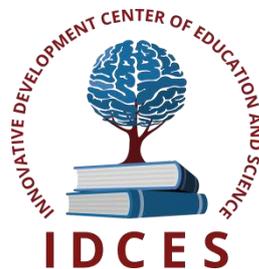


ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



**Актуальные проблемы естественных и математических
наук в России и за рубежом**

Выпуск V

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 февраля 2018 г.)**

г. Новосибирск

2018 г.

**Издатель Инновационный центр развития образования и науки
(ИЦРОН), г. Нижний Новгород**

Актуальные проблемы естественных и математических наук в России и за рубежом. / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 5. г. Новосибирск. – НН: ИЦРОН, 2018. - 35 с.

Редакционная коллегия:

кандидат биологических наук Благодатнова Анастасия Геннадьевна (г. Новосибирск), кандидат биологических наук Войтка Дмитрий Владимирович (аг. Прилуки), кандидат физико-математических наук, доцент Казьмин Игорь Александрович (г. Ростов-на-Дону), кандидат физико-математических наук, доцент Кайракбаев Аят Крымович (г. Актобе), доктор физико-математических наук, профессор Каленский Александр Васильевич, кандидат биологических наук, доцент Корж Александр Павлович (г. Запорожье), кандидат физико-математических наук Лапушкин Георгий Иванович (г. Долгопрудный), доктор биологических наук Ларионов Максим Викторович (г. Балашов), доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН Лебедев Владимир Ильич (г. Кызыл), доктор биологических наук, профессор Лесовская Марина Игоревна (г. Красноярск), кандидат физико-математических наук, доцент Ловягин Юрий Никитич (г. Санкт-Петербург), кандидат физико-математических наук, член-корреспондент Американского института Аэронавтики и Астронавтики (AIAA) Лукин Александр Николаевич (г. Туапсе), кандидат биологических наук Малыгина Наталья Владимировна (г. Екатеринбург), кандидат физико-математических наук Матвеева Юлия Васильевна (г. Саратов), кандидат биологических наук Мошкина Светлана Владимировна (г. Орел), доктор химических наук, профессор Назарбекова Сауле Полатовна (г. Шымкент), доктор биологических наук, профессор Нурбаев Серик Долдашевич (г. Алматы), доктор биологических наук, профессор Околелова Алла Ароновна (г. Волгоград), кандидат физико-математических наук, доцент Седова Наталия Викторовна (г. Тамбов), кандидат биологических наук, профессор РАН Соловьева Анна Геннадьевна (г. Нижний Новгород), кандидат химических наук Туманов Владимир Евгеньевич (г. Черноголовка), кандидат физико-математических наук, доцент Чочиев Тимофей Захарович (г. Владикавказ), кандидат химических наук, профессор Шпейзер Григорий Моисеевич (г. Иркутск).

В сборнике научных трудов по итогам V Международной научно-практической конференции «**Актуальные проблемы естественных и математических наук в России и за рубежом**», г. Новосибирск, представлены научные статьи, тезисы, сообщения аспирантов, соискателей ученых степеней, научных сотрудников, докторантов, преподавателей ВУЗов, студентов, практикующих специалистов в области естественных и математических наук Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Статьи, принятые к публикации, размещаются в полнотекстовом формате на сайте eLIBRARY.RU.

Оглавление

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.00.00)	9
МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.00)	9
СЕКЦИЯ №1. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.01)	9
СЕКЦИЯ №2. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.02)	9
ОСОБЕННОСТИ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ПОВЕДЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ Мурашко А.Ю., Зубов А.В., Орлов В.Б., Петрова В.А., Бондаренко Л.А., Пупышева Г.И., Ужegov Н.С., Коляда Л.Г., Зубова О.А., Никитин А.В.	9
СЕКЦИЯ №3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.03)	17
СЕКЦИЯ №4. ГЕОМЕТРИЯ И ТОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.04)	17
СЕКЦИЯ №5. ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.05)	17
СЕКЦИЯ №6. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.06)	17
СЕКЦИЯ №7. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.07)	17
СЕКЦИЯ №8. ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.09)	17
МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.00)	18
СЕКЦИЯ №9. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.01)	18
СЕКЦИЯ №10. МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.04)	18
СЕКЦИЯ №11. МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.05)	18
СЕКЦИЯ №12. ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.06)	18
СЕКЦИЯ №13. БИОМЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.08)	18
АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.00)	18

СЕКЦИЯ №14.	
АСТРОМЕТРИЯ И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.01).....	18
СЕКЦИЯ №15.	
АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.02).....	18
СЕКЦИЯ №16.	
ФИЗИКА СОЛНЦА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.03).....	18
СЕКЦИЯ №17.	
ПЛАНЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.04).....	18
ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.00)	18
СЕКЦИЯ №18.	
ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.01).....	18
СЕКЦИЯ №19.	
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.02).....	18
СЕКЦИЯ №20.	
РАДИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.03).....	19
СЕКЦИЯ №21.	
ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.04)	19
СЕКЦИЯ №22.	
ОПТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.05).....	19
СЕКЦИЯ №23.	
АКУСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.06).....	19
СЕКЦИЯ №24.	
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.07).....	19
ПРИМЕНЕНИЕ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ	
Гайдаров М.Р., Серокващенко Ю.С., Капшуков Е.Ю.	19
СЕКЦИЯ №25.	
ФИЗИКА ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.08)	23
СЕКЦИЯ №26.	
ФИЗИКА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.09).....	23
СЕКЦИЯ №27.	
ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.10).....	23
СЕКЦИЯ №28.	
ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.11).....	23
СЕКЦИЯ №29.	
ЭЛЕКТРОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.13).....	23
СЕКЦИЯ №30.	
ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.14).....	23
СЕКЦИЯ №31.	
ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НАНОСТРУКТУР,	
АТОМНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.15)	23

СЕКЦИЯ №32. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.16)	23
СЕКЦИЯ №33. ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГОРЕНИЕ И ВЗРЫВ, ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.17)	23
СЕКЦИЯ №34. КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, ФИЗИКА КРИСТАЛЛОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.18)	23
СЕКЦИЯ №35. ФИЗИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.20)	23
СЕКЦИЯ №36. ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.21)	23
СЕКЦИЯ №37. ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.23)	23
ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.00)	24
СЕКЦИЯ №38. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.01)	24
СЕКЦИЯ №39. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.02)	24
СЕКЦИЯ №40. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.03)	24
СЕКЦИЯ №41. ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.04)	24
СЕКЦИЯ №42. ЭЛЕКТРОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.05)	24
СЕКЦИЯ №43. ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.06)	24
ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛИХЛОРОПРЕНА Комова Н.Н., Липенский В.М., Пасечник С.В.	24
СЕКЦИЯ №44. ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.08)	27
СЕКЦИЯ №45. ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.09)	27
СЕКЦИЯ №46. БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.10)	27
СЕКЦИЯ №47. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.11)	27
СЕКЦИЯ №48. БИОНЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.12)	27

СЕКЦИЯ №49.	
НЕФТЕХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.13)	27
СЕКЦИЯ №50.	
РАДИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.14)	27
СЕКЦИЯ №51.	
КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.15)	27
СЕКЦИЯ №52.	
МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.16)	27
СЕКЦИЯ №53.	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.17)	27
СЕКЦИЯ №54.	
ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.21)	27
БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.00.00)	27
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.00)	27
СЕКЦИЯ №55.	
РАДИОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.01)	27
СЕКЦИЯ №56.	
БИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.02)	27
СЕКЦИЯ №57.	
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.03)	28
СЕКЦИЯ №58.	
БИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.04)	28
СЕКЦИЯ №59.	
ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.05)	28
СЕКЦИЯ №60.	
БИОТЕХНОЛОГИЯ (В ТОМ ЧИСЛЕ БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.06)	28
ВЫДЕЛЕНИЕ БЕТА-ГЛЮКАНА ИЗ КЛЕТОЧНЫХ СТЕНОК ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ	
Манукян Г.А., Красноштанова А.А.....	28
СЕКЦИЯ №61.	
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.07)	30
СЕКЦИЯ №62.	
БИОИНЖЕНЕРИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.08)	30
СЕКЦИЯ №63.	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ, БИОИНФОРМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.09)	30
ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.00)	30
СЕКЦИЯ №65.	
ВИРУСОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.02)	30
СЕКЦИЯ №66.	
МИКРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.03)	30

СЕКЦИЯ №67. ЗООЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.04)	30
СЕКЦИЯ №68. ЭНТОМОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.05)	30
СЕКЦИЯ №69. ИХТИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.06)	30
СЕКЦИЯ №70. ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.07)	30
СЕКЦИЯ №71. ЭКОЛОГИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.08)	30
СЕКЦИЯ №72. БИОГЕОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.09)	31
СЕКЦИЯ №73. ГИДРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.10)	31
СЕКЦИЯ №74. ПАРАЗИТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.11)	31
СЕКЦИЯ №75. МИКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.12)	31
СЕКЦИЯ №76. ПОЧВОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.13)	31
СЕКЦИЯ №77. БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.14)	31
ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.00)	31
СЕКЦИЯ №78. ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.01)	31
СЕКЦИЯ №79. АНТРОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.02)	31
СЕКЦИЯ №80. ИММУНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.03)	31
СЕКЦИЯ №81. КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ, ЦИТОЛОГИЯ, ГИСТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.04)	31
СЕКЦИЯ №82. БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ, ЭМБРИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.05)	31
СЕКЦИЯ №83. НЕЙРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.06)	31
ГЕОГРАФИЯ	31
СЕКЦИЯ №84. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.23)	31
СЕКЦИЯ №85. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.24)	32

СЕКЦИЯ №86. ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.25)	32
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	32
СЕКЦИЯ №87. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ	32
ГЕОЛОГИЯ	32
СЕКЦИЯ №88. РАЗВИТИЕ ГЕОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ	32
ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2018 ГОД	33

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.00.00)

МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.00)

СЕКЦИЯ №1.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.01)

СЕКЦИЯ №2.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.02)

ОСОБЕННОСТИ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ПОВЕДЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Мурашко А.Ю., Zubov A.B., Орлов В.Б., Петрова В.А., Бондаренко Л.А.,
Пупышева Г.И., Ужegov Н.С., Коляда Л.Г., Zubova O.A., Никитин А.В.

Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург

Аннотация:

Проблема исследования колебаний, возникающих в механических системах, не только весьма актуальна, но и жизненно необходима, особенно если механическая система попадает в экстремальные условия эксплуатации. Для исследования одной механической системы применяется способ построения методов расчета и компьютерных вычислений, учитывающих возможные изменения свойств решений этой системы при равносильных (эквивалентных) преобразованиях. **Объектом исследования**, в общем, при таком подходе являются идеальные знаковые модели динамических систем, представленные в виде математических выражений (систем уравнений), связывающих физические величины, количественно описывающие состояние этих систем. **Основой методики** исследования является рассмотрение моделей реальных динамических систем в различных формах записи уравнений их описывающих и определение параметров, малые изменения которых могут привести к изменению качества поведения динамической системы. **Основной целью статьи** является выявление параметров рассматриваемой динамической системы, малые изменения которых приводят к потере устойчивости, забросу или перерегулированию этой систем в процессе ее функционирования. Выводы, к которым приводит настоящее исследование, еще раз подтверждают на конкретном примере необходимость рассмотрения видов моделей динамических систем еще на этапе их математического моделирования.

Ключевые слова:

Модель, инженерные расчеты, компьютерные вычисления, устойчивость, управление, стабилизация, некорректные системы (ill-posed systems).

Введение:

Рассмотрение идеальных знаковых моделей динамических систем, в частности математических, без их всестороннего анализа и идеализации математики самой как универсального средства познания, может приводить к нештатному функционированию этих динамических систем, что проявляется на практике в виде аварий и техногенных катастроф [1], [51],[52]. Причиной большинства таких вначале не объяснимых случаев списывают на человеческий фактор. Такую причину, по нашему мнению, можно будет впоследствии почти полностью исключить, если математические модели конструируемых динамических систем будут рассматриваться совместно со своими модификациями, полученными методом равносильных (эквивалентных) преобразований [50]. Таким образом, может быть в будущем, еще на этапе математического моделирования динамических систем, удастся предотвращать причину большинства таких случаев. Дело в том, что в некоторых особых случаях эти равносильные (эквивалентные) преобразования математических моделей динамических систем могут изменять важные свойства этих решений. Такими свойствами, без сомнения, являются непрерывная зависимость решений от параметров, сохранение

устойчивости решений при малых изменениях параметров и т.д. При этом сами решения уравнений исходных математических моделей динамических систем не изменяются как таковые. В технической литературе известны такие математические модели динамических систем, решения которых изменяются на конечные и, даже, на большие величины при сколь угодно малых вариациях параметров, неизбежных на практике.

Определение: Некорректными системами (ill-posed systems) будем называть те, решения уравнений математических моделей которых изменяются на конечные величины при сколь угодно малых вариациях коэффициентов и параметров этих математических моделей [1].

Методы:

Методика проектирования и расчета технических систем до конца XX века считалась хорошо разработанной и надёжной, но в два последних десятилетия начали происходить вначале не объяснимые техногенные аварии и катастрофы, которые, как мы уже сказали, впоследствии определялись как человеческий фактор. Объяснением того факта, что классические методы проектирования и расчета технических систем начали давать ошибочные результаты может быть хотя бы то, что технические системы в последнее время начали эксплуатироваться в запредельных режимах и запас устойчивости, заложенный в них тем самым был исчерпан. Кроме того, остается открытым вопрос об адекватности применяемых моделей для описания проектируемых динамических систем, когда использование расширенного диапазона переменных может приводить линейные или линеаризованные системы уравнений к существенно нелинейным. Даже при использовании существующих математических моделей динамических систем расследование причин аварий и катастроф требует тщательного исследования всех этапов создания и эксплуатации технической системы, включая ее проектирование.

1. Параллельное исследование системы при равносильных (эквивалентных) преобразованиях.

В статьях [1], [5], [7], [51], [52] указывается на опасность использования "некорректной системы" проектируемого технического управляемого объекта или этого объекта с "некорректным равносильным преобразованием". Следует отметить, что указанные "некорректные системы" и "некорректные равносильные преобразования" встречаются много реже обычных и поэтому на них долго не обращали внимания ввиду того, что режимы функционирования таких систем на практике пока не давал такого количества аварий и катастроф. Не смотря на это, в отдельных публикациях авторы обращали внимание на такие системы и возможные негативные последствия [2], [3], [4]. Не хотелось бы встречать публикации в средствах массовой информации о новых авариях и катастрофах, если мы сможем уже сейчас, при проектировании системы, распознать будущую возможную проблему и предотвратить их. Для этого необходимо использовать усовершенствованные (актуальные на сегодняшний день) методы расчета, учитывающие возможные изменения свойств решений при равносильных (эквивалентных) преобразованиях. В [4] проблема исследования корректных, некорректных и промежуточных систем рассматривается наиболее полно с точки зрения возникновения этих проблем при решении математических задач систем линейных алгебраических уравнений, систем обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений в частных производных и интегральных уравнений.

2. Дополнительное исследование системы в нормальной форме Коши.

Дополнительное исследование некорректной системы, связанная с необходимостью учитывать возможные ошибки в расчетах, будем проводить с помощью теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Из теории обыкновенных дифференциальных уравнений известно, что существуют системы уравнений, решения которых зависят от параметров непрерывно, и поэтому малым изменениям параметров соответствуют малые изменения решений. Однако существуют и другие системы, в которых этой непрерывной зависимости нет. Использование в расчетах при проектировании реальных технических объектов таких систем ведет к ошибкам расчета и, как следствие, - возможно к авариям. Для отличия таких систем друг от друга повсеместно используется известная теорема о непрерывной зависимости решений дифференциального уравнения от параметров, которая лежит в основе практических приложений. Согласно теории обыкновенных дифференциальных уравнений, по этой теореме для сохранения непрерывности необходимо и достаточно, чтобы правые части были ограничены и удовлетворяли условиям Липшица. К сожалению, в общем случае эта теорема не верна. Способ избежать такой методической ошибки при проектировании конкретной технической системы покажем на примере.

Результаты исследования:

Для иллюстрации примера нарушения теоремы о непрерывной зависимости решений дифференциального уравнения от параметров рассмотрим следующую систему

$$\begin{cases} [mD^3 + (2+2m)D^2 + (4+m)D + 2]x_1 = (D+1)^2 x_2 \\ (D^2 + 4D + 5)x_1 = (D+1)x_2 \end{cases} \quad (1)$$

где $D = \frac{d}{dt}$, m – параметр.

Построим для этой системы характеристический полином:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \begin{vmatrix} m\lambda^3 + \lambda^2(2+2m) + \lambda(4+m) + 2 & -\lambda^2 - 2\lambda - 1 \\ \lambda^2 + 4\lambda + 5 & -\lambda - 1 \end{vmatrix} = \\ &= -m\lambda^4 + \lambda^4 - 3m\lambda^3 + 4\lambda^3 - 3m\lambda^2 + 8\lambda^2 - m\lambda + 8\lambda + 3 = \\ &= -(\lambda + 1)^2((m-1)\lambda^2 + (m-2)\lambda - 3) \end{aligned}$$

при $m=1$ корни характеристического полинома $\lambda_1 = \lambda_2 = -1$, $\lambda_3 = -3$.

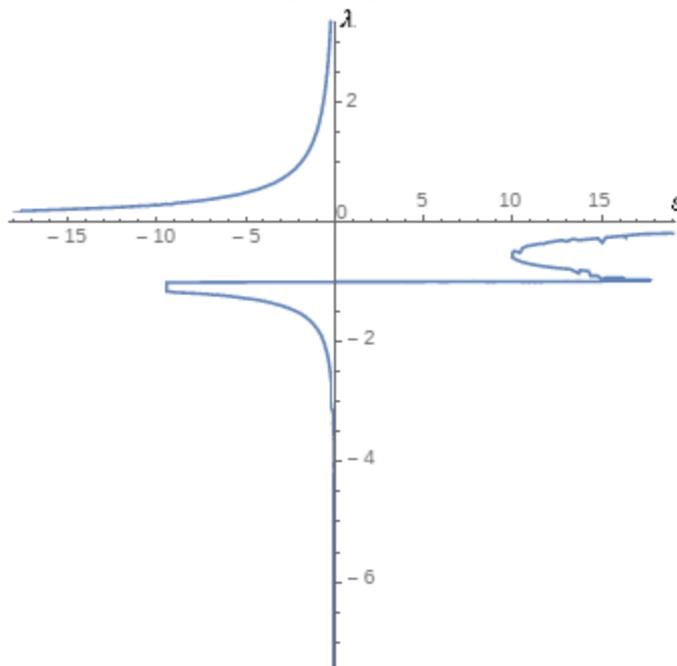


Рисунок 1. График функции характеристического полинома

На Рисунке 1 представлен график функции характеристического полинома системы (1) при $m = 1 - \varepsilon$.

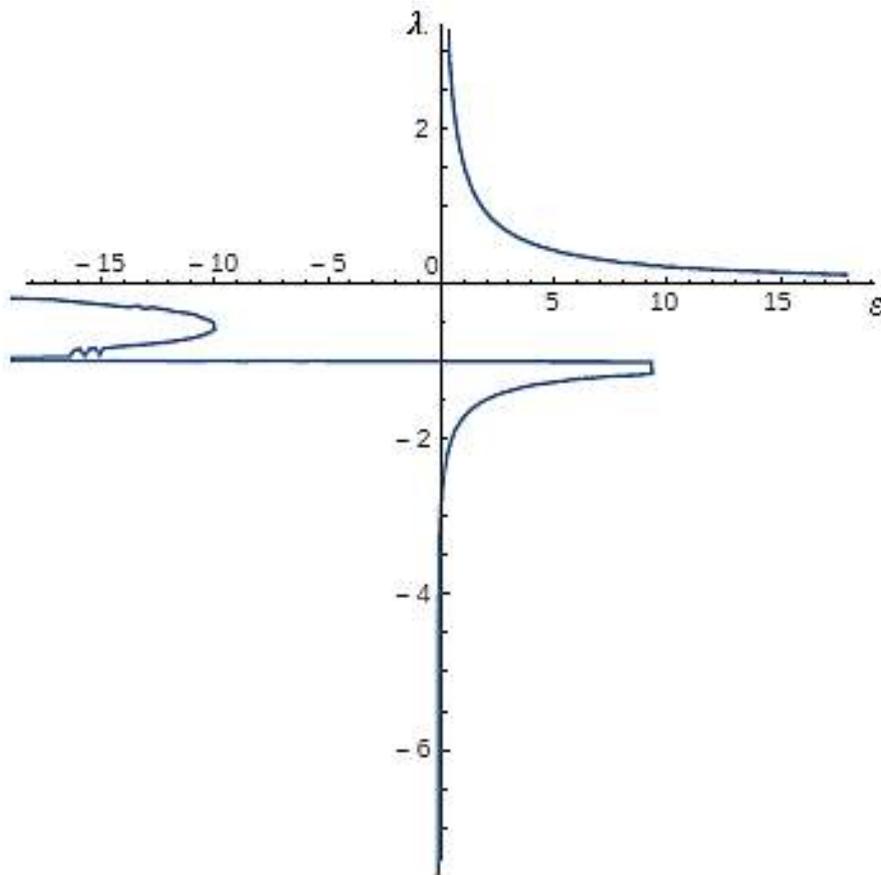


Рисунок 2. График функции характеристического полинома

На Рисунке 2 представлен график функции характеристического полинома системы (1) при $m = 1 + \varepsilon$.

