

ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.С. ТУРГЕНЕВА
ВОЕННО-ВОЗДУШНАЯ АКАДЕМИЯ им. ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО И Ю.А. ГАГАРИНА
ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ
ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ,
ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ
И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
(ПМТУКТ-2023)**

*Сборник трудов
Международной научной конференции
Воронеж, 04 – 06 декабря 2023 г.*

ВОРОНЕЖ
2023

УДК 517.94 (95, 97, 62,63), 519.17 (67, 71, 977)
ББК В22
С56

Оргкомитет:

председатель: декан математического факультета, заведующий кафедрой
математического моделирования ВГУ, *М.Ш. Бурлуцкая*;
сопредседатель: профессор, заведующий кафедрой управления СПбГУ, *А.П. Жабко*;
зам. председателя: профессор *В.В. Провоторов*, ВГУ, профессор *В.В. Малыгина*,
ПГНИУ доцент, *А.В. Иванов*, ВУНЦ ВВС «ВВА»;
члены оргкомитета: профессор *С.Г. Тихомиров*, *А.А. Парт*, *О.Р. Корчагина*

Программный комитет:

председатель: декан факультета прикладной математики-процессов управления СПбГУ
Л.А. Петросян; сопредседатели: декан факультета прикладной математики, механики
и информатики ВГУ, *С.Н. Медведев*; декан математического факультета, заведующий
кафедрой математического моделирования ВГУ, *М.Ш. Бурлуцкая*;
зам. председателя: *А.П. Жабко*, *В.П. Максимов*, *В.В. Провоторов*;
члены программного комитета: *А.В. Ильин*, *А.Ю. Александров*, *А.П. Афанасьев*,
В.К. Битюков, *Л.Н. Борисоглебская*, *А.В. Боровских*, *Л. Verezanski*, *Р.В. Воронов*,
Г.В. Демиденко, *С.М. Дзюба*, *А. Domoshnitsky*, *Я.М. Ерусалимский*, *Е.С. Жуковский*,
С.Е. Жуковский, *В.Г. Задорожний*, *Е.В. Ильинов*, *А.В. Иванов*, *А.М. Камачкин*, *Т.М. Леденева*,
Н.Ю. Лукоянов, *В.В. Малыгина*, *К.Б. Нуртазина*, *С.Л. Подвальный*, *А.А. Рогов*, *Т.И. Смирнов*,
Д.С. Сайко, *А. Shindiarin*, *А.И. Шашкин*, *А.П. Хромов*, *А.Д. Чернышов*, *В.А. Юрко*

С56 **Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий (ПМТУКТ-2023):** сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 04-06 декабря 2023 г. / под ред. В.В. Провоторова. – Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2023. – 148 с.

ISBN 978-5-907621-20-6

В сборнике представлены статьи по материалам докладов и лекций, включенных в программу Международной научной конференции ПМТУКТ-2023. Тематика охватывает широкий спектр проблем прикладной математики, теории управления, дифференциальных игр, качественных методов математического моделирования в различных разделах естествознания (биология, медицина, химия), другие разделы современной прикладной математики (в том числе экономического характера). Представлены приближенные методы исследования математических моделей, компьютерные технологии в процессах управления, а также современные компьютерные технологии создания программных продуктов.

© Воронежский государственный университет, Санкт-Петербургский государственный университет, Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет,

ISBN 978-5-907621-20-6

© Воронежский государственный педагогический университет, редакционно-издательская обработка, 2023

ской модели, а также деления модели на маленькие части простой формы (элементы), соединенные в общих точках (узлах). Программы анализа конечных элементов рассматривают модель как сеть дискретных, связанных между собой элементов.

Сетка применяется для дискретизации рассчитываемого пространства. Весь расчетный объем разбивается на элементарные объемы - ячейки. Чем меньше размер таких ячеек, тем лучше разрешение пространства сеткой. В объеме каждой ячейки все физические величины считаются постоянными в рассматриваемый момент времени.

Процесс деления модели на малые части называется созданием сетки, являющийся важным этапом в анализе конструкций. Автоматическая сетка формируется на основе глобального размера элемента, допуска и характеристик локального управления. Управление сеткой позволяет задать разные размеры элемента для компонентов, граней, кромок и вершин. На ранних стадиях анализа конструкций, где могут подойти приблизительные результаты, можно задать больший размер элемента для более быстрого решения. Для более точного решения может потребоваться меньший размер элемента. Метод конечных элементов использует элементы различных форм и размеров.

