНУУ	48
7.	Исаева Г.С., Шамбетов З.С., Орозобекова А.К., Шекербеков Ж.Ш. МААЛЫМАТТЫК ТЕХНОЛОГИЯЛАР МЕНЕН ЖЕР ТУЛКУСУНУН ЧЫҢАЛУУСУН ЭСЕПТӨӨ	53
8.	Алтымышова Ж.А., Аблабекова Ч. А., Мусаев А.Т. КОМПЬЮТЕРДИК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ КОЛДОНУП ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫК ТЕНДЕМЕЛЕРДИ САНДЫК ЭСЕПТӨӨ	63
9.	Картагаева А.М. ИНТЕГРАЛДЫК ЧӨЙРӨ ЖАНА ӨНӨР ЖАЙДАГЫ БАШКАРУУ МАСЕЛЕЛЕРДИ ТАЛДОО	70

10.	Турганбаева М.Ж. ИНТЕГРАЛДЫК ЧӨЙРӨДӨ БАШКАРУУ МАСЕЛЛЕРИН ЧЫГАРУУДА АВТОМАТТАШТЫРЫЛГАН СИСТЕМАНЫ ИШТЕП ЧЫГУУ	76
11.	АВТОРЛОР ТУУРАЛУУ МААЛЫМАТ	83
12.	«МЕХАНИКАНЫН ЗАМАНБАП КӨЙГӨЙЛӨРҮ»ЖУРНАЛГА ЖАРЫЯЛОО ҮЧҮН ДОКУМЕНТТЕРГЕ ТАЛАПТАР	85
13.	МАЗМУНУ (кыргыз, орус жана англис тилдеринде)	87
		92

CONTENTS

1.	Aytmatov I.T, Kazakbaeva G.O. STUDY OF THE VOLTAGES IN MODELS AROUND PRODUCTION POLYARIZACIONNO-OPTICAL METHOD	3
2.	Akjolov M.J., Ismanbaev A.I. RESEARCH OF THE FLOW AROUND A THIN PERMEABLE BODY WITH AN IDEAL GAS	11
3.	Kazakbaeva G.O. METHODS OF THE STUDY OF THE REMAINING VOLTAGES IN OPTICAL ACTIVE MATERIAL	22
4.	Isaeva G.S., Shambetov Z.S., Orozobekova A.K., Sherkerbekov J.Sh. MATHEMATICAL BASIS OF CALCULATIONS OF SLOPE STABILITY AND PIT WALLS STABILITY BY THE METHOD OF FINITE ELEMENTS	30
5.	Turgunaliyev E., Kozhokomatov T.M ABOUT NORM OF FREQUENCY INTEGRATION OPERATOR	42
6.	Osmonkanov A.M., Moldobekova J.M., Karybalieva K.T. USING THE METHOD OF GRIDS FOR THE NUMERICAL SOLUTION OF THE PARABOLIC TYPE EQUATION	48
7.	Isaeva G.S., Shambetov Z.S., Orozobekova A.K., Sherkerbekov J.Sh. CALCULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE IN THE ROCK MASSIF BY INFORMATION TECHNOLOGIES	56
8.	Altymyshova Zh.A., Ablabekova Ch. A, Musaev A.T. NUMERICAL SOLUTION OF THE DIFFERENTIAL EQUATION WITH THE USE OF COMPUTER TECHNOLOGIES	63
9.	Kaptagaeva A.M. INTEGRATED ENVIRONMENT AND ANALYSIS OF MANAGEMENT TASKS IN THE INDUSTRY	70
10.	Turganbaeva M.Zh. DEVELOPMENT OF AUTOMATIC SYSTEM RESOLUTION OF MANAGEMENT TASKS IN INTEGRATED ENVIRONMENT	76
11.	INFORMATION ABOUT AUTHORS	83

12.	REQUIREMENTS FOR PAPERS FOR PUBLICATION IN THE JOURNAL "MODERN PROBLEMS OF MECHANICS"	85
13.	CONTENTS (in russian, kyrgyz and english languages)	87
		92

Подписано к печати 10.06.16 г.
Формат 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Объем 11,5 п.л.
Тираж 200 экз

Кыргызский государственный университет строительства,
транспорта и архитектуры им. Н. Исанова

Учебно-издательский центр «Авангард»
720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34 б

ISSN 1694-6065



9 771694 606007