Система уравнений (1) при $m = 1$ не имеет непрерывной зависимости решений от m . Приведенный пример неоднократно обсуждался на различных научных конференциях и никем не был оспорен [4].

Рассмотрим теперь новую систему, полученную с помощью введения новых переменных, из системы уравнений (1) равносильными преобразованиями, которую можем представить в нормальной форме

$$\begin{cases} mx_1 = -2x_1 + x_2 + x_3 \\ 0 = x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 \\ x_3 = x_4 \\ x_4 = -x_3 - 2x_4 \end{cases}$$

(2)

(второе алгебраическое уравнение получилось из дифференциального).

Системы уравнений (2) и (1) при $m=1$ имеют одинаковые решения:

$$x_1 = C_1 e^{-3t} + (C_2 t + C_3) e^{-t} \quad (3)$$

Но эти решения (3) системы уравнений (2), в отличие от решений системы (1), уже зависят от m непрерывно.

Обсуждение результатов:

Причина методической ошибки состоит в том, что доказательство теоремы о непрерывной зависимости решений дифференциального уравнения от параметров проводится для систем уравнений, записанных в нормальной форме Коши. В этом случае теорема бесспорно справедлива. Далее большинство исследователей ввиду того, что практически любую систему дифференциальных уравнений можно равносильными (эквивалентными) преобразованиями привести к той или иной нормальной форме Коши, делает ошибочный вывод, что теорема о непрерывной зависимости решений дифференциального уравнения от параметров справедлива и для всех систем, в том числе и записанных не в нормальной форме. Дело в том, что само такое равносильное (эквивалентное) преобразование системы дифференциальных уравнений в

нормальную форму может изменять такое свойство системы, как непрерывная зависимость решений от параметров и коэффициентов.

Что же будет происходить с реальным техническим объектом, математическими моделями которого могут служить равносильные системы (1) и (2) с одинаковыми решениями? Этот вопрос детально рассмотрен в [52]. На практике же все, как правило, зависит от того, какая система (1) или (2) более точно отражает особенности конкретного объекта. Если объект, как в нашем случае, имеет три простых обратных связи, то его поведение лучше описывает система (2). Если же объект имеет одну сложную обратную связь (включающую производные переменных x_1 и x_2), то его поведение при малых отклонениях параметров от расчетных значений описывается системой (1). Если в идеальном случае параметры технического объекта точно равны своим расчетным значениям, то обе системы уравнений и (1) и (2) описывают систему одинаково, поскольку они равносильны. Переход к исследованию математической модели объекта в нормальной форме, дает исследователю необоснованную уверенность, в том, что объект устойчив. Следуя методической ошибке, указанной выше, такой исследователь будет уверен, что объект будет и в дальнейшем в процессе эксплуатации сохранять устойчивость, даже при неизбежных малых отклонениях параметров объекта от расчетных значений. Покажем, что поведение технического объекта на практике будет гораздо сложнее, чем мы можем описать при помощи первоначальной модели. Если реальное значение указанного параметра m не будет сохранять точное значение, равное единице ($m=1$), а будет равно $m = 1 - \epsilon$, где ϵ – некоторая малая положительная величина ($\epsilon > 0$), то объект будет сохранять устойчивость и, поэтому, работать исправно, и использован потребителем. Поскольку ϵ – малая величина, и ее малые вариации при эксплуатации неизбежны. Поэтому значение ϵ может измениться от $\epsilon > 0$ к $\epsilon < 0$ и тогда объект потеряет устойчивость, что может стать причиной неправильной его эксплуатации, или аварии, или даже катастрофы.

При построении реальных технических систем, использующих при расчетах устойчивости функций Ляпунова, может приводить к ошибкам, аналогичным вышеизложенным. Только применение указанного выше метода при решении задачи устойчивости динамических систем будет указывать на то, есть или нет у рассматриваемой системы возможные неустойчивые режимы, потому что существование у исследуемой системы дифференциальных уравнений функции Ляпунова ещё не гарантирует реальной устойчивости. В общем случае для исследуемой системы необходимы дополнительные проверки. В следующих публикациях о решениях задач устойчивости для динамических систем [17], [18], [33], [34], [38], [45], [47], [48], [50], [53] приводятся примеры реальных технических систем. Для этих технических систем так же необходимо проведение указанных дополнительных проверок. Иначе, без этих проверок можно прийти к ошибочному заключению о сохранении устойчивости системы при малых изменениях параметров.

При решении задачи стабилизации динамических систем применение указанного выше метода также будет иметь особенность. Она заключается в том, что решение задач стабилизации динамических систем и их практическая реализация должна быть откорректирована. Рассмотренная в публикациях [21], [22], [23] [24], [31], [39], [42], [53] практическая реализация стабилизации динамических систем должна рассматриваться совместно с аналогичными задачами относительно равносильных (эквивалентных) систем к рассмотренным. Постановка задачи стабилизации программного движения или кинематической траектории динамической системы имеет более общий характер, а, следовательно, и более общее применение, чем устойчивость по Ляпунову. Не смотря на это, вышеуказанные факторы будут иметь влияние на время переходных процессов и периоды возникающих колебаний. Необходимость дополнительных проверок по методике, изложенной выше, становится очевидной, если мы используем их в первую очередь для уточнения областей возможной стабилизации реальных динамических систем и повышения их точности, что впоследствии также сможет предотвратить аварии или катастрофы. В [53] приводятся общие подходы к решению проблем устойчивости и стабилизации динамических систем.

При определении колебательных и волновых процессов в динамических системах применение вышеуказанного метода будет опираться на факт возникновения таких процессов, как в самих динамических системах, так и в их системах управления. Колебательные и волновые процессы могут возникать и в системах, описывающих медицинские и биологические объекты. В медицинских и биологических объектах обычно описывается колебание около некоторого среднего – возможно недостижимой точки равновесия для биологической системы или нормы для медицинского объекта, или той или иной формы патологии для него. Во всех этих случаях возможно так же использование устойчивости по Ляпунову для систем в нормальной форме, и так же, как говорилось выше, получение указанной выше методической ошибки. При рассмотрении динамических систем согласно моделям, описанных в публикациях [9], [11], [13], [19], [28],

[37], [41], [43] так же необходимо рассматривать дополнительные системы дифференциальных уравнений, согласно методике, изложенной выше. Иначе колебательные (волновые) процессы в этих системах могут существовать физически (или аналитически), а устойчивости по Ляпунову не будет.

Применение указанного выше метода при решении задачи оптимизации динамических систем будет приводить к рассмотрению математических моделей в виде систем линейных алгебраических уравнений в силу того, что рассматриваются задачи оптимизации, имеющих описание состояния в дискретные моменты времени. Аналогично рассмотрению задачи нахождения псевдообратной матрицы, где варьируется один параметр, необходимо использовать алгоритмы, позволяющие рассчитывать влияние одного или одновременно многих вариаций параметров исследуемого объекта. В публикациях [8], [20], [25], [30], [35], [36], [44], [46], [49] приведены математические модели конкретных динамических систем, аналогичные исследования эквивалентных систем следует сделать и для них.

При решении задач определения разных видов меры динамических систем применение указанного выше метода будет определяться тем, что нам будет необходимо использовать различные виды измерений и, впоследствии, может быть, применения разных видов меры. Это определяется тем, что некоторые параметры системы напрямую неизмеримы или нам пока еще неизвестно какие измерения могут понадобиться в дальнейшем. Прямой перебор комбинаций параметров при проектировании многомерных систем, особенно в режиме реального времени, пока невозможен ввиду того, что число возможных сочетаний положительных и отрицательных вариаций равно $W = 2^{(n^2)}$. Даже при $n=10$ это превращается в технически неразрешимую задачу. В публикациях [10], [14], [16], [26], [32], [40] приводятся разные виды меры динамических систем и способы ее определения. Впоследствии необходима разработка таких алгоритмов, которые бы позволяли при небольшом количестве вычислений находить наиболее опасные сочетание знаков вариаций для прогнозирования влияния одновременных вариаций различных параметров на поведение исследуемого объекта в процессе его эксплуатации.

Применение указанного выше метода при решении задачи оптимизации организационных систем имеет определенные особенности. Эти особенности определяется тем, что организационные системы, в отличие от механических, уравнениями механики на прямую не описываются. Связь таких параметров динамических систем, как приложенная сила или сила реакции связей, масса, положение в пространстве для организационных систем зачастую носит не явный характер, или пока не определена. Но при описании организационных систем все равно должны рассматриваться точки фазового пространства, где они находятся, и которые характеризуют их состояние. Рассмотрение таких организационных систем в дискретные моменты времени и построение линейных функционалов, характеризующих функционирование таких систем, приводит к разностным уравнениям, а при уменьшении периода наблюдения и к дифференциальным. В публикациях [12], [15], [27], [29] приводятся примеры организационных систем различного назначения. При уменьшении периода наблюдения (дискрета времени) и совершении предельного перехода, мы приходим к необходимости рассмотрения в качестве модели системы дифференциальных уравнений. Методика исследования получаемых дифференциальных уравнений аналогична вышеизложенной, а при рассмотрении разностных уравнений – такая же как и в случае алгебраических уравнений.

Заключение:

При рассмотрении математических моделей на этапе проектирования реальных динамических систем для предотвращения будущих возможных аварий и катастроф необходимо:

1. Рассматривать как теорему о непрерывной зависимости решений от параметров, так и альтернативный подход при проектировании реальных систем.
2. Проводить исследование исходной математической модели динамической системы на устойчивость при равносильных (эквивалентных) преобразованиях.
3. На этапе изготовления образца динамической системы или ее натурального моделирования из всего множества равносильных (эквивалентных) форм записи определить наиболее адекватную форму записи уравнений ее математической модели, которая наиболее точно отражает особенности ее функционирования.

