

Влияние технологий STEM на методику преподавания инженерных дисциплин

Очков Валерий Федорович,
проф., кафедра ТОТ,
Тихонов Антон Иванович,
проф. кафедра ФТЭМК,
НИУ «МЭИ», Москва

Угрозы инженерному образованию

- Отсутствие системного мышления в противовес клиповому
- Низкая мотивация получения качественного образования (знания по запросу)
- Невосприятие длинных текстов (TL;DR – слишком много букв)
- Образование – отрасль консервативная, но как пел лауреат Нобелевской премии по литературе Б. Дилан «Времена меняются...», **а других студентов нет...**

Терминология

- **STREAM** - Science, Technology, Religion or Reading, Engineering, Art, Mathematics
- **MINT** - Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik
- **МИТ** – Математика, Информатика, Технологии
- **Мультидисциплинарность и решение задач** – основа технологий **МИТ**

Предметная область

- Дисциплины с обобщенным названием «Научно-технические расчеты»
- Фактически – это решение научно-технических и инженерных задач
- Используемые платформы:
 - Основные:
 - SMath, экосистема Python
 - Дополнительные:
 - Mathcad, Maple, Mathematica, SciLab, Julia

Основная проблема – внимание студентов

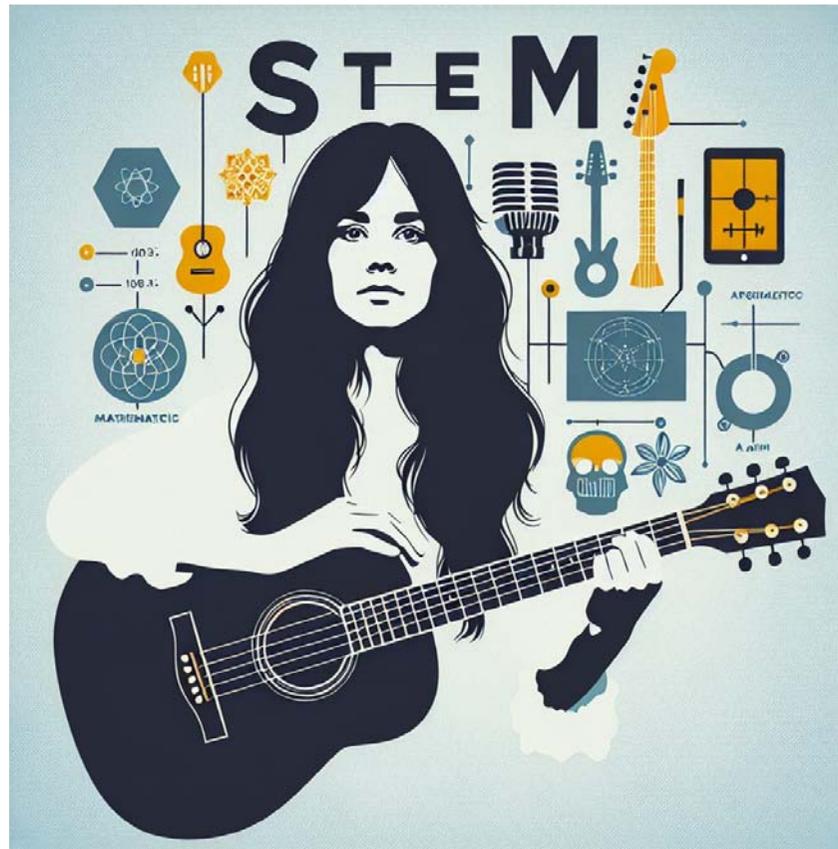
- Интересные, междисциплинарные, короткие сюжеты (постановки задач)
- Занимательность, простота, наглядность
- Доступность (материалы доступны до проведения занятий)
- Совместное решение задач
- Игровой подход

Основные методические приемы

- Интересные сюжеты (StoryTelling)
- Совместное решение задач (на занятиях, дома, КМ, консультациях, нерешенные КМ-задачи объясняются и заменяются)
- Освоение и документирование всех этапов решения задачи (постановка, реализация, тестирование, интерпретация, презентация)
- Компьютерные эксперименты
- Статистическое моделирование (стенды)
- Обратные задачи (задачи проектирования) (стенды)
- Все это требует разработки большого числа интерактивных приложений, в том числе и студентами (Just for Fun)

Ясность и визуализация

- Научная визуализация и анимация даже на первых шагах
- Маркеры внимания “STEM – не просто слово из четырех букв” (сюжеты, ссылки)



Учебные материалы со сгенерированными рисунками

Информация — это не знание,
Знание — это не мудрость,
Мудрость — это не истина,
Истина — это не красота,
Красота — это не любовь,
Любовь — это не музыка,
А Музыка — преемство всего

Frank Zappa
"Packard Goose" "Joe's Garage Acts II & III" (1979)

В.Ф. Очков, А. Тихонов
Москва, НИУ «МЭИ»



Как решать задачи, или триалог о королях и капусте¹, решении задач, STEM, STEAM и STREAM в образовании². Часть I

Однажды в одном царстве, тридесятм государстве собрались трое, чтобы поговорить о разном: о королях и капусте, о современном образовании о задачах, о том нужно ли их решать, а если нужно, то как.

Дальше этих трюх мы будем называть Математик (М) (он преподает математику на младших курсах технического университета), Инженер (И) – на самом деле преподаватель инженерных дисциплин на старших курсах, заодно читающий курс по решению научно-технических и инженерных задач. Последним участником триалога является тот, для кого все это делается, – студент (С).

Они будут говорить об очевидных вещах – о постановке и решении задач. Чай налит, можно начинать наш триалог.



I.1 Как преподавать и изучать естественно-научные дисциплины?

М.: Мне нравится цитата, приведенная в качестве эпиграфа. Но Пушкин в «Моцарте и Сальери» писал: «Из наслаждений жизни / Одной любви музыка / уступает; / Но и любовь мелодия...».

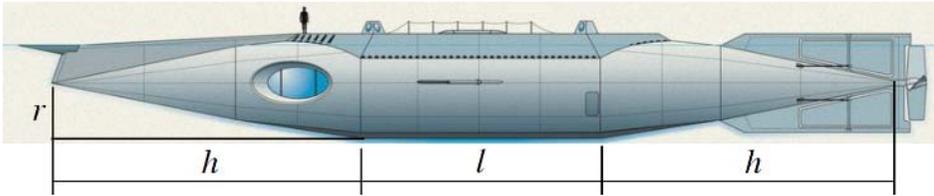
И.: Я бы в начало цитаты добавил: «Данные – это не информация.» И, возможно, заменил бы мудрость на понимание. Мы в этой книге собираемся заняться

¹ Авторы отсылают читателя к роману О'Генри «Короли и капуста».

² Не всегда высказанные в статье мнения совпадают с мнением самих авторов и администрации организаций, где они работают.

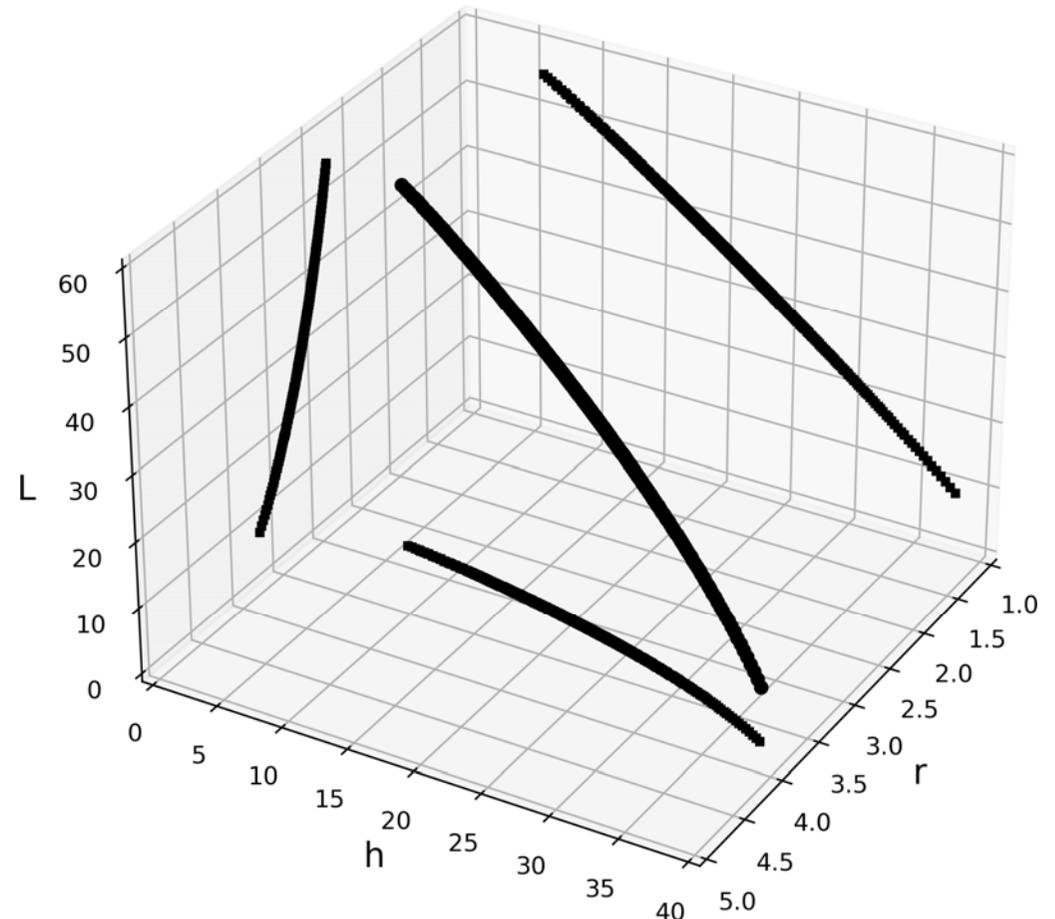
Сюжеты

- Задача о размерах Наутилуса

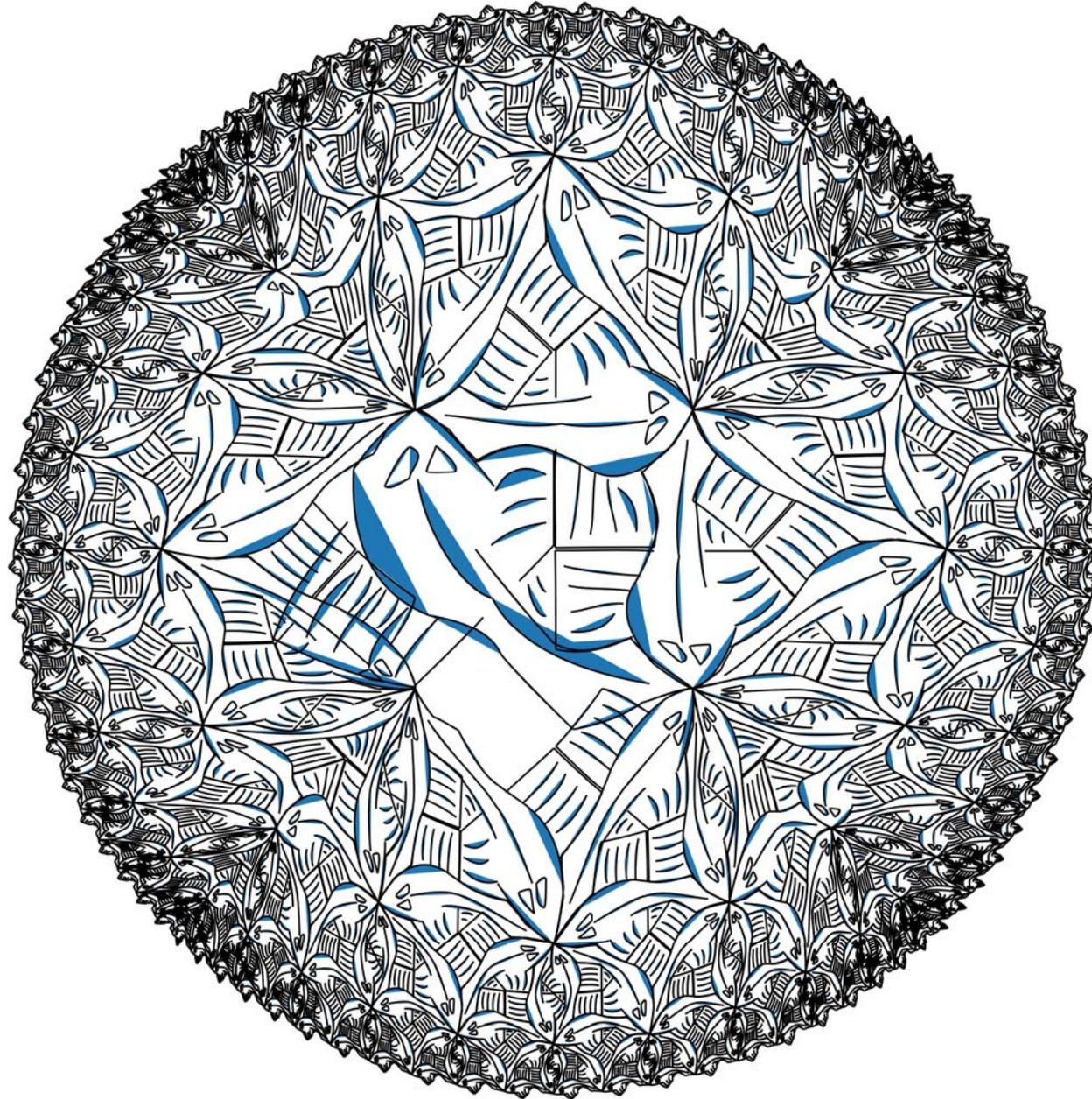


- Численное, символьное, графическое решение систем алгебраических уравнений
- Существование, единственность, множественность решений

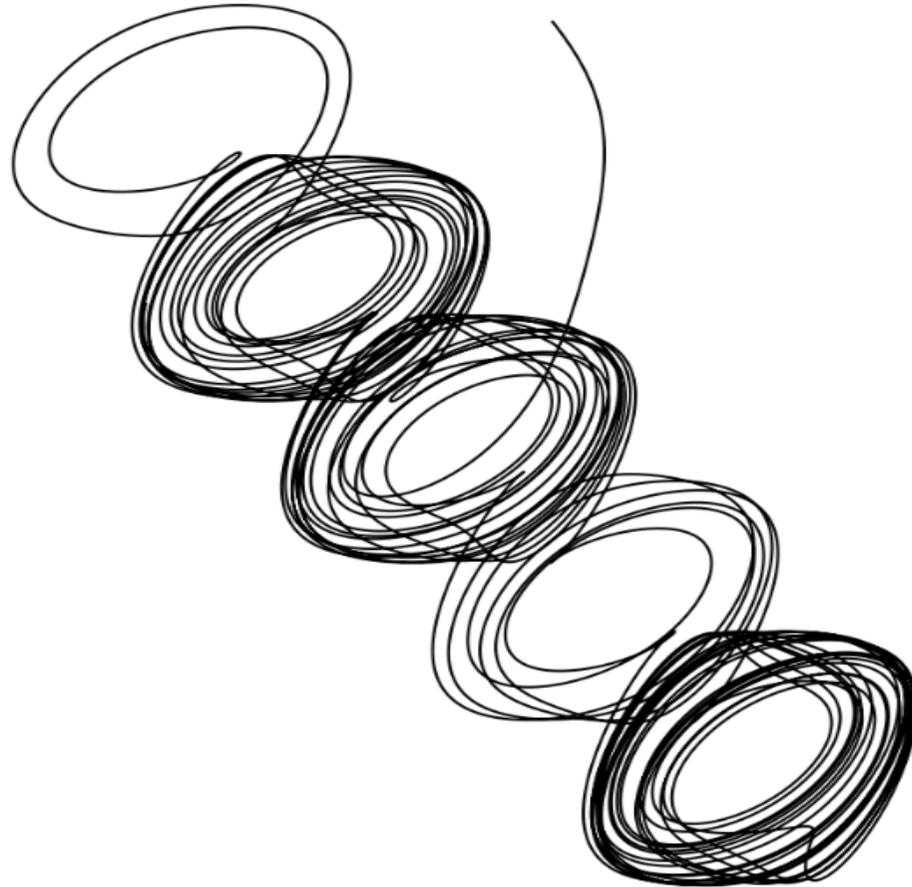
- Выбор размеров, обеспечение комфортного функционирования экипажа



Пространственные группы. Круговой предел Эшера



Решение дифференциальных уравнений, предсказание погоды



Заодно, детерминированный хаос, анимация, галерея странных аттракторов

Электронные учебники

Узоры, фракталы, аттракторы на Python

МОИ

Узоры, фракталы, аттракторы

- Галерея
- Предисловие
- Узоры
 - Точки и кривые на комплексной плоскости
 - Приложение для рисования узоров
 - Спирограф
 - Обобщение спирографа
 - Симметрия узоров
 - Генерация галерей узоров
 - Семейства узоров
 - Усложняем узоры
 - Вопросы и задачи
 - Использованные источники
 - Исходные тексты приложений
- Фракталы
- Странные аттракторы

Обобщение спирографа. «Волшебные» кривые»

1 из 3

Автоматически

Обобщения спирографа. «Волшебные» кривые»

Формула (2) позволяет нарисовать бесконечное множество кривых, в том числе представленные на Рис. 22–24 [2]. Одни из них кажутся привлекательными, другие нет. На наш взгляд, привлекательные кривые должны обладать симметрией, т.е. совмещаться сами с собой при повороте на определенный угол.

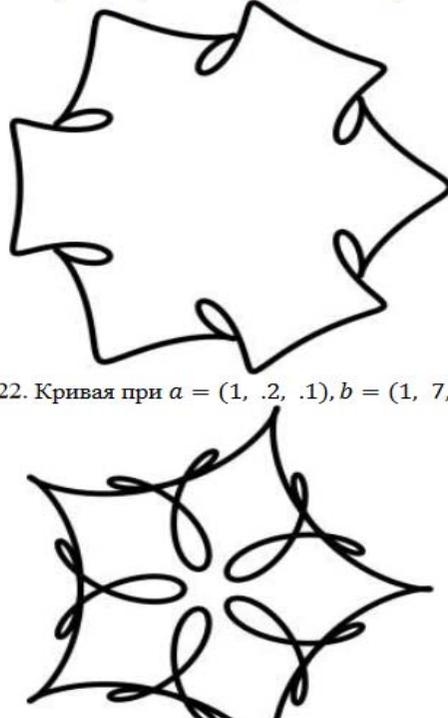


Рис. 22. Кривая при $a = (1, .2, .1), b = (1, 7, -14)$

Вычислительные эксперименты

Волшебные кривые на комплексной плоскости

$$w(t) = \sum_{k=0}^n a_k e^{ib_k t}, 0 \leq t \leq q\pi$$

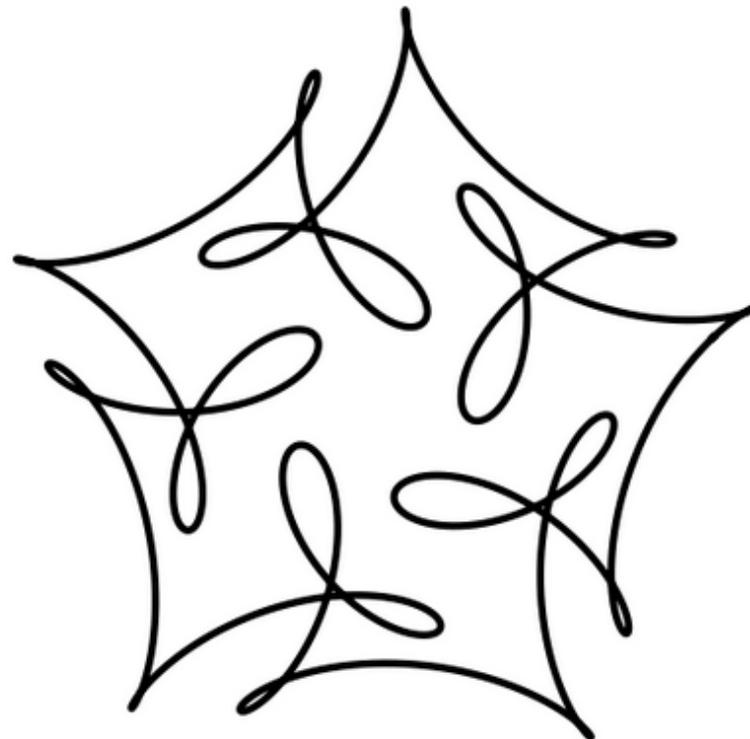
а:

в:

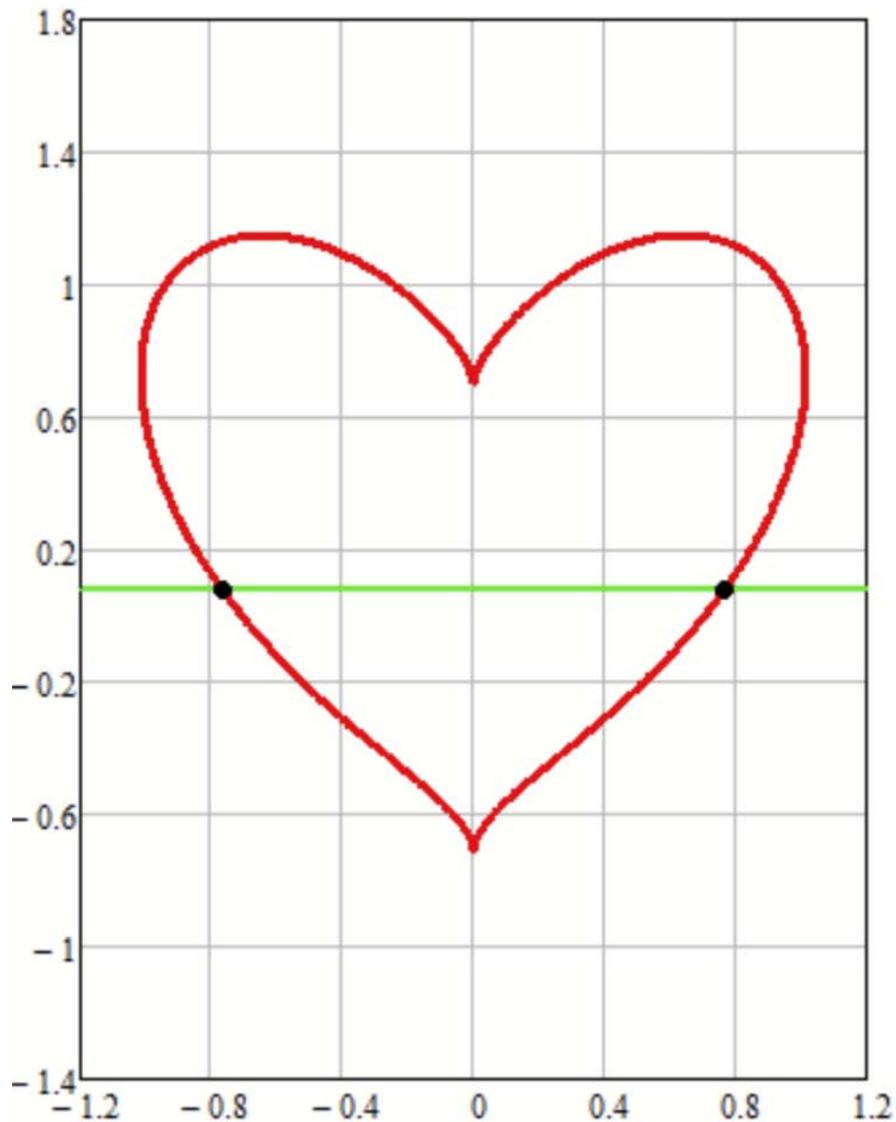
п:

размер:

толщина:



Области притяжения корней алгебраических уравнений



Обратные задачи (задачи проектирования)

- Требуется подобрать часть входных и выходных параметров так, чтобы все они удовлетворяли заданным ограничениям
- Для решения обратной задачи используется интерактивное приложение для решения прямой задачи: по заданным входными параметрам рассчитываются выходные.
- В приложение добавляются средства логирования, доступные только преподавателю
- Как показал опыт, такой подход не позволяет использовать метод грубой силы и полезен для активизации знаний

Моделирование кабельных линий при приложении синусоидального напряжения

Параметры линии

R, Ом/м:

L, Гн/м:

C, Ф/м:

G, См/м:

f, Гц:

l, м:

Внешние воздействия на линию

E, В:

Zн, Ом:

Характеристический импеданс, импеданс нагрузки

Z0, Ом:

Y:

λ, м:

Параметры визуализации

n:

Независимая переменная:

Минимальное значение:

Максимальное значение:

Зависимая переменная:

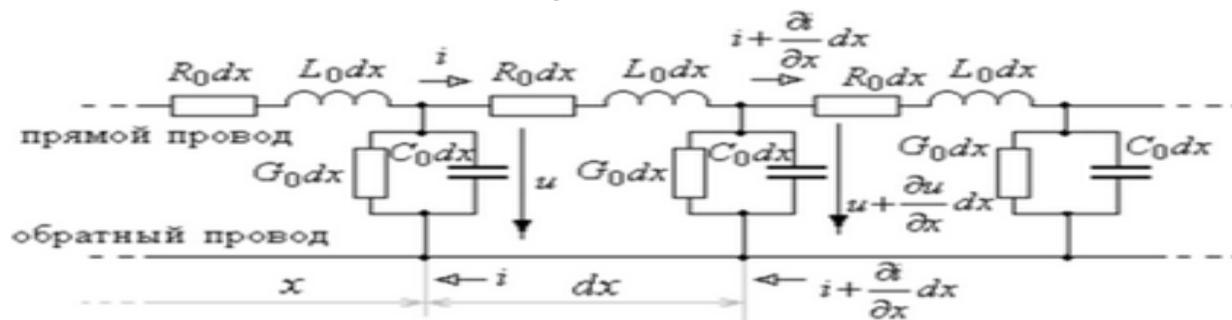
Тип рисунка:

Шкала по оси абсцисс:

