

ISSN 2223-2634

**ДОКЛАДЫ  
ИЗРАИЛЬСКОЙ  
НЕЗАВИСИМОЙ АКАДЕМИИ  
РАЗВИТИЯ НАУКИ**

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ  
МЕХАНИКА**

**Том 1, выпуск 1**

**2011**

Доклады Израильской независимой Академии развития науки, Теоретическая и прикладная механика. Том 1, выпуск 1. 2011. Стр. 1 – 106.

Papers of the Israeli Independent Academy for the Development of Science, Theoretical and Applied mechanics. Vol. 1, issue 1. 2011. P. 1 – 106.

ISSN 2222-2824

Рецензентская коллегия:

Д-р Владимир Сокоз (Израиль) – главный редактор

Проф. Александр Бегеров (Украина)

Проф. Альгимантас Бубулис (Литва)

Проф. Носиф Вульфсон (Россия)

Д-р Лиза Фрейдрман (Израиль)

Проф. Висла Рейман (Украина)

Проф. Михаил Слоним (Израиль)

Публикуется по решению Ученого Совета Израильской независимой Академии развития науки (протокол № 1(52) от 14.01.2011 г.)

Publisher: Israeli Independent Academy for Development of Science

E-mail: vnsokol@gmail.com, vnsokol@012.net.il

Address: Vladimir M. Sokol, 127 Ramat Str., Arad 89044, Israel

## CONTENTS

	Page
<b>Dynamics of machines and mechanisms</b> .....	5
Sokol V.M. Identification of inertial characteristics of a rotating rotor in a mode on-line .....	5
Walton L. Development of the theory of regular oscillatory systems with reference to dynamics of multistage drives of cyclic machines .....	12
<b>Vibration and vibrational diagnostics</b> .....	20
Kojanov V.P., Tashuk V.P. Basic requirements for the configuration of rotary machines for decrease in their vibrational activity .....	20
Shajko-Shajkewsky A.G., Klapikovsky A. Enhancement ways of the vibrational stability of the multistage stacked connections .....	27
<b>Balancing the rotary systems</b> .....	30
Sokol V.M. To a question on the spatial auto-balancing .....	30
<b>Mechanics of liquids and gases</b> .....	40
Fudgerman L.M., Men A.N. Theory of the helical flow of pseudo-plastic incompressible-viscous liquids in the general thermodynamic regime .....	40
Danovskiy R., Belbulin A., Kargovskiy V. Slow steady-state flow of viscous fluid near vibrating cylinder .....	58
<b>Mathematical methods and stochastic modelling in the mechanics</b> .....	57
Sharin A.A., Sharin M.A. Iterative-analytical method for determining of parameters of the linear non-oscillating systems of $n$ -th order .....	57
Gurevki L.M., Yurevki L.M. Simulation in Frequency Domain for Vibration Problem of Mechanical Systems with the Finite Number of Degrees of Freedom .....	66
<b>Special problems</b> .....	69
Shiller V.D., Degoroch A.T., Sokol V.M. Nanotechnology and the objective identification of the material resources .....	69
Shajko-Shajkewsky A.G., Orlayak I. Biomechanical aspects of the blocking intramedullary osteosynthesis of the fractures of the femoral bones .....	74
<b>Supplement</b> .....	77
Sharin M.A. Calculations of active and apparent powers of converter circuits and contradictions arisen in their interpretations .....	79
Auzhan Y.V., Degoroch A.T., Voronov S.A. An clustering algorithms as tools for analyzing data from colliders .....	87
Auzhan Y.V., Degoroch A.T., Voronov S.A. Micro-optical detector for determination of the coordinates of the decay of elementary particles in the experiment 2018 ..	92
Index of citation of the papers .....	96
Authors of the journal .....	98
Abstracts (Russian) .....	100
Abstracts .....	100

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ МНОГОКАСКАДНЫХ ЭТАЖЕРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Александр Шайко-Шайковский<sup>1</sup>, Андрей Клепиковский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Черновицкий национальный университет им. Юрия Федьковича, г. Черновцы, Украина, т. (0372-52-87-87), E-mail: shayko@bk.ru

<sup>2</sup> Буковинский государственный медицинский университет, г. Черновцы, Украина, т. (0372-51-56-21), E-mail: a75a@gala.net

**Аннотация:** Предложена методика определения собственных частот колебаний термоэлектрических охладителей (ТЭО) – многокаскадных изделий этажерочного типа путем использования уравнений Лагранжа II-го рода.