Список литературы

1. Danilevich Y. B., Petrov Y. P., On the necessity of widening the conception of equivalence in mathematical models (Doklady Akademii Nauk, 2000, 371(4)), pp. 473-475.
2. Franklin J. N., On Tikhonov's method for ill-posed problems (Math. Comp. 1974, 28), pp. 889-907.

3. Lavrentiev M. M., Some improperly posed problems of mathematical physics. (Springer-Verlag, 1967), p. 72.
4. Petrov Yu.P., Sizikov V.S., Well-posed, ill-posed and intermediate problems with applications. (Leiden-Boston, 2005), p. 234.
5. Tikhonov A., Arsenin V., Solutions of ill-posed problem. (Winston, 1977), p. 258.
6. Zubov A.V., Orlov V.B., Petrova V.A., Bondarenko L.A., Pupyshva G.I., "Engineering and Computer Aided Calculations upon Determination of Quality Characteristics of Dynamic Systems". International Journal of Pure and Applied Mathematics, vol. 117, no 22, pp. 137-141, 2017.
7. Zubov A.V., Murashko A.Y., Kolyada L.G., Volkova E.A., Zubova O.A. Fidelity issue of engineering analysis and computer aided calculations in sign models of dynamic systems. Global Journal of Pure and Applied Mathematics, 2016. 12 (5): pp. 4203-4217.
8. Zubov A.V., Zubov S.V. Vector of control, observation, synthesis, number of entrances and exits, stucture, aggregate, coefficient, multiple. Журнал Средневолжского математического общества. 2014. Т. 16. № 1. С. 168-176.
9. Zubov I.V., Zubov N.V., Strekopytova M.V. Uniqueness of holomorphic solution. Системы. Методы. Технологии. 2010. № 5. С. 48-50.
10. Авдеева М.Б., Zubov A.V. Метод понижения порядка и операция сдвига. Журнал Средневолжского математического общества, 2012. Т. 14. № 1.: С. 107-111.
11. Авдеева М.Б., Zubov A.V. Методы наблюдения и управления динамическими системами. Учебное пособие Санкт-Петербургский гос. ун-т. Санкт-Петербург, 2011.
12. Базеева Н.А., Zubov A.V., Zubov П.А., Zubova O.A., Демидова Д.А. Исследование коммерческой сетевой базы данных. Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2006. Т. 25. № 1. С. 218-223.
13. Блистанова Л.Д., Zubov A.V., Zubov И.В., Учватова Н.Н. Об автоколебании системы дифференциальных уравнений. Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки, 2010. Т. 2.: С. 160-162.
14. Блистанова Л.Д., Zubov В.И., Zubov A.V., Стрекопытов И.С., Клемина А.А. Построение минимального многочлена и исследование устойчивости на основе метода понижения порядка. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, 2013. № 178.: С. 238-243.
15. Бондаренко Л.А., Zubov A.V., Мурашко А.Ю. Оптимизация и управление в сложных организационных системах. Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции, 2015.: с.14-18.
16. Демидова Д.А., Zubov A.V., Zubova O.A., Радченко А.Ю. Исследование асимптотических положений покоя. Труды Петрозаводского государственного университета, 2009. № 13.: С. 82-83.
17. Демидова Д.А., Zubov A.V., Zubova O.A., Стрекопытов И.С. Исследование устойчивости динамических систем. Труды Института системного анализа Российской академии наук, 2008. Т. 32. № 3.: С. 27-31.
18. Дутов С.А., Zubov A.V., Zubov Н.В. Задача об устойчивости. Журнал Средневолжского математического общества, 2009. Т. 11. № 2.: С. 174-176.
19. Zubov A.V. Аналитические свойства многомерной механической системы. Математическое моделирование: 2006. Т. 18. № 12.: С. 43-51.
20. Zubov A.V. Исследование логических управляющих сетей в многомерных механических системах. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, 2005. № 42.: С. 105-108.
21. Zubov A.V. Методы качественного анализа систем управления и стабилизации. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук / Вычислительный центр Российской академии наук. Москва, 2010., с 32.
22. Zubov A.V. О стабилизации многомерной механической системы. Журнал Средневолжского математического общества, 2005. Т. 7. № 1.: С. 408-410.
23. Zubov A.V. Стабилизация кинематических траекторий с помощью систем прямого регулирования. Вопросы теории безопасности и устойчивости систем, 2004. № 6-2.: С. 57-63.
24. Zubov A.V. Стабилизация программных движений. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2008. № 63. С. 110-112.

25. Зубов А.В., Бондаренко Л.А., Ужегов Н.С. Критерии линейной независимости скалярных и векторных функций. Научно-технический вестник Поволжья, 2014. № 2.: С. 24-28.
26. Зубов А.В., Зубов И.В., Зубов С.В., Стрекопытов И.С., Стрекопытова М.В. Аналитическая природа случайных последовательностей. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки, 2010. Т. 3. № 104.: С. 84-89.
27. Зубов А.В., Зубов И.В., Зубов С.В., Стрекопытов И.С., Стрекопытова М.В. Аналитическая природа случайных последовательностей. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2010. № 104. С. 84.
28. Зубов А.В., Зубов Н.В. Задачи синтеза систем управления. Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки, 2010. Т. 2.: С. 159-160.
29. Зубов А.В., Зубов Н.В., Балахнин П.А. О системах наблюдения. Журнал Средневолжского математического общества, 2009. Т. 11. № 2.: С. 171-173.
30. Зубов А.В., Зубов Н.В., Стрекопытов И.С. Структурная минимизация. Журнал Средневолжского математического общества, 2009. Т. 11. № 2.: С. 177-179.
31. Зубов А.В., Зубов П.А., Зубова О.А., Королева О.А. Построение законов управления при наличии ударных нагрузок. Журнал Средневолжского математического общества, 2008. Т. 10. № 2.: С. 236-238.
32. Зубов А.В., Зубов П.А., Стрекопытова М.В. Несколько теорем о поведении семейств сильно сверхустойчивых матриц. Журнал Средневолжского математического общества, 2010. Т. 12. № 3.: С. 156-158.
33. Зубов А.В., Зубов С.В., Стрекопытов И.С., Учватова Н.Н. Задача исследования устойчивости интегральных многообразий. Журнал Средневолжского математического общества, 2014. Т. 16. № 1.: С. 160-167.
34. Зубов А.В., Зубова А.Ф., Пустовалова О.А. Условия существования интегралов системы уравнений движения. Журнал Средневолжского математического общества, 2015. Т. 17. № 1.: С. 140-144.
35. Зубов А.В., Зубова А.Ф., Стрекопытова М.В. Методы построения выпуклых множеств коэффициентов устойчивого полинома. Журнал Средневолжского математического общества, 2014. Т. 16. № 3.: С. 94-97.
36. Зубов А.В., Зубова О.А. Преимущества метода понижения порядка перед другими аналогичными методами. Журнал Средневолжского математического общества, 2011. Т. 13. № 4.: С. 78-79.
37. Зубов А.В., Зубова О.А., Иванов А.И., Стрекопытова М.В. Модель скорости распространения лучей. Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки, 2010. Т. 2.: С. 162-163.
38. Зубов А.В., Зубова О.А., Иванова О.А., Пешехонов К.А. Исследование вопроса о существовании периодических решений. Вестник Мордовского университета, 2012. № 2.: С. 30-33.
39. Зубов А.В., Иванова О.А., Пешехонов К.А. Методы расчетов элементов движений механических управляемых систем. Учебное пособие / А. В. Зубов, О. А. Иванова, К. А. Пешехонов; Санкт-Петербургский гос. ун-т. Санкт-Петербург, 2012.
40. Зубов А.В., Каляда Л.Г., Нечаев А.И., Ужегов И.Г. Модификация численных методов интегрирования. Журнал Средневолжского математического общества, 2014. Т. 16. № 2.: С. 57-62.
41. Зубов А.В., Каляда Л.Г., Нечаев А.И., Ужегов Н.С. Модификация численных методов интегрирования. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2013. № 178. С. 267-271.
42. Зубов А.В., Косюг В.И., Мухин А.В. Стабилизация программного движения с помощью кусочно - постоянных управлений. Вопросы теории безопасности и устойчивости систем, 2004. № 6-2.: С. 50-56.
43. Зубов А.В., Лебедева О.А. Модель взаимодействия видов в биологическом сообществе. Журнал Средневолжского математического общества, 2006. Т. 8. № 2.: С. 225-227.
44. Зубов А.В., Пешехонов К.А., Стрекопытов И.С., Стрекопытова М.В. Задача построения систем дифференциальных уравнений. Журнал Средневолжского математического общества, 2013. Т. 15. № 4.: С. 196-199.
45. Зубов А.В., Пупышева Г.И., Виташевская И.С. Уравнение для регулярного интеграла. Научно-технический вестник Поволжья, 2014. № 2.: С. 34-40.

46. Зубов А.В., Пустовалова О.А., Стрекопытов И.С. Необходимые и достаточные условия устойчивости и неустойчивости одного класса матриц линейных операторов. Журнал Средневолжского математического общества, 2014. Т. 16. № 1.: С. 177-180.
47. Зубов А.В., Стрекопытова М.В. Асимптотические положения покоя. Журнал Средневолжского математического общества, 2009. Т. 11. № 2.: С. 188-190.
48. Зубов А.В., Стрекопытова О.С., Стрекопытов С.А. Метод малого параметра А. Пуанкаре. Вестник Мордовского университета, 2012. № 2.: С. 38-40.
49. Зубов И.Н., Зубов А.В., Зубова А.Ф., Учватова Н.Н. Явный метод Эйлера построения последовательности. Вестник Мордовского университета, 2012. № 2.: С. 174-177.
50. Зубова А.Ф., Зубов А.В., Зубов В.И., Стрекопытова М.В. Исследование системы дифференциальных уравнений на сходимость, устойчивость и точность. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, 2013. № 183-1.: С. 327-332.
51. Мурашко А.Ю., Зубов А.В., Орлов В.Б., Петрова В.А., Пупышева Г.И., Бондаренко Л.А., Ужegov Н.С., Коляда Л.Г., Зубова О.А., Никитин А.В. Особенности инженерных расчетов и компьютерных вычислений в некоторых знаковых моделях динамических систем. Advances in Science and Technology сборник статей IX международной научно-практической конференции. 2017. С. 81-91.
52. Петров Ю.П., Петров Л.Ю. Неожиданное в математике и его связь с авариями и катастрофами. СПб: БХВ-Петербург, 2005.: С. 217.
53. Петросян Л.А., Покровский А.Н., Демьянов В.Ф., Зубова А.Ф., Зубов А.В., Зубов С.В., Зубов И.В., Блистанова Л.Д., Жабко А.П., Квитко А.Н., Стрекопытова М.В., Малафеев О.А., Мутлу О.В., Чижова О.Н., Прасолов А.В., Иванов А.И., Вахнина Л.А., Зубов А.И., Зубов В.И., Клемина А.А. Кольцов И.В., Кольцова Н.И., Кудинова В.А., Стрельцова Е.В., Шастин Э.Г., Кондратьева С.И., Памяти Н. В. Зубова. Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2011. № 2. С. 97-98.