Для охлаждения машин объемного действия используется способ расширения газа с отдачей внешней работы, применяющийся в поршневом детандере. Данный принцип работы устройства заключается в преобразовании потенциальной энергии сжатого газа, которая при работе кривошипно-шатунного механизма производит охлаждающий эффект. Конструкция предложенного детандера включает цилиндр с установленным поршнем и выпускными окнами в стенках, картер содержащий кривошипно-шатунный механизм и электромагнитный клапан впуска.

Построение аэродинамического потока воздуха в поршневом детандере применяется с использованием расчетного модуля, в котором необходимо учитывать особенности характеристик агрегата и указать данные номинального давления впуска и выпуска. Выполняемые параметрические исследования позволяют совершить анализ возможных вариантов с изменением положения поршня. Полученные результаты дают возможность определить производительность детандера, изучив давление поршня при различных стадиях перемещения.

Литература

1. Цымбал Д.В., Илларионов В.В., Грищенко Б.А. Моделирование работы поршневого детандера в среде SolidWorks Flow Simulation // Научная книга. 2023. № 1. С. 190–192.
2. Алямовский А.А. SolidWorks/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов // А.А. Алямовский. – М.: ДМКПресс, 2004. – 432 с.
3. Аксенов А.А. Программный комплекс FlowVision для решения задач аэродинамики и тепломассопереноса методами численного моделирования // А.А. Аксенов, А.В. Гудзовский – М.: АВОК, 1993. – 314 с

УДК 519.86

А.Р. Шайхисламова, Н.А. Гасратова

СПбГУ «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург

АНАЛИЗ ЭКСПОРТА ФАРМПРЕПАРАТОВ ИНДИИ В ПЕРИОД 2010-2022 ГОД.

Работа посвящена исследованию экспорта Индии по группе (ТН ВЭД 30). Рассмотрены основные тенденции в течение периода 2010-2022 года; построены кумуля-

тивные кривые через базовый год; предложена математическая модель, описывающая динамику экспорта в денежном и количественном объемах по всем группам, входящим в ТН ВЭД 30.

Анализ данных из открытых источников показал, что кумулятивные показатели объемов экспорта и импорта возможно описать аналитической зависимостью (1) [1].

$$N = \frac{N_0 N^{max}}{N_0 + (N^{max} - N_0) e^{-\mu t}}, \quad (1)$$

являющееся решением дифференциального уравнения

$$\frac{dN}{dt} = \mu N \left(1 - \frac{N}{N^{max}} \right) \quad (2)$$

где N — количество реализованного продукта на момент времени t ; N_0 — количество реализованного продукта до начального момента времени; N^{max} — максимальное количество продукта, которое может быть реализовано на рынке в данном экономическом укладе; μ — удельная скорость роста реализованного продукта в начальный момент времени.

Для построения более точной модели можно использовать систему дифференциальных уравнений, где μ задана в виде ступенчатой функции $-\mu(t)$.

Графическая интерпретация модели на примере всех групп, входящих в ТН ВЭД 30 представлена на рисунке 1.

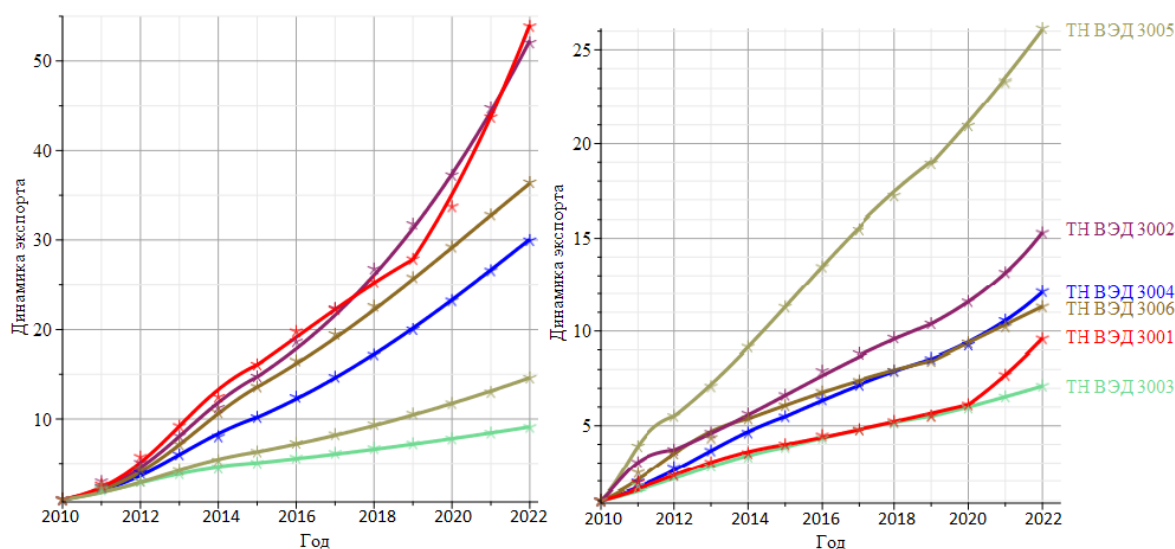


Рис. 1 – Динамика экспорта Индии по группам, входящих в ТН ВЭД 30, в денежном и количественном объемах, соответственно. *Источник:* составлено авторами на основе данных [2]