**Ключевые слова:** собственные частоты колебаний, резонанс, демпфирование.

В состав электронных устройств и систем с целью охлаждения отдельных радиоэлементов и обеспечения нормальных условий их работы, для уменьшения веса и габаритов аппаратуры вводятся термоэлектрические охладители (ТЭО), работа которых базируется на известном принципе Пельтье. В зависимости от специфики и параметров электронных устройств, их мощности, величины выделяемой тепловой энергии используются ТЭО с различным числом каскадов.

Общий вид, 3-х каскадной конструкции ТЭО представлен на рис. 1.

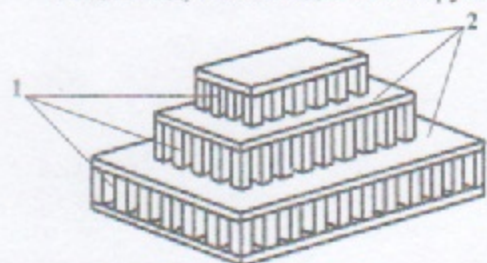


Рис.1. Общий вид 3-х каскадной конструкции:  
1 – термоэлементы; 2 – теплопереходы.

Число термоэлементов в каскадах, исследуемых в работе изделий, составляло:  $n_1 = 12$ ,  $n_2 = 22$ ,  $n_3 = 52$ ,  $n_4 = 128$  (на рис. 1 в качестве примера показан 3-х каскадный охладитель). Длина каждого термоэлемента составляет  $l = 1,4$  мм; размеры поперечного сечения:  $0,7 \times 0,7$  мм. Материал, из которого изготовлены термоэлементы, – теллурид висмута  $Bi_2Te_3$ , модуль упругости I-го рода которого  $E = 6 \cdot 10^5$  кг/см<sup>2</sup>.

Теплопереходы изготовлены из ситалловых пластин толщиной 0,1 мм с нанесенными на них медными токопроводящими коммутационными дорожками. Массы теплопереходов при указанном выше числе термоэлементов составляли:  $m_1 = 10,92896 \cdot 10^{-5}$  кг;  $m_2 = 4,55961 \cdot 10^{-5}$  кг;  $m_3 = 1,95753 \cdot 10^{-5}$  кг;  $m_4 = 1,31891 \cdot 10^{-5}$  кг. Для крепления термоэлементов к токопроводящей дорожке на боковой поверхности теплопереходов применялся припой, толщина которого составляет  $\Delta = 1,0 \cdot 10^{-1}$  мм, модуль упругости I-го рода которого принят  $E_{II} = 1,2 \cdot 10^5$  кг/см<sup>2</sup>.

Такие изделия, несмотря на их малые габариты и массу, позволяют достичь перепада температур до  $20^\circ\text{C}$  на каждом каскаде и существенно охлаждать работающие электронные приборы и изделия. Установка подобных ТЭО на подвижных носителях (наземных, подводных, авиационных, космических) позволяет существенно уменьшить общий вес радиоэлектронной аппаратуры и ее габариты.



Как известно, работа любого носителя характеризуется определенной частотой и амплитудой колебаний, которые являются вынуждающими для установленной на нем аппаратуры. Обеспечение нормальной работы, в частности, ТЭО, их механической целостности сопряжено с недопущением возникновения явления резонанса при воздействии на них определенных спектров частот вынуждающих колебаний.

Поэтому определение собственных частот колебаний изделий еще на этапе их проектирования – важная инженерно-техническая задача. Для этого кроме экспериментальных методов используется математическое моделирование, которое позволяет при использовании моделей разной сложности с требуемой для каждой конкретной задачи точностью определить искомые параметры [1].

Определение собственных частот колебаний ТЭО или этажерочных конструкций осуществлялось с помощью математической модели, базирующейся на использовании дифференциальных уравнений Лагранжа II-го рода [2]:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial x_i} = - \frac{\partial \Pi}{\partial x_i} - \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{x}_i}, \quad (1)$$

где:  $T$  – кинетическая энергия системы;  $\Pi$  – потенциальная энергия системы;  $i$  – обобщенная координата;  $x_i$  – перемещение  $i$ -го каскада,  $i = 1, 2, 3, 4$ ;  $\Phi$  – диссипативная функция,  $t$  – время.

Кинетическая энергия системы:

$$T = \sum_{i=1}^4 T_i. \quad (2)$$

Потенциальная энергия системы:

$$\Pi = \sum_{i=1}^4 \Pi_i. \quad (3)$$

Диссипативная функция пропорциональна скорости перемещения центра масс системы:

$$\Phi = \sum_{i=1}^4 \Phi_i. \quad (4)$$

где  $\Phi_i = \frac{1}{2} \beta_i \dot{x}_i^2$ ,  $\beta_i$  – коэффициент затухания.

В работе рассмотрен конкретный случай исследования 4-х каскадного ТЭО ( $i = 1, 2, 3, 4$ ), который схематически можно изобразить в виде, представленном на рис. 2.

Здесь в качестве  $m_i$  берутся массы соответствующих теплопереходов, а в качестве  $c_i$  – жесткости соответствующих термоэлементов каждого каскада [1].

Слои припоя по торцам термоэлемента имеют значения модуля упругости I-го рода – существенно ниже, чем аналогичный параметр материала самих термоэлементов, т.е. характеризуются меньшей жесткостью.

Известно, что диссипативная функция носит нелинейный характер [4].

Учет этой нелинейности в сложных технических системах сопряжен со значительными, в том числе математическими, трудностями, учет которых во многих случаях может внести определенные уточнения в значения отыскиваемых величин параметров с учетом специфики изделия и условий их эксплуатации.

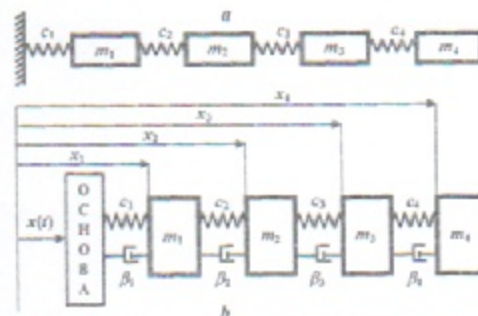


Рис.2. Расчетная схема четырехкаскадного изделия  
а) без учета демпфирования;  
б) с учетом демпфирования



В связи с малыми размерами исследуемых изделий, их габаритами и спецификой использования, в работе принято допущение о том, что на проектом этапе исследования величину диссипативных сил можно не учитывать. (Это допущение проверено расчетным путем на примере 1-го каскадного изделия, значения собственных частот колебаний которого определялись как с учетом диссипативной функции, так и без нее. Расхождения значений полученных результатов не выходило за пределы 5%).

Рассмотрена приближенная математическая модель для 2-х, 3-х и 4-х каскадных ТЭО, для чего была использована специально разработанная программа, что позволило определить значения частот собственных колебаний как для рассмотренных случаев конструктивного выполнения изделий, так и для любой иной численности термоэлементов в каждом каскаде.

При этом проанализировано влияние толщины слоев припоя на величины собственных частот колебаний, которые определены также и для случая отсутствия эмпфирования. Проанализированы случаи различного сочетания числа термоэлементов в каждом каскаде, а также для случая, когда жесткость всех каскадов одинакова. Проведенные исследования позволили установить зависимости изменения значений собственных частот колебаний от наличия демпферов, их параметров, а также – от характеристик жесткости каждого каскада.

Полученные результаты позволяют еще на этапе проектирования и разработки изделий предусмотреть случаи резонанса систем, принять меры по «уводу» собственных значений колебаний изделий в сторону от значений резонансных частот. Это особенно важно при разработке систем, работающих на подвижных носителях, имеющих определенные значения вынужденных колебаний.

Для проверки достоверности полученных расчетным путем результатов проведено также определение собственных частот колебаний рассмотренных выше конструкций ТЭО с помощью независимого подхода – метода электродинамических аналогий (ЭДА).

С этой целью имеющаяся механическая система заменяется соответствующими электрическими аналогиями [3].

Электрическая схема четырехкаскадного термоэлектрического охладителя будет иметь вид, представленный на рис. 3.

Полученные двумя независимыми расчетными методиками результаты для удобства анализа сравнения содержатся в таблицах 1–4.

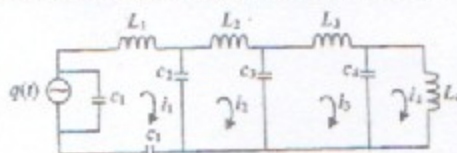


Рис. 3. Электрическая схематизация четырехкаскадного ТЭО

Таблица 1

Значения собственных частот колебаний 3-х каскадного изделия при  $n_1 = 124, n_2 = 54, n_3 = 24$  с учетом демпфирования (Гц)

Количество термоэлементов	124	54	24
Дифференциальные уравнения Лагранжа II-го рода	$2,177 \cdot 10^4$	$4,027 \cdot 10^4$	$5,50 \cdot 10^4$
ЭДА	$2,22 \cdot 10^4$	$4,234 \cdot 10^4$	$5,76 \cdot 10^4$

Таблица 2

Значения собственных частот колебаний 3-х каскадного изделия при  $n_1 = 124, n_2 = 54, n_3 = 24$  без учета демпфирования (Гц)

Количество термоэлементов	124	54	24
Дифференциальные уравнения Лагранжа II-го рода	$2,949 \cdot 10^6$	$5,455 \cdot 10^6$	$7,45 \cdot 10^6$
ЭДА	$3,113 \cdot 10^6$	$5,878 \cdot 10^6$	$7,821 \cdot 10^6$



Данные таблиц 1 и 2 свидетельствует о том, что разброс собственных частот зависит от количества элементов в каскаде и меняется в пределах 1,94% - 4,51% – для изделий с учетом демпфирования и, соответственно, в пределах 5,27% - 5,19% – для изделий без учета демпфирования (при уменьшении количества термозлементов в каскаде в обоих случаях расхождение возрастает).

Таблица 3

Значения собственных частот колебаний для системы с 4-ю степенями свободы с учетом демпфирования (Гц)

Количество термозлементов	124	54	24	12
Дифференциальные уравнения Лагранжа II-го рода	$1,797 \cdot 10^4$	$3,187 \cdot 10^4$	$4,682 \cdot 10^4$	$5,741 \cdot 10^4$
ЭДА	$1,842 \cdot 10^4$	$3,324 \cdot 10^4$	$4,791 \cdot 10^4$	$5,913 \cdot 10^4$

Таблица 4

Значения собственных частот колебаний для системы с 4-ю степенями свободы без учета демпфирования (Гц)

Количество термозлементов*	124	54	24	12
Дифференциальные уравнения Лагранжа II-го рода	$2,434 \cdot 10^6$	$4,318 \cdot 10^6$	$6,344 \cdot 10^6$	$7,774 \cdot 10^6$
ЭДА	$2,033 \cdot 10^6$	$4,93616 \cdot 10^6$	$6,872 \cdot 10^6$	$8,234 \cdot 10^6$

Данные таблиц 3, 4 свидетельствует, что разброс значений собственных частот колебаний, полученный двумя независимыми путями с учетом демпфирования лежит в границах 2,44% - 2,91%, а при условии, что демпфирование не учитывается, эти значения будут 6,49% - 5,58%.

Полученные двумя независимыми путями результаты дали сходимость в 3-8%, что подтверждает качество математических моделей, используемых в работе.

Анализ и сопоставление полученных расчетным путем результатов с помощью двух независимых методик позволяет еще на этапе проектирования оценить величины значений собственных частот колебаний конкретных, используемых на практике изделий ТЭО.

Разработанные программы расчетов на персональных компьютерах позволяют определить собственные частоты колебаний ТЭО различных конфигураций с разным конструктивным выполнением, оценить целесообразность применения различных вариантов конструктивного выполнения проектируемых изделий, определить наиболее приемлемый вариант конструкции ТЭО для каждого типа носителя аппаратуры.

