

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ТЕСТИРОВЩИКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В.Б. Таранчук

*Белорусский государственный университет,
Беларусь, Минск, taranchuk@bsu.by*

Аннотация. Рассмотрены вопросы проектирования, инструментального наполнения, использования многофункционального интегрированного программного комплекса тестировщика цифровых геоэкологических моделей. Отмечены преимущества предлагаемой технологии сборки компонент комплекса синтезом программных модулей систем компьютерной алгебры и географических информационных систем. Обсуждаются примеры получения и разных способов наглядного представления сечений и разрезов трехмерных геологических объектов.

Ключевые слова: цифровая геологическая модель, система Mathematica, система Surfer, интерактивная графическая визуализация.

MULTIFUNCTIONAL PROGRAMMING COMPLEX OF THE TESTER OF GEOECOLOGICAL MODELS

V.B. Taranchuk

*Belarusian State University,
Belarus, Minsk, taranchuk@bsu.by*

Abstract. In this paper are considered questions of designing, development, tool filling and usages of the integrated program complex of the tester of digital geoeological and geological models. The advantages of an offered process engineering of assemblage of components of the complex by synthesis of program units of computer algebra systems and geographic information systems are substantiated. Examples of reception and different ways of evident representation of incisions and cross-sections of three-dimensional geological objects are considered.

Keywords: digital geological model, system Mathematica, system Surfer, interactive graphics visualization.

Построение цифровых геоэкологических, геологических моделей стало в настоящее время обязательной составляющей экспертных заключений в ряде сфер деятельности, в частности, при организации государственного мониторинга состояния окружающей среды, недр, в задачах рационального использования минерально-сырьевой базы, в проектах защитных мероприятий, связанных с описанием рельефа и инженерно-геологического строения местности, при планировании строительства промышленных объектов. Особую роль геологические модели имеют при обосновании проектов размещения объектов энергетики.

Современная геоэкологическая модель содержит обобщенное описание состава, структуры, формы изучаемых объектов. Модель включает не только описание, рисунок геологического строения, но и цифровые характеристики, обеспечивающие получение с необходимой точностью и графическую визуализацию объемного распределения в пространстве структурно-вещественных комплексов. Геоэкологическое, геологическое моделирование является самостоятельным направлением, которое предполагает развитие математических методов и алгоритмов; разработку компьютерных программ, обеспечивающих цикл построения моделей, формирования, наполнения и сопровождения баз данных. Соответствующее программное обеспечение включает загрузку из разных источников параметров, описывающих территорию и все находящееся на ней, окружающую воздушную среду, фильтрационно-емкостные свойства приповерхностных слоев. Программные средства должны обеспечивать предобработку и интерактивный анализ данных, корреляцию, формирование цифровых кубов данных, визуализацию с применением графики разных типов, картопостроение.

Построение цифровых геоэкологических моделей является относительно молодым направлением, оно активно развивается, но пока крупные государственные и частные компании СНГ, потребители соответствующих программных комплексов предпочитают разработки мировых лидеров. Актуальной является задача создания и внедрения альтернативных компьютерных геоэкологических моделей. Одной из важнейших составляющих при этом является задача оценки адекватности и точности предлагаемых цифровых моделей, ключевыми являются вопросы автоматизации настройки, адаптации моделей с учетом постоянно поступающих дополнительных данных, а также ревизии результатов обработки исходной информации с использованием новых методов интерпретации.

Программирование, реализация алгоритмов построения и адаптации геоэкологических моделей трудоемко, предполагает использование уникальных математических методов. Например, из опыта разработки, сопровождения и внедрения комплекса «ГеоБазаДанных» [1] следует, что для поддержания его в актуальном состоянии, отвечающем постоянно возрастающим аппаратным возможностям, нужен большой коллектив опытных программистов.

Представляется, что в настоящее время более эффективным, обеспечивающим заметно более низкие трудозатраты и относительно быстрым по времени будет подход, основанный на сочетании и интеграции в единый программный комплекс модулей современных версий систем компьютерной алгебры (СКА) и географических информационных систем (ГИС). При этом следует понимать, что для решения задач обработки исходных данных, в частности, результатов дистанционного зондирования, сейсмо- и магниторазведки, моделирования, никакая конкретная ГИС не является полным набором пространственно-аналитических методов и средств анализа. Во многих случаях приходится комбинировать инструменты ГИС с программами статистического анализа данных, средствами для математически сложных вычислений, включающих реализации современных методов и алгоритмов анализа и интерпретации пространственных данных.