Научная новизна заключается в разработке нового подхода к моделированию процессов импорта-экспорта на основе дифференциальных уравнений. В отличие от традиционных экономических моделей, предложенная модель учитывает временные изменения и динамику экономических процессов. Построенная модель может быть применена как в рамках денежного, так и количественного оборота и использована для анализа различных товарных групп и стран. Выводы, полученные с помощью модели, могут быть полезны для прогнозирования объемов импорта и экспорта, управления запасами и логистикой, а также прогнозирования кризисных ситуаций.

Литература

1. Горыня Е. В., Колпак Е. П., Гасратова Н. А. Динамика внешней торговли РФ// Международный научно-исследовательский журнал. 2022. №7 С.126-132.

2. Материалы TradeMap. [Электронный ресурс] URL: <https://www.trademap.org/> (дата обращения: 12.11.2023).

УДК 517+531.01

М.В. Шамолин

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва

СТРУКТУРА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА В ЗАДАЧАХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ И ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

1. Разрыв векторного поля динамической системы как обобщенная неисправность. Рассмотрим неавтономную динамическую систему, заданную достаточно гладким векторным полем $v(x, t)$, на гладком многообразии $M^n\{x\} \times \mathbf{R}^1\{t\}$, $x = (x_1, \dots, x_n)$: $dx/dt = v(x, t)$, при этом поле v имеет компоненты $v_1(x, t), \dots, v_n(x, t)$ в координатах x, t .

Определение 1. Если в какой-то момент времени t_0 произошел разрыв правой части динамической системы в точке (x_0, t_0) фазового пространства, то будем говорить, что в момент времени t_0 в системе произошла (обобщенная) неисправность.

Конечно, описанная только что ситуация встречалась в классических работах [1, 2]. Но мы выбираем данный стиль изложения именно для описания задач дифференциальной (топологической) диагностики.

Неисправность, в частности, отказ датчика может быть обусловлен исчезновением сигнала, поступившего на вход датчика, или отказом прибора, формирующего оператор при входном сигнале, или и тем, и другим одновременно.

2. Окрестности опорных неисправностей. Мы предполагаем, что для рассматриваемой управляемой динамической системы выполнены условия теорем существования и единственности решений, о непрерывной зависимости решений от начальных условий и параметра на конечном промежутке времени, а также о продолжаемости решений до границы на любом компактном множестве фазового пространства.

Конечному набору (формально попарно различных) датчиков системы управления движением объекта можно поставить в соответствие конечный набор H опорных неисправностей $H = \{H_j\}_{j=1}^l$ из класса возможных [3–5].

В силу принятых естественных предположений все процессы в рассматриваемой управляемой динамической системе предполагаются протекающими непрерывно. Если в некоторый заранее неизвестный момент времени t_0 в рассматриваемой системе возникнет некоторая неисправность из определенного списка H или неисправность, не предусмотренная списком H , но «близкая» в соответствующей метрике к какой-нибудь из списочной неисправности, то траектория рассматриваемой системы в последующее время при $t \geq t_0$ будет непрерывно продолжаемой.

Очевидно, что в силу непрерывности процессов, если неучтенная списком H непредвиденная неисправность произойдет в «близкой» к H_j области, то траектории рассматриваемой системы с этими неисправностями будут мало отличимы.

Итак, мы имеем так называемое множество опорных неисправностей, при этом каждая имеющаяся опорная неисправность изолирована, в силу конечного их числа l . Введем понятие окрестности опорной неисправности.

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ
ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ,
ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ (ПМТУКТ-2023)**

*Сборник трудов
Международной научной конференции
(Воронеж, 04–06 декабря 2023 г.)*

В авторской редакции

Изготовление оригинала-макета: *Д.Н. Астахова*

Подписано в печать 04.12.2023. Формат 60 x 84 1/16. Печать трафаретная.

Гарнитура «Таймс». Усл.-печ. л. 9,25. Уч.-изд. л. 8,6.

Тираж 27. Заказ 269.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный педагогический университет».

Отпечатано в издательско-полиграфическом центре ВГПУ.
394043, г. Воронеж, ул. Ленина, 86. Тел. (473) 255-58-32; 255-61-83.