#### Библиография:

- [1]. Клепиковский А.В., Тимофеева Е.Н., Шайко-Шайковский А.Г. Математическая модель оценки факторов, влияющих на значения собственных частот колебаний систем с несколькими степенями свободы // Труды междунар. симп. «Надежность и качество 2009», (Пенза, 25-30 мая 2009 г.). – Т. 1. – С. 300-302.
- [2]. Вибрации в технике. Справочник. Т. 3. Колебания машин, конструкций и их элементов / [под ред. Ф.М. Диментберга, К.С. Колесникова]. – М.: Машиностроение, 1980. – 544 с.
- [3]. Методы определения характеристик демпфирования колебаний упругих систем / Писаренко Г.С., Матвеев В.В., Яковлев А.Н. – К.: Наукова думка, 1976. – 86 с.
- [4]. Вибрации в технике. Справочник в 6 т. Т. 6. Защита от вибрации и ударов / [под ред. К.В. Фролова]. – М.: Машиностроение, 1981. – 456 с.



## АВТОРЫ

журнала «Доклады Израильской независимой Академии развития науки, Теоретическая и прикладная механика», Том 1, выпуск 1

**АУШЕВ Егор Владимирович**, аспирант кафедры прикладной физики Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт».

**БАНСЯВИЧЮС Рамутис**, Dr. Habil., профессор Каунасского технологического университета (Литва), академик Академии наук Литвы

**БОГОРОШ Александр Терентьевич**, д. т. н., профессор Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт», член-корреспондент АН СССР (1991), академик Международной Академии технологической кибернетики (1995), академик Израильской независимой Академии развития науки (2008).

**БУБУЛИС Альгимантас**, Dr. Habil., профессор Каунасского технологического университета (Литва), академик Израильской независимой Академии развития науки (2009).

**ВОРОНОВ Сергей Александрович**, д. т. н., профессор, зав. кафедрой прикладной физики Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт».

**ВУЛЬФСОН Иосиф Исаакович**, д. т. н., профессор Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна, Заслуженный деятель науки Российской Федерации.

**КАРГАУДАС Витаутас**, Dr., профессор Каунасского технологического университета (Литва).

**КЛЕПИКОВСКИЙ Андрей**, ассистент кафедры биофизики и медицинской информатики Буковинского государственного медицинского университета.

**МЕНЬ Арон Наумович** (1922 – 2009), д. т. н., профессор, президент Израильской независимой Академии развития науки (с момента ее образования в 2003 г.), кавалер командорского знака № 018 Капитула Международного Ордена науки.

**ОЛЕКСЮК Иван Степанович**, к. м. н. доцент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии Буковинского государственного медицинского университета.

**ОСОВСКИЙ Леонид**, д. т. н., профессор.

**ПРЕЙГЕРМАН Лев Моисеевич**, Ph. D., вице-президент Израильской независимой Академии развития науки (с момента ее образования в 2003 г.).



## АННОТАЦИИ

Сокол В.М. Идентификация инерционных характеристик вращающегося ротора в режиме on-line // Доклады Израильской независимой Академии развития науки. Теоретическая и прикладная механика. – 2011. – Том 1. – Вып. 1. – С. 5–11.

Исследован метод непрерывной идентификации приведенного момента инерции, тензора инерции, механической характеристики  $M(\omega)$  и момента сопротивления  $M_c$  вращающегося ротора в процессе его эксплуатации в течение полного рабочего цикла.

Вульфсон И.И. Развитие теории регулярных колебательных систем применительно к динамике многосекционных приводов цикловых машин // Доклады Израильской независимой Академии развития науки. Теоретическая и прикладная механика. – 2011. – Том 1. – Вып. 1. – С. 12–20.

Исследуются особенности регулярных колебательных систем цикловых машин, образованных последовательным соединением повторяющихся блоков сложной динамической структуры. Применительно к подобным системам, обладающим периодической пространственной структурой, развивается теория цепочек при учете нестационарности связей и нелинейных факторов. Предложены методы снижения виброактивности и устранения пространственной локализации колебаний, нарушающей синфазное движение исполнительных органов. Приведены результаты компьютерного моделирования.

Ройзман В.П., Ткачук В.П. Основные требования к компоновке роторных машин для снижения их виброактивности // Доклады Израильской независимой Академии развития науки. Теоретическая и прикладная механика. – 2011. – Том 1. – Вып. 1. – С. 21–26.

На примере стиральных машин в рамках линейной теории колебаний исследована динамика роторных машин и сформулированы основные требования к их компоновке для снижения виброактивности.

Шайко-Шайковский А.Г., Клепиковский А. Пути повышения виброустойчивости многокаскадных этажерочных конструкций // Доклады Израильской независимой Академии развития науки. Теоретическая и прикладная механика. – 2011. – Том 1. – Вып. 1. – С. 27–30.

Предложена методика определения собственных частот колебаний термоэлектрических охладителей (ТЭО) – многокаскадных изделий этажерочного типа путем использования уравнений Лагранжа II-го рода.

Сокол В.М. К вопросу о пространственной автобалансировке // Доклады Израильской независимой Академии развития науки. Теоретическая и прикладная механика. – 2011. – Том 1. – Вып. 1. – С. 31–44.

Исследована динамика массивного шарика внутри вращающейся поллой сферы как возможного механизма пространственной автобалансировки. Показана возможность применения такого механизма в промышленных центрифугах.

Прейгерман Л.М., Мень А.Н. Теория винтового течения псевдопластических аномально-вязких жидкостей в общем термодинамическом режиме // Доклады Израильской независимой Академии развития науки. Теоретическая и прикладная механика. – 2011. – Том 1. – Вып. 1. – С. 45–49.

На основе разработанной методики физического моделирования реальных процессов винтового течения расплавов псевдопластических жидкостей ставится задача разработки теории, позволяющей исследовать динамику аномально-вязких жидкостей в общем термодинамическом режиме.



## ABSTRACTS

Sokol V.M. Identification of inertial characteristics of a rotating rotor in a mode on-line. // Papers of the Israeli independent Academy for development of science. Theoretical and applied mechanics. – 2011. – Volume 1. – Issue. 1. – P. 5–11.

The method of continuous identification of the reduced inertia moment, of the inertia tensor, of the mechanical characteristic  $M(\omega)$  and the resistance moment  $M_C$  of a rotating rotor in process of its operation during a full working cycle is investigated.

Wulfson I.I. Development of the regular vibratory systems theory as applied to the dynamics of cyclic machines with multisection drives. // Papers of the Israeli independent Academy for development of science. Theoretical and applied mechanics. – 2011. – Volume 1. – Issue. 1. – P. 12–20.

In this paper the technique of investigation and dynamic analyze of multisection cyclic machines which form branched and lattice structured vibrating systems with nonlinearities and variable parameters are developed. The conditions of spatial localization wherein the synchronism of actuator's movement is broken and grows the vibroactivity of the drive are established. Analytical criteria of dynamic synthesis and ways of elimination of undesirable dynamic effects are offered.

Royzman V.P., Tkachuk V.P. Basic requirements for the configuration of rotary machines for decrease in their vibrational activity. // Papers of the Israeli independent Academy for development of science. Theoretical and applied mechanics. – 2011. – Volume 1. – Issue. 1. – P. 21–26.

Dynamics of rotary machines is investigated at the example of washing machines within the framework of the linear theory of vibrations and the basic requirements to their configuration for decrease of vibrational activity are formulated.

Shajko-Shajkovsky A.G., Klepikovsky A. Enhancement ways of the vibrational stability of the multicascade stacked constructions. // Papers of the Israeli independent Academy for development of science. Theoretical and applied mechanics. – 2011. – Volume 1. – Issue. 1. – P. 27–30.

It was proposed a method of definition of natural frequencies of the multicascade products through the use of Lagrange equation of second kind and the method of electrodynamic analogies.

Sokol V.M. To a question on the spatial autobalancing. // Papers of the Israeli independent Academy for development of science. Theoretical and applied mechanics. – 2011. – Volume 1. – Issue. 1. – P. 31–44.

Dynamics of a massive small ball inside of the rotating hollow sphere is investigated like possible mechanism of spatial autobalancing. The opportunity of application of such mechanism in industrial centrifuges is shown.

Prejgerman L.M., Men A.N. Theory of the helical flow of pseudo-plastic anomalous-viscous liquids in the general thermodynamic regime. // Papers of the Israeli independent Academy for development of science. Theoretical and applied mechanics. – 2011. – Volume 1. – Issue. 1. – P. 45–49.

On the basis of the developed technique of physical modelling of real processes of the helical flow of the melts of pseudo-plastic liquids the problem of the theory development which allows investigating dynamics of abnormal-viscous liquids in the general thermodynamic mode is put.

shayko@bk.ru

страницы? www.bco.ru

ить - Ещё

0)

ить - Ещё

ть?

общество пользователей

КОНТЕНТ