В работе [2] изложены предложенные и реализованные методические, технические и организационные решения создания программного комплекса, описаны и проиллюстрированы примерами инструменты автоматизированного рабочего места специалиста, который в вычислительных экспериментах может выполнять подготовку эталонов, анализ и адаптацию цифровых полей применительно к задачам формирования геологических и геоэкологических моделей. Разработанная интегрированная компьютерная система дает возможности манипулирования исходными данными, сопоставления цифровых моделей, формирования библиотек эталонов, подготовки тестовых наборов данных для возможных интерпретаций экспертов, анализа получаемых разными способами результатов. В программном комплексе реализованы следующие средства:

- инструменты и шаблоны для подготовки эталонной модели цифрового поля, отвечающего оговоренным свойствам («Конструктор цифрового поля»);
- средства и несколько вариантов модулей «искажения» эталонной модели;
- инструменты имитации «съема» данных, которые используются в практике моделирования («Генератор профиля наблюдения»);
- модули расчета, визуализации, сопоставления аппроксимирующих цифровых полей несколькими разными методами (компонент «Аппроксимация»);
- инструменты и модули адаптации («доводки») формируемой цифровой модели (компонент «Адаптация»).

Следует понимать, что создание и сопровождение геоэкологической модели не предполагают нахождение единственного решения некоторой математической задачи.

Субъективное мнение, квалификация эксперта – факторы, всегда присутствующие в подобной деятельности. При создании моделей приходится оперировать с данными, точность которых различна, а некоторые исходные данные вовсе противоречивы; на разных участках плотность данных наблюдений значительно различается. Поэтому для построения цифровых моделей важно иметь инструменты интерактивной обработки данных, имитации возможных ситуаций получения и коррекции входной информации, включая дополнение и прореживание, модули математической обработки и статистического анализа. Все этапы работы с данными в комплексе включают разнообразные варианты графической визуализации, протоколирование и сопоставление получаемых или помещенных в архив результатов. Инструменты комплекса обеспечивают пользователя возможностями «поиграть» исходными данными и сопоставить результаты с подготовленными эталонами, возможности извлечения и дополнения библиотеки эталонов, причем, пользователь обеспечен средствами импорта и экспорта данных и изображений, масштабирования. Широкие возможности обмена данными важны для одновременной работы в нескольких программных средах.

Основные инструменты визуализации моделей. В комплексе реализованы более десяти вариантов 1D, 2D и 3D графики, соответствующие инструменты описаны в [3 - 5]. В частности, в комплексе есть модули получения и оформления карт и вставок на них (выкопировок), графиков на профилях, 3D визуализации возможных разрезов (вертикальные, горизонтальные), простых и сложных отсечений (рис. 1 - 4). Иллюстрации применения нескольких инструментов визуализации разрезов и отсечений даны ниже на примере эталонной поверхности, но все модули формирования графики могут использоваться для любых моделей поверхностей или цифровых описаний распределений, получаемых либо экспортируемых в комплекс. На рис. 1 приведен пример визуализации моделей двух эталонных поверхностей, в [2] описано, как они формируются, как описываются математическими выражениями.

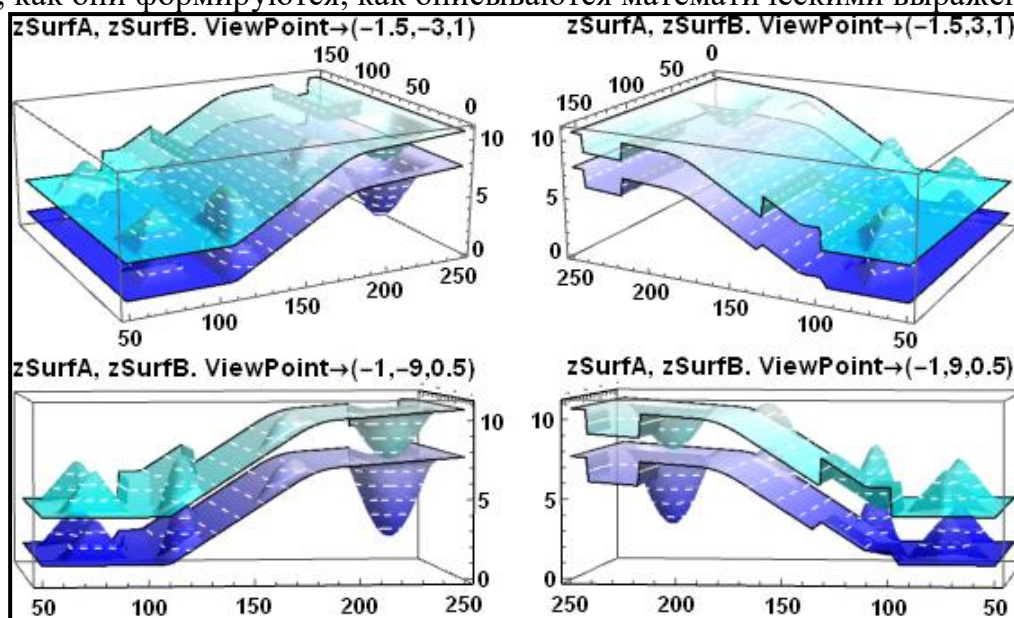


Рис. 1. Графики двух подобных поверхностей

Далее в рассмотрении и анализе эталонные поверхности могут искажаться добавлением разных возмущений, в том числе с имитацией погрешностей измерений, регулярных и случайных шумов. Важно, что рассматриваемые поверхности на первом этапе имеют полное математическое описание (графическая визуализация может быть сделана с любой требуемой точностью, в любом масштабе). Иллюстрации поверхностей, приведенные на рис. 1 можно интерпретировать, как кровлю и подошву изучаемого пласта земной коры.

Обе поверхности выводятся с разными интерактивно настраиваемыми пользователем уровнями прозрачности.

Визуализация профилей. Поясним примеры получения в комплексе графиков геологических профилей, иллюстрации приведены на рис. 2 - 4. Геологический профиль представляет графическое изображение в вертикальной плоскости строения недр и содержащихся в них пластов. В рассматриваемом случае профиль - линия, получаемая на пересечении анализируемой поверхности вертикальной плоскостью заданного направления.

Отметим основные варианты интерфейса для указания и примеры визуализации профилей. Пользователь имеет возможность на схеме плана области моделирования (на фрагментах рис. 2 слева) перемещать локаторы (начало, конец профиля), соответственно на графике (справа) прорисовывается распределение итоговой функции модели поверхности (одной или нескольких) на указываемом направлении. Начало и конец профиля не обязательно должны быть на границах области определения функции, можно выбрать любой интересующий пользователя участок, соответственно детализировать поведение функции. В такой реализации по оси абсцисс откладываются деления в долях единицы длины профиля.

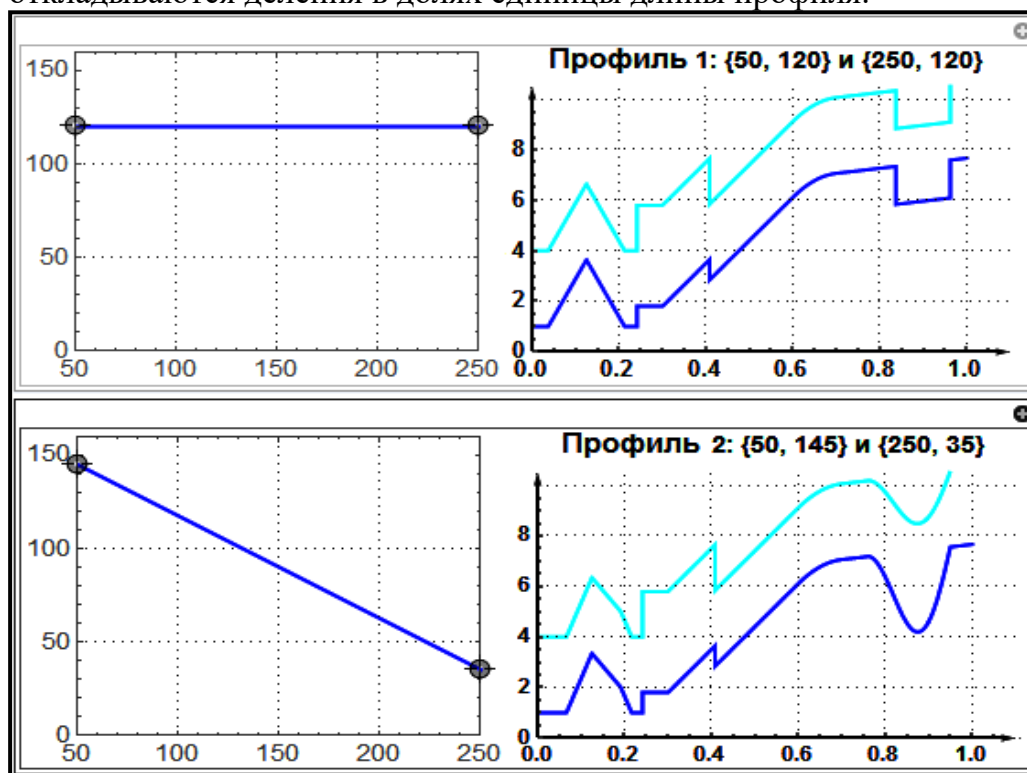


Рис. 2. Пример указания профилей локаторами, справа графики сечений

Рис. 3 содержит скриншоты двух окон панели настройки и результатов. Это иллюстрирует отличный от предыдущего вариант, обеспечиваемый другим модулем.

В реализации интерфейсов на рис. 3, 4 есть возможность задания координат начал и концов профилей не изменением положения локаторов, а перемещением ползунков на шкале или вводом нужного числа – поле ввода открывается по клику плюсики. В примерах рис. 2, 3 детализация формы поверхности осуществляется визуализацией с использованием 2D и 1D графики. На рис. 4 показан вариант визуализации с использованием 3D и 1D графики. Программный модуль предоставляет пользователю возможности выбора направления (переключатель – две кнопки в верхней части панели) и задания конкретного положения секущей плоскости, манипулируя бегунком, или, задавая нужное значение. При этом направление сечения (пунктирная линия) показывается на 3D графике поверхности, в левой части окна выводится профиль.

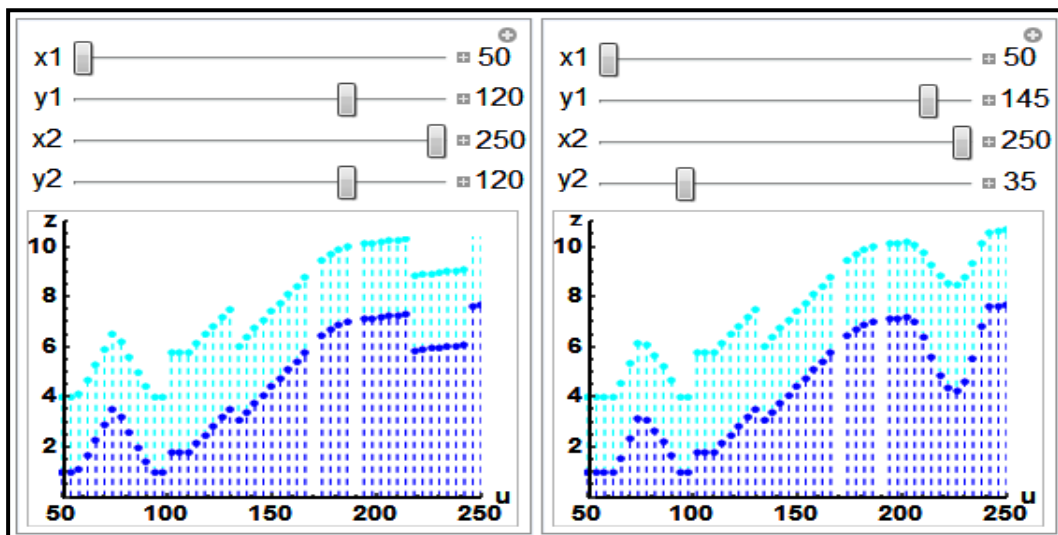


Рис. 3. Пример указания профилей бегунками, графики сечений

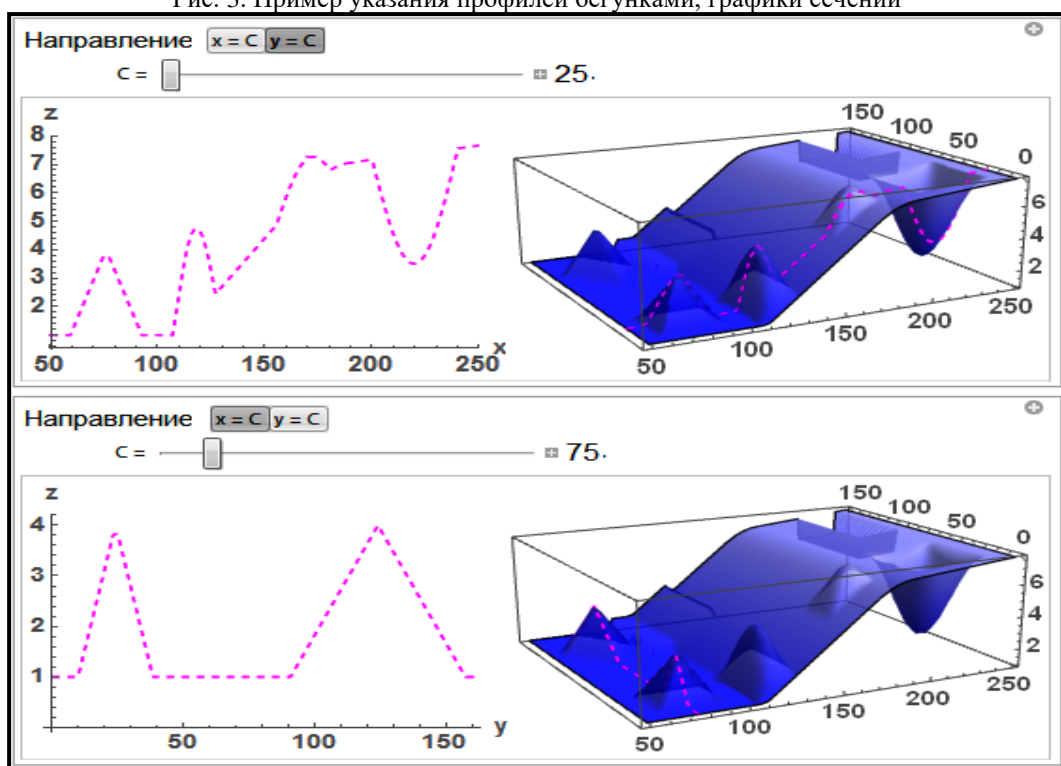


Рис. 4. Панель работы с профилем, вариант 3D и 1D графики

Визуализация разрезов, сечений. Примеры графической визуализации разрезов показаны на рис. 5. В составе комплекса имеются интерактивные модули с панелями указания значений координат для 3D визуализации возможных разрезов (вертикальные, горизонтальные), отсечений (простые и сложные). На рис. 5 показаны иллюстрации простых профильных разрезов (2 фрагмента сверху, при одной вертикальной секущей плоскости) и сложных профильных разрезов (2 фрагмента внизу). Приведенные на иллюстрациях формулы задания разрезов могут быть полезны при работе (параллельно или отдельно) для сопоставления в других программных системах. В комплексе все выполняется интерактивно с визуальным контролем по графикам. Отметим, что интерфейс модуля при указании секущих плоскостей аналогичен инструментам типа, как на рис. 3 и 4; действия выполняются пользователем интерактивно. Также средства системы позволяют, зафиксировав какую-либо конфигурацию секущих плоскостей, просматривать 3D модель объекта интерактивно, меняя ракурс, масштаб, относительное положение; примеры соответствующих настроек приведены в [3 - 5].

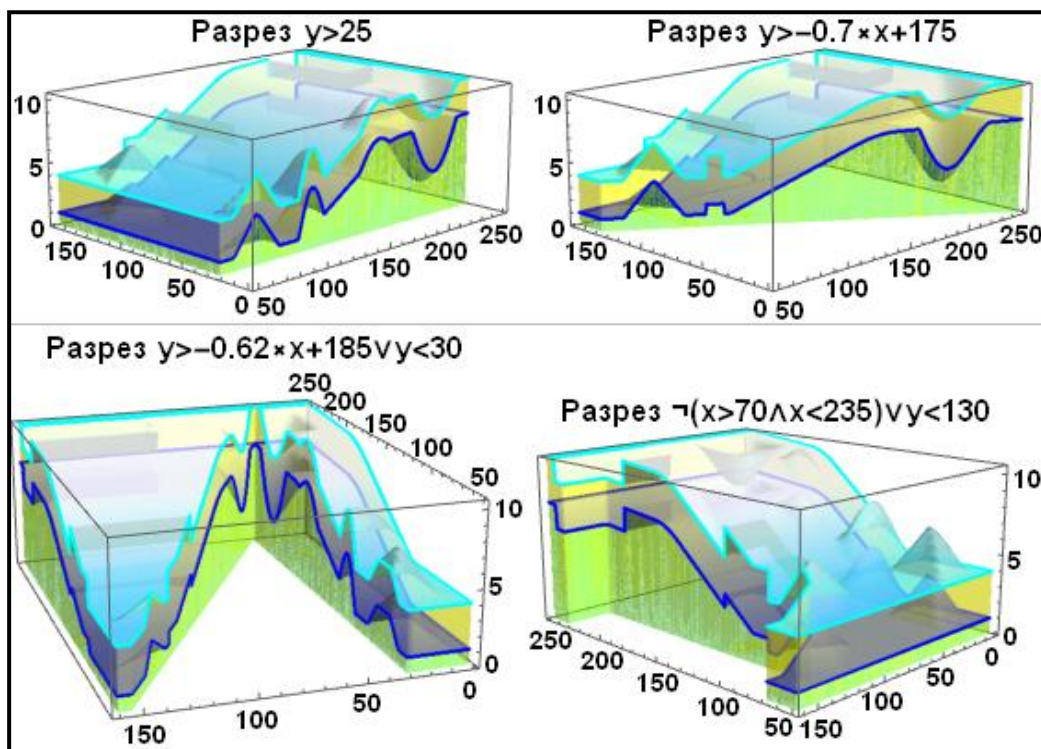


Рис. 5. Примеры вывода простых и сложных профильных разрезов

В число инструментов визуализации моделей входят карты изолиний и зон (плотности).

Инструменты имитации сбора данных и картопостроения. При создании геоэкологических, геологических моделей основными источниками данных являются результаты дистанционного зондирования, сейсморазведки, грави- и магниторазведки. В практических условиях соответствующие прогнозы, подготавливаемые разными экспертами, обычно оказываются неоднозначными, неустойчивыми, так как замеры на трассах наблюдений, сейсмопрофилях обусловлены разного рода погрешностями. С другой стороны, направлением совершенствования технологии дистанционного зондирования является разработка и обоснование метода адресного уплотнения сейсмических профилей, трасс наблюдений, в частности отдельными дополнительными замерами. Составная часть этой технологии – проектирование сети наблюдений с определенной плотностью и относительной равномерностью. В докладе будут проиллюстрированы примерами средства генератора профиля наблюдения комплекса, которые могут использоваться при оценках эффектов оптимизации сети сейсморазведочных профилей, трасс наблюдений. Рассматриваются варианты «ручной» работы (эксперт интерактивно определяет схему), и в автоматическом режиме, когда исполняющий модуль компонента «Адаптация», обрабатывая определенную исходную информацию, предлагает на выбор несколько вариантов схем наблюдений.

Библиографический список

1. Таранчук В.Б. Построение цифровых геолого-экологических моделей в системе ГБД-э. Научное издание: Геоэкология Беларуси. Минск: Право и экономика, 2006. С.72-96.
2. Таранчук В.Б. Интегрированный программный комплекс тестировщика геологических моделей // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2017. №16(265). Т.43. С.148-159.
3. Таранчук В.Б. Графический сервис вычислительного эксперимента: учеб.-метод. пос. Минск.: БГУ, 2009. 124с.
4. Таранчук В.Б. Особенности функционального программирования интерактивных графических приложений // Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия, раздел Математика. 2015. №6(128). С.178-189.
5. Taranchuk V.B., Zhuravkov M.A. Development of interactive teaching materials for computer mechanics // Vestnik BGU. Ser. 1, Fiz. Mat. Inform. 2016. No. 3. P. 97–107 (in Engl.).