СЕКЦИЯ №3.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.03)

СЕКЦИЯ №4.

ГЕОМЕТРИЯ И ТОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.04)

СЕКЦИЯ №5.

ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.05)

СЕКЦИЯ №6.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.06)

СЕКЦИЯ №7.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.07)

СЕКЦИЯ №8.

ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.09)

МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.00)

СЕКЦИЯ №9.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.01)

СЕКЦИЯ №10.

**МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.04)**

СЕКЦИЯ №11.

МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.05)

СЕКЦИЯ №12.

**ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.06)**

СЕКЦИЯ №13.

БИОМЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.08)

АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.00)

СЕКЦИЯ №14.

АСТРОМЕТРИЯ И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.01)

СЕКЦИЯ №15.

АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.02)

СЕКЦИЯ №16.

ФИЗИКА СОЛНЦА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.03)

СЕКЦИЯ №17.

ПЛАНЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.04)

ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.00)

СЕКЦИЯ №18.

**ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.01)**

СЕКЦИЯ №19.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.02)

**СЕКЦИЯ №20.
РАДИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.03)**

**СЕКЦИЯ №21.
ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.04)**

**СЕКЦИЯ №22.
ОПТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.05)**

**СЕКЦИЯ №23.
АКУСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.06)**

**СЕКЦИЯ №24.
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.07)**

ПРИМЕНЕНИЕ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Научный руководитель: Сопит А.В.

Гайдаров М.Р., Сероквашенко Ю.С., Капшуков Е.Ю.

Институт Архитектуры и Строительства Волгоградский государственный технический университет,
г. Волгоград

(Сопит А.В. /Sopit A.V. - кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра физики, факультет
транспортных, инженерных систем и техносферной безопасности;

Гайдаров М.Р. / Gaidarov M.R. – студент, кафедра экологического строительства и городского хозяйства,
Волгоградский государственный технический университет ИАиС;

Сероквашенко Ю.С. / Serokvashchenko Ju.S. – студент, кафедра экологического строительства
и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет ИАиС;

Капшуков Е.Ю. / Kapshukov E.Yu. – студент, кафедра экологического строительства и городского
хозяйства, Волгоградский государственный технический университет ИАиС)

***Аннотация:** В работе представлен краткий обзор основных свойств сегнетоэлектриков. Рассмотрены отрасли техники и приборостроения, где широко применяются сегнетоэлектрические и пьезоэлектрические материалы, отмечены мировые тенденции разработки новых сегнетоэлектрических материалов для современных приборов, сенсоров и техники. Приведены исследования фундаментальных электрофизических свойств, проводимых в нашем университете.*

***Ключевые слова:** сегнетоэлектрики, керамика, пьезоэффект, пьезокерамика, приборы*

***Keywords:** ferroelectrics, ceramics, piezoelectricity, piezoceramics, devices*

Один из наиболее развивающихся в настоящее время разделов физики конденсированного состояния является физика неупорядоченных систем: стеклоподобных объектов различной природы, твердых растворов, керамик и текстур, а также монокристаллических структур с точечными, линейными и поверхностными дефектами. Среди неупорядоченных объектов особое место занимают сегнетоэлектрики с размытым фазовым переходом в силу своей перспективности для современного приборостроения. Они нашли свое применение при изготовлении миниатюрных многослойных керамических конденсаторов, микропозиционеров, адаптационных зеркалах, световых затворах, дисплеях и т.п. [11].

Первые шаги в исследовании пьезоэлектрических свойств начались с открытия сегнетовой соли, которую в свою очередь открыл аптекарь из Франции Пьер Сеньет выделивший вещество из раствора кислого тартрата калия в 1655-1660 годах. Массовое применение это вещество получило в начале XX века,

вследствие обнаружения пьезоэлектрических свойств его соляных кристаллов и их необычной самопроизвольной поляризацией при определенном значении температуры, которая изменялась под действием внешних электромагнитных волн. Эти качества сегнетовой соли сначала привлекли внимание военных ведомств, позже нашли применение в гражданской электротехнике, а все остальные открываемые химические вещества, схожие по физическим свойствам, получили общее название — сегнетоэлектрики.

В России первые системные исследования сегнетоэлектрических материалов проводились Смоленским Г.А. и Исуповым В.А. в 1951 году, при исследовании сегнетоэлектрических фазовых переходов в твердых растворах $Ba(Ti,Sn)O_3$ [7]. Советские физики предложили модель, которая позволяет достаточно наглядно и физически объяснить причины приводящие, к размытию сегнетоэлектрического фазового перехода в твердом растворе. дальнейшем подобные свойства были обнаружены у большого ряда сегнетоэлектрических материалов. Также установлено, что в твердых сегнетоэлектрических растворах, у которых в эквивалентных кристаллографических положениях могут размещаться более 2-ух сортов ионов, различные вариации соотношений компонентов приводят к изменению физических свойств. В частности, для ряда подобных соединений постепенное изменение соотношений компонентов приводит к постепенному смещению точки Кюри (T_K) в сторону низких или высоких температур, изменению типа фазового перехода и к изменению степени упорядоченности ионов в узлах кристаллической решетки. Таким образом, исследование твердых растворов со структурой сложного перовскита имеет большое значение, поскольку позволяет приблизиться к решению ряда вопросов физики твердого тела. Так как, физические свойства в твердых растворах сильно колеблются в зависимости от соотношения компонентов, это делает их интересными для практического применения, так как возможно создание материалов с заданными физическими характеристиками.

Сегнетоэлектричество, как и многие разделы физики находится в процессе непрерывного развития. Всегда идет углублённый процесс изучения знаний - этого вида диэлектриков и возможностей практического применения их уникальных свойств. В теории сегнетоэлектричества расширились возможности применения классической теории Ландау для описания свойств малоразмерных и нано размерных объектов, кристаллов с неоднородным распределением поляризации. В связи с появлением новых методов исследования свойств и природы явления сегнетоэлектричества расширились возможности экспериментального исследования физических свойств, доменной и кристаллической структуры объемных и нано структурированных объектов сегнетоэлектриков.

В техническом применении сегнетоэлектриков намечилось несколько направлений, важнейшими из которых следует считать: 1) изготовление малогабаритных низкочастотных конденсаторов с большой удельной емкостью; 2) использование материалов с большой нелинейностью поляризации для диэлектрических усилителей, модуляторов и других управляемых устройств; 3) использование сегнетоэлементов в счетно-вычислительной технике в качестве ячеек памяти; 4) использование кристаллов сегнето- и антисегнетоэлектриков для модуляции и преобразования лазерного излучения; 5) изготовление пьезоэлектрических и пирозэлектрических преобразователей.

Сегнетоэлектрики применяются для изготовления многих радиотехнических приборов, например варикондов, сегнетополупроводников, лазеров и т.д..

Вариконд — электрический конденсатор, ёмкость которого нелинейно изменяется в широких пределах в зависимости от напряжения, приложенного к его обкладкам. В качестве изолятора в варикондах применяется специальная керамика, обладающая свойствами сегнетоэлектрика. Диэлектрическая проницаемость такого материала значительно изменяется при изменении напряжённости электрического поля, в котором он находится. С увеличением напряжения диэлектрическая проницаемость (ϵ , значит, и ёмкость конденсатора) растёт до определённого значения, а затем снижается. Вариконды выпускаются с номинальной ёмкостью от 10 пФ до десятых долей микрофарада. Ёмкость варикондов может изменяться в 4...8 раз. Вариконды применяют в усилителях переменного и постоянного токов, умножителях частоты, стабилизаторах напряжения и других устройствах. Преимущества варикондов — высокая механическая прочность и влагоустойчивость. Недостатки — нестабильность ёмкости, ограниченный диапазон рабочих частот и температур [6].

Лазеры

Некоторые сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики имеют очень выраженный электрооптический эффект. Он состоит в изменении показателя преломления среды, вызываемый внешним электрическим полем. Данные свойства сегнетоэлектриков используют для модуляции излучения лазеров, которое делают с

помощью поля, которое приложено к кристаллу. Для таких целей используются кристаллы LiNbO_3 , KH_2PO_4 и некоторые другие.

Сегнетополупроводники

Для получения подобных материалов сегнетокерамики легируют неодимом и марганцем, тогда в материалах появляются донорные и акцепторные уровни, проводимость увеличивается до величин, которые присущи для полупроводников. Но высокая проводимость происходит только в полярной фазе при температурах ниже, чем температура Кюри. Около точки Кюри проводимость резко падает более чем в сто раз и снова повышается только когда температура достигает значений существенно превышающих температуру Кюри. Данный эффект носит название - позисторный. Такие сегнетоэлектрики (позисторы) имеют низкое сопротивление при низкой температуре и высокое сопротивление при высокой температуре. Позисторы применяются как элементы систем теплового контроля в измерительной технике, в пусковых системах и авторегулировке.

Большинство сегнетоэлектрических материалов обладают пьезоэлектрическим эффектом, который заключается в возникновении поляризации диэлектрика под действием механических напряжений. Прямой эффект был открыт братьями Жаком и Пьером Кюри в 1880 году [8]. Обратный эффект был предугадан в 1881 году Липпманом опираясь на термодинамические соображения. В том же году братья Кюри провели исследование и доказали это экспериментально.

Впервые пьезокерамический материал был синтезирован в 1944 г. советским учёным Б. М. Вулом, обнаружившим сегнетоэлектрические свойства титаната бария BaTiO_3 . Практически одновременно эти свойства титаната бария были обнаружены американскими и японскими исследователями. Среди наиболее значительных недавних разработок в области пьезокерамики отмечены актюаторы, гироскопы, картриджи струйных принтеров, миниатюрные пьезоустройства, пьезотрансформаторы, высокочастотные пьезоэлектрические резонаторы, пьезоустройства для контроля шума и вибрации, а так же пьезоэффект используется в диагностическом оборудовании и хирургических инструментах. [9]

Среди материалов и методов получения отмечены пьезоэлектрики на основе скандата-ниобата свинца, монокристаллы с высокой электромеханической связью и гидротермальный метод синтеза. Также упомянута разработка бессвинцовых керамик, хотя эта область R&D (Research&Development) находится в стадии разработки. Большинство разработок, вносят вклад в снижение стоимости изготовления, миниатюризацию компонентов, с возможностью создания новых или модернизируя существующих изделий, сбережение энергии, формирование экологического сознания.

Пьезоэлектрический эффект заложен в основу работы электромеханических или электроакустических преобразователей [1]. Преобразователь состоит из отдельных или объединенных в группы пьезоэлементов с нанесенными на определенные поверхности электродами. С электродов снимается электрический заряд, образующийся при прямом пьезоэффекте, или к ним подводится электрическое напряжение для создания деформации.

В зависимости от назначения и диапазона рабочих частот для создания преобразователей используют различные материалы, наиболее часто – пьезокерамику. Максимальная мощность преобразователя ограничивается допустимой напряженностью электрического поля и механической прочностью, а так же его разогревом. Сегнетокерамические пьезоэлементы можно изготавливать сложной конфигурации и больших габаритов, что очень важно, например, для увеличения мощности ультразвуковых излучателей в гидроакустике.

Широкое применение пьезокерамические материалы нашли в технологиях оборонного комплекса РФ, так на сайте Министерства обороны была опубликована новость о том, что были разработаны высокотехнологичные гидроакустические пластины, которые способны полностью скрыть подводные лодки от радаров [10].

Применение пьезокерамики, а точнее пленок на её основе, это дальнейшее развитие звукопоглощающих технологий, российские создатели существенно опережают западные разработки. Главным достоинством станет возможность получения долговечного и прочного покрытия, в структуру которого будут интегрированы различные датчики и антенны. Новым противогидролокационным материалом можно будет покрыть не только перспективные корабли, но и те, что уже стоят на вооружении.

Современное производство пьезокерамики основано главным образом на PZT составах и использовании традиционных методов смешивания и синтеза. PZT составы приемлемы для большинства современных применений пьезокерамики от зуммеров, фильтров, зажигалок и ультразвуковых моек до

буксируемых сонарных решеток, систем медицинской визуализации, затворов фотокамер, сенсоров. Одним из “интеллектуальных” применений пьезокерамики является система подвески автомобилей экстра-класса.

Большинство указанных применений нуждается в разработки более дешевых и производительных методов синтеза и изготовления пьезокерамики, обеспечивающих лучшие характеристики и надежность по сравнению с существующими. Также возросла роль совершенствования методов производства и контроля экологического качества керамических материалов.

Основными экологическими факторами, влияющими на разработку и коммерциализацию новых материалов, являются сокращение использования токсичных материалов (главным образом свинца, оксида свинца, а также висмута, кадмия и никеля), сохранение природных ресурсов, экологически чистых источников и сбережение энергии [1].

В нашем Институте Архитектуры и строительства ВолгГТУ на кафедре «Физика» проводятся исследования современных многокомпонентных сегнетоэлектрических материалов в широком температурном интервале, включающем фазовый переход с применением методов исследования: диэлектрических, пьезоэлектрических, упругих и стрикционных свойств, результаты которых, докладываются на различных международных конференциях [2-5].

Сейчас усиливается интерес к изучению керамических сегнетоэлектриков на микро- и субмикроскопическом уровне. Это объясняется появлением новых технологических задач, таких как сегнетоэлектрических структур для оптики, микро- и радиоэлектронике. Особая роль в изучении сегнетокерамики отводится теоретическим методам, так как именно с их помощью возможно обобщение экспериментальных данных для строгого объяснения связи процессов, проходящих на макро и микроскопических уровнях.

Список литературы

1. Gene H. Haertling. «Ferroelectric Ceramics: History and Technology» // J. Am. Ceram. Soc., 1999, — p. 797 – 818.
2. А.В. Сопит, А.И. Бурханов, В.О. Семибратов, К. Vormanis, М. Antonova, А.Kalvane, Характер диэлектрической нелинейности в керамике KNN с примесью танала в зависимости от предыстории, InterMatik-2016 часть 3, Материалы Международной научно-технической конференции, МИРЭА, 21 – 25 ноября 2016 . – С. 61-65.
3. А.В. Сопит, А.И. Бурханов, К. Vormanis, I. Smeltere, Шейкин О.П., Диэлектрическое старение в керамике Ниобата Калия-Натрия, XX Всероссийская конференция по физике сегнетоэлектриков: школа молодых ученых, 18-22 августа. 2014. – С. 103 – 110.
4. А.В. Сопит, А.И. Бурханов, Г.С. Завьялов, К. Vormanis, I. Smeltere. Исследование характера нелинейности низко-инфракрасного диэлектрического отклика в сегнетокерамике $(K_{0,5}Na_{0,5})(Nb_{1-x}Sb_x)O_3+0,5mol\%MnO_2$. // INTERMATIC 2013. часть 2. / Материалы X Международной научно-технической конференции, 2 – 26 декабря. Москва. М.: МИРЭА. 2013. – С. 122-125.
5. А.И. Бурханов, А.В. Сопит. Диэлектрические свойства экологически чистой сегнетокерамики. // Вестник Волгоградского архитектурно-строительного университета, серия: Строительство и архитектура, 2011. – С. 187-191.
6. В.М. Шарапов, И.Г. Минаев, Ж.В. Сотула, Л.Г. Куницкая, Электроакустические преобразователи, Под ред. В.М. Шарапова Москва: Техносфера, 2013. – 296 с.
7. Г. А. Смоленский, В. А. Боков, В. А. Исупов, Н. Н. Крайник, Р. Е. Пасынков, М. С. Шур. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики. Л.: «Наука». ДО. 1971. – 476 с.
8. Иоффе А.Ф. «Пьер Кюри». УФН 58 (4): 1956 . – 656 с.
9. Медицинская энциклопедия, Пьезография, Medical-enc.ru
10. Министерства обороны Российской Федерации, Новейшие гидроакустические пластины, разработанные отечественным ОПК в интересах ВМФ России, способны скрыть подводные лодки от радаров, <https://function.mil.ru>
11. Смоленский Г.А., Физика сегнетоэлектрических явлений, Учебник. — Л.: Наука, 1985. — 396 с.

СЕКЦИЯ №25.

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.08)

СЕКЦИЯ №26.

ФИЗИКА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.09)

СЕКЦИЯ №27.

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.10)

СЕКЦИЯ №28.

ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.11)

СЕКЦИЯ №29.

**ЭЛЕКТРОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.13)**

СЕКЦИЯ №30.

**ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.14)**

СЕКЦИЯ №31.

**ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НАНОСТРУКТУР,
АТОМНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.15)**

СЕКЦИЯ №32.

**ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.16)**

СЕКЦИЯ №33.

**ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГОРЕНИЕ И ВЗРЫВ, ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ
СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.17)**

СЕКЦИЯ №34.

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, ФИЗИКА КРИСТАЛЛОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.18)

СЕКЦИЯ №35.

**ФИЗИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.20)**

СЕКЦИЯ №36.

ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.21)

СЕКЦИЯ №37.

ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.23)

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.00)

СЕКЦИЯ №38.

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.01)

СЕКЦИЯ №39.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.02)

СЕКЦИЯ №40.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.03)

СЕКЦИЯ №41.

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.04)

СЕКЦИЯ №42.

ЭЛЕКТРОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.05)

СЕКЦИЯ №43.

ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.06)

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛИХЛОРОПРЕНА

Комова Н.Н., Липенский В.М., Пасечник С.В.

ФГБОУ ВО Московский технологический университет, г. Москва

Для решения ряда фундаментальных и прикладных задач физики, а также конструирования новых механизмов и приборов все шире используются органические материалы, которые находят применение в таких сферах, как физика полупроводников и микроэлектроника. В этих областях ведутся интенсивные исследования, направленные на расширения круга полупроводниковых материалов с новыми свойствами, в частности, на развитие такого направления, как молекулярная электроника. Одной из разновидностей полупроводниковых материалов являются органические (молекулярные) полупроводники, представляющие собой широкий класс веществ, относящихся по типу связи к молекулярным соединениям и обладающие заметной электропроводностью. К ним относятся молекулярные кристаллы, органические красители, молекулярные комплексы с переносом заряда, биологические вещества (хлорофилл, бетта-каротин), ион-радикальные соли, а также полимеры. Специальные методы синтеза или последующей модификации позволяют варьировать проводимость полимеров в широком диапазоне от величин, характерных для диэлектриков (ниже 10^{-10} См/см), до значений металлической проводимости (свыше 1См/см). Такие возможности стимулируют широкое использование полимеров в электронике не только в качестве изоляторов, но и для формирования функциональных элементов, таких как резисторы, светодиоды, транзисторы, солнечные элементы, аккумуляторные батареи, мини-дисплеи и т.п. В настоящее время уже доказано и теоретически, и экспериментально, что при определенных условиях сопряженные полимеры (т.е. полимеры с чередующимися двойными, тройными и одинарными углеродными связями) могут обладать проводимостью, близкой к металлической. В результате исследований электропроводящих свойств полимеров созданы модели, в которых проводимость связана не с движением внедренных между макромолекулами ионов и электронов, а с перемещением неких заряженных квазичастиц (солитонов и поляронов), образованных зарядами, наведенными легирующей примесью и сопряжением связей в полимерной цепи и способных свободно перемещаться вдоль этой цепи. От традиционных носителей зарядов в полупроводниках (электронов и дырок) эти частицы отличаются отсутствием спина (у солитона и биполярона) и более низкой скоростью перемещения. Объемная

проводимость таких материалов ограничена необходимостью прыжков заряженных частиц с одной цепи на другую (интерсолитонные прыжки), однако при близком взаимном расположении вытянутых цепей их объемная проводимость может достигать проводимости меди при 300 К. Определенный класс полимеров обладает полупроводниковыми свойствами, что даёт возможность инжектировать в них носители зарядов из электродов. На использовании этого принципа уже создан полностью полимерный полевой транзистор. Однако, вследствие низкой подвижности носителей (от 0.01 до 0.5 см²/В·с) он имеет ограниченный диапазон рабочих частот (до 100 кГц). Разрабатываются полностью полимерные интегральные схемы, которые могут заменить в некоторых случаях (в кодовых электронных замках) кремниевые микросхемы. К наиболее важным достижениям в этой области можно отнести создание полимерных светодиодов (LED).

Практическое использование полимерных материалов требует изучения физики ряда процессов, в частности электропроводности. Большинство попыток интерпретировать и обобщить закономерности проводимости, исходя только из молекулярной структуры, столкнулось с неразрешимыми проблемами. До сих пор слабо изучены фундаментальные аспекты электрических свойств органических материалов, в частности, механизмы генерации и транспорта носителей заряда, особенности проводимости в цепи переменного тока и механизмы такой проводимости, а также природа влияния примесных (дефектных) центров на данные процессы.

В настоящей работе исследованы температурные зависимости электрического сопротивления и электропроводности тонких плёнок полярного эластомера (полихлоропрена) при разных частотах электрического поля. Плёнки полихлоропрена для исследований наносили на медный электрод диаметром 50 мм из раствора в четырёххлористом углероде. После контро-лируемого удаления растворителя систему из электродов с находящейся между ними полимерной плёнкой (толщиной от 30 до 55 мкм) помещали в термостат с воздушным обогревом, в котором происходило изменение температуры по заданной программе. К электродам подсоединялись контакты измерителя иммитанса E7-20 [1]. Температура на электродах определялась с помощью термопары хромель-копель, имеющей линейную зависимость термо-ЭДС от температуры в исследуемом температурном интервале.

На рис. 1 показаны полученные температурные зависимости сопротивления плёнок полихлоропрена при разных частотах прилагаемых электрических полей. Видно, что с изменением температуры происходит изменение сопротивления. В наибольшей степени разброс величин сопротивления при увеличении температуры имеет место для частоты 1000 Гц. При этой частоте величина сопротивления плёнки полихлоропрена является максимальной по отношению к более высоким частотам (2000,3000 и 5000Гц). Наименьшее сопротивление, а значит и наибольшую проводимость плёнки полихлоропрена проявляют при частоте 2000 Гц. В этих условиях разброс значений сопротивления не наблюдается. С ростом температуры сопротивление полихлоропрена устойчиво падает. Этот факт указывает на резонансный перенос зарядов между молекулярными цепями в результате скачкового механизма, который реализуется при индуцировании поляронов внешним электрическим полем частотой 2000 Гц. Дальнейшее повышение частоты внешнего поля приводит к увеличению разброса величин сопротивления и к общему увеличению такого сопротивления.

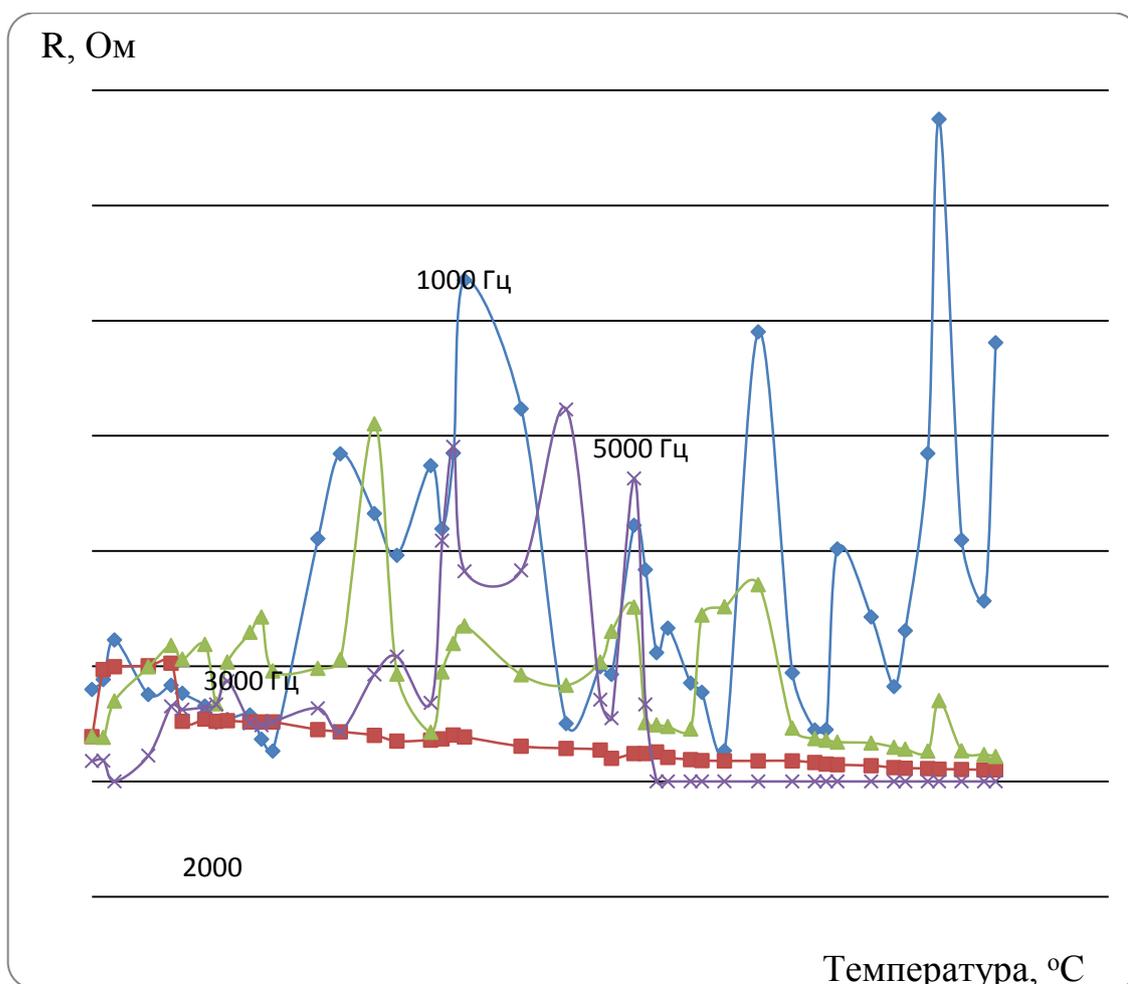


Рис. 1. Температурные зависимости сопротивления ПХП при разных частотах.

Используя тот факт, что электрическое сопротивление обратно-пропорционально электрической проводимости, можно заключить, что наибольшей проводимостью исследуемая система обладает при частоте переменного тока, равном 2000 Гц. Можно также предположить, что частоты наибольшей проводимости должны быть кратными этой частоте.

Механизм проводимости полярного полимера состоит из нескольких элементарных актов, включающих индуцирование поляронов [2], их трансляцию (транспорт) в полимерной плёнке, находящейся между электродами [3] и взаимодействие поляронов в процессе скачкообразного переброса зарядов с фононами полимерных цепей. Результат влияния температуры (различные энергии активации элементарных процессов) на каждый из этих актов проводимости проявляется в общей зависимости сопротивления от температуры. Исходя из полученных результатов, можно заключить, что частота прилагаемого к плёнке полярного полимера напряжения в значительной степени оказывает влияние на проводимость, изменяя её в определенном температурном диапазоне (40-90°C) на порядок величины.

Список литературы

1. Измеритель иммитанса E7-20. Руководство по эксплуатации. УШЯИ.411218.012 РЭ. 28 с.
2. Bohli N., Gmati F., Mohamed A. B., Vigneras V., Mianc J.-L. Conductivity mechanism of polyaniline organic films: the effects of solvent type and casting temperature. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 42, 2009, 205101 pp. 1-7.
3. Chougule M.A., Pawar S.G., Godse P.R., Mulik R.N., Sen S., Patil V.B. Synthesis and characterization of polypyrrole (PPy) Thin films. *Soft nanoscience letters*, 1, 2011, pp. 6-10.

**СЕКЦИЯ №44.
ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.08)**

**СЕКЦИЯ №45.
ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.09)**

**СЕКЦИЯ №46.
БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.10)**

**СЕКЦИЯ №47.
КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.11)**

**СЕКЦИЯ №48.
БИОНЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.12)**

**СЕКЦИЯ №49.
НЕФТЕХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.13)**

**СЕКЦИЯ №50.
РАДИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.14)**

**СЕКЦИЯ №51.
КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.15)**

**СЕКЦИЯ №52.
МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.16)**

**СЕКЦИЯ №53.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.17)**

**СЕКЦИЯ №54.
ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.21)**

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.00.00)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.00)

**СЕКЦИЯ №55.
РАДИОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.01)**

**СЕКЦИЯ №56.
БИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.02)**

**СЕКЦИЯ №57.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.03)**

**СЕКЦИЯ №58.
БИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.04)**

**СЕКЦИЯ №59.
ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.05)**

**СЕКЦИЯ №60.
БИОТЕХНОЛОГИЯ (В ТОМ ЧИСЛЕ БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ)
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.06)**

ВЫДЕЛЕНИЕ БЕТА-ГЛЮКАНА ИЗ КЛЕТОЧНЫХ СТЕНОК ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

Манукян Г.А., Красноштанова А.А.

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

β -Глюкан, выделенный из различных источников (растений, водорослей, грибов, бактерий), имеет важное практическое значение.

β -Глюканы находят применение в косметологии, медицине, пищевой промышленности [8]. Они способны повышать активность иммунной системы человека [3], снижать секрецию желудочного сока, контролировать жировой обмен и способствовать норма-лизации массы тела. [2, 6]. В косметике β -глюкан широко применяют в качестве средства для заживления ран, порезов, царапин, ожогов, защиты от ультрафиолетового излучения [9].

В настоящее время возрастает интерес к выделению β -глюканов из клеток микроорганизмов, прежде всего, дрожжей.

В клеточных оболочках дрожжей β -глюкан находится во внутреннем слое клеточной стенки [7] и связан с белками, мананом и хитином ковалентными связями, что усложняет технологию его выделения.

Анализ литературных данных показывает, что клетки дрожжей являются перспективным сырьём для получения β -глюканов, однако, при их выделении из клеточной стенки происходит разрушение биологически активных веществ белковой и нуклеотидной природы, которые имеют самостоятельное практическое значение [1].

В связи с этим целью данной работы является подбор условий выделения β -глюканов из клеточных стенок предварительно денуклеинизированных и депротеинизированных хлебопекарных дрожжей.

В качестве объекта исследования в работе использовали сухую биомассу дрожжей р. *Saccharomyces cerevisiae*, содержащую 94.0% сухих веществ (СВ), 46.4% сырого протеина, 4.9% нуклеиновых кислот.

В качестве ферментных препаратов в работе были выбраны протосубтилин Г3х ("Сиббиофарм", Россия) с активностью 94 ед/г и панкреатин ("Биосинтез", Россия) с активностью 113 ед/г.

Содержание суммарных нуклеиновых кислот определяли методом Спирина, сырого протеина – микрометодом Къельдаля, белковых веществ в растворе – колориметрическим методом Лоури [4].

Определение суммарных углеводов в растворах проводили фенол-серным методом [4], редуцирующих сахаров – модифицированным методом Бертрана [4], сырой клетчатки в биомассе по методу [4].

Экстракцию нуклеиновых кислот и белковых веществ проводили в стеклянном реакторе объёмом 2 дм³, снабжённом механической мешалкой, рубашкой для подвода теплоносителя, штуцерами для электродов рН-метра, а также для загрузки и выгрузки реагентов. В ходе экстракции через заданные промежутки времени отбирали пробы, экстракты отделяли центрифугированием при 10000 об/мин в течение 20 мин.

Согласно литературным данным при комплексной переработке дрожжей на первом этапе из неё извлекают нуклеиновые кислоты при температуре 80-90 °С и рН 8.5-9.0 [5]. Поэтому было подобрано время обработки биомассы дрожжей щелочным агентом с целью максимального извлечения нуклеиновых кислот.

Было установлено, что при данных условиях максимальная степень извлечения нуклеиновых кислот составляет 83.2% при времени обработки клеток 3.5 часа. При этом держание сырого протеина в денуклеинизированной биомассе снижается незначительно и составляет 44.7%, поэтому денуклеинизированная биомасса может быть использована для извлечения белковых веществ.

На следующем этапе исследований было оптимизировано время извлечения белковых веществ из денуклеинизированной биомассы дрожжей серной кислотой (90 °С, 10% СВ, рН 1.5) и техническими препаратами протеаз – протосубтилином Г3х (50 °С, 10 % сухих веществ (СВ), 1.9 ед/г, рН 7.2) и панкреатином (40 °С, 10% СВ, 2.3 ед/г, рН 7.8).

Из полученных данных был сделан вывод о том, что ферментативную экстракцию необходимо проводить путём трёхкратной загрузки ферментных препаратов через каждые 2 часа в количестве 2 % от массы субстрата при общей продолжительности процесса 6 ч. Наибольшую степень извлечения белковой фракции, составившую 65%, можно наблюдать при обработке денуклеинизированной биомассы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* панкреатином.

В результате проведения эксперимента были получены кислотные и ферментативные экстракты белковых веществ, а также образцы депротеинизированной биомассы. В биомассе было определено остаточное содержание сырого протеина и сырой клетчатки. Результаты анализов показали, что биомасса после кислотной обработки содержит в расчете на сухое вещество 44,9% сырого протеина и 23,7% сырой клетчатки, после обработки протосубтилином Г3х – 31,8% и 29,1%, панкреатином – 23,8% и 25,8% соответственно.

Полученные результаты позволили заключить, что в случае кислотной экстракции выход углеводной фракции выше, что обусловлено частичным разрушением нативной структуры бета-глюкана при переходе его в растворимую форму. Следовательно, применение кислотной обработки не целесообразно. Обработка денуклеинизированной биомассы протосубтилином обеспечивает меньший выход углеводов в сравнении с панкреатином в 1.4 раза.

Однако остаточное содержание сырого протеина в биомассе после обработки панкреатином остается достаточно высоким (порядка 24%), поэтому необходимо было подобрать условия очистки углеводной фракции от сырого протеина. Для этого было предложено проводить обработку депротеинизированной биомассы дрожжей раствором минеральной щелочи (гидроксида натрия). С целью сохранения целостности бета-глюкана в получаемом твердом остатке, а также белковых компонентов, переходящих в раствор, условия щелочной обработки должны быть максимально мягкими. Было изучено влияние концентрации щелочи и температуры процесса на степень очистки углеводной фракции от примесей белковой природы. Проведенные эксперименты позволили установить, что при обработке клеточных стенок 1%-ным раствором гидроксида натрия в течение при температуре 40°С 1 ч выход белковых веществ в раствор составляет 68%, при этом содержание углеводной фракции в сухом остатке возрастает с 26% до 64%. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию условий очистки бета-глюкана от минеральных примесей.

Список литературы

1. Гамаюрова В.С., Котляр М.Н., Шабрукова Н.В., Халитов Ф.Г. Природные полисахариды. Часть I. Получение растворимых производных хитин-глюканового комплекса. *Бутлеровские сообщения*. **1999**. Т.1. №1. С.73-76.
2. Елисеева Н.Е., Нечаев А.П. Функциональные майонезы и соусы – источники растворимых пищевых волокон. *Масложировая промышленность*. **2007**. №3. С.26-27.
3. Лукьянчук В.Д., Мищенко Е.М., Бабенко М.Н. Бета-глюканы как основа создания средств иммуномодулирующего действия. *Украинский медицинский журнал*. **2011**. №5(85). С.92-93.
4. Практикум по биохимии. Под редакцией Северина С.Е. *Издательство Московского Университета*. **1989**. 489 с.
5. Тимошенко К.А., Красноштанова А.А. Исследование процесса выделения ДНК из бактериальной биомассы *Methylococcus capsulatus*. Биотехнология: состояние и перспективы развития: Матер. 7-го Моск. Междунар. конгр. **2013**. Вып.1. С.296-297.

6. Шатнюк, Л.Н., Антипова О.В. Инновационные ингредиенты для снижения калорийности кондитерских изделий. *Пищевые ингредиенты, сырьё и добавки*. **2012**. №1. С.45-47.
7. Catalli, M. Kulka. Chitin and β -glucan polysaccharides as immunomodulators of airway inflammation and atopic disease. *Metabolic & Immune Drug Discovery*. **2010**. Vol.4. P.175-189.
8. J. Kraus, O. Franz. In: Fungal cell walls and immune response. Ed. *J.P. Latge*. **1991**. Berlin; SerH53. P.431-444.
9. P. Wasser. Medicinal mushroomscience: current prospects, advances, evidences, and challenges. *Biosphere*. **2015**. Vol.7. No.2. P. 345-356.

СЕКЦИЯ №61.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.07)

СЕКЦИЯ №62.

БИОИНЖЕНЕРИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.08)

СЕКЦИЯ №63.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ, БИОИНФОРМАТИКА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.09)**

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.00)

СЕКЦИЯ № 64

БОТАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.01)

СЕКЦИЯ №65.

ВИРУСОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.02)

СЕКЦИЯ №66.

МИКРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.03)

СЕКЦИЯ №67.

ЗООЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.04)

СЕКЦИЯ №68.

ЭНТОМОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.05)

СЕКЦИЯ №69.

ИХТИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.06)

СЕКЦИЯ №70.

ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.07)

СЕКЦИЯ №71.

ЭКОЛОГИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.08)

**СЕКЦИЯ №72.
БИОГЕОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.09)**

**СЕКЦИЯ №73.
ГИДРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.10)**

**СЕКЦИЯ №74.
ПАРАЗИТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.11)**

**СЕКЦИЯ №75.
МИКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.12)**

**СЕКЦИЯ №76.
ПОЧВОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.13)**

**СЕКЦИЯ №77.
БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.14)**

ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.00)

**СЕКЦИЯ №78.
ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.01)**

**СЕКЦИЯ №79.
АНТРОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.02)**

**СЕКЦИЯ №80.
ИММУНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.03)**

**СЕКЦИЯ №81.
КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ, ЦИТОЛОГИЯ, ГИСТОЛОГИЯ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.04)**

**СЕКЦИЯ №82.
БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ, ЭМБРИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.05)**

**СЕКЦИЯ №83.
НЕЙРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.06)**

ГЕОГРАФИЯ

**СЕКЦИЯ №84.
ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ
И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.23)**

**СЕКЦИЯ №85.
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ
И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.24)**

**СЕКЦИЯ №86.
ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.25)**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**СЕКЦИЯ №87.
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**

ГЕОЛОГИЯ

**СЕКЦИЯ №88.
РАЗВИТИЕ ГЕОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2018 ГОД

Январь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы естественных и математических наук в современных условиях развития страны**», г. Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2018г.

Февраль 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные проблемы естественных и математических наук в России и за рубежом**», г. Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2018г.

Март 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы современных математических и естественных наук**», г. Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2018г.

Апрель 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные проблемы и достижения в естественных и математических науках**», г. Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2018г.

Май 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы и перспективы развития математических и естественных наук**», г. Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2018г.

Июнь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Современные проблемы математических и естественных наук в мире**», г. Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2018г.

Июль 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**О вопросах и проблемах современных математических и естественных наук**», г. Челябинск

Прием статей для публикации: до 1 июля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2018г.

Август 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Информационные технологии естественных и математических наук», г. Ростов-на-Дону**

Прием статей для публикации: до 1 августа 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2018г.

Сентябрь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Естественные и математические науки в современном мире», г. Уфа**

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2018г.

Октябрь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Основные проблемы естественных и математических наук», г. Волгоград**

Прием статей для публикации: до 1 октября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2018г.

Ноябрь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Естественные и математические науки: вопросы и тенденции развития», г. Красноярск**

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2018г.

Декабрь 2018г.

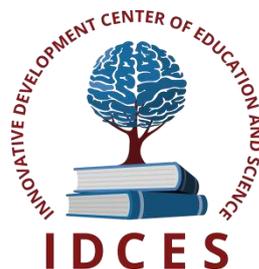
V Международная научно-практическая конференция **«Перспективы развития современных математических и естественных наук», г. Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2019г.

С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки www.izron.ru (раздел «Естественные и математические науки»).

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



**Актуальные проблемы естественных и математических
наук в России и за рубежом**

Выпуск V

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 февраля 2018 г.)**

г. Новосибирск

2018 г.

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка авторская

Издатель Инновационный центр развития образования и науки (ИЦРОН),
603086, г. Нижний Новгород, ул. Мурашкинская, д. 7.

Подписано в печать 10.02.2018.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 3,3.
Тираж 250 экз. Заказ № 027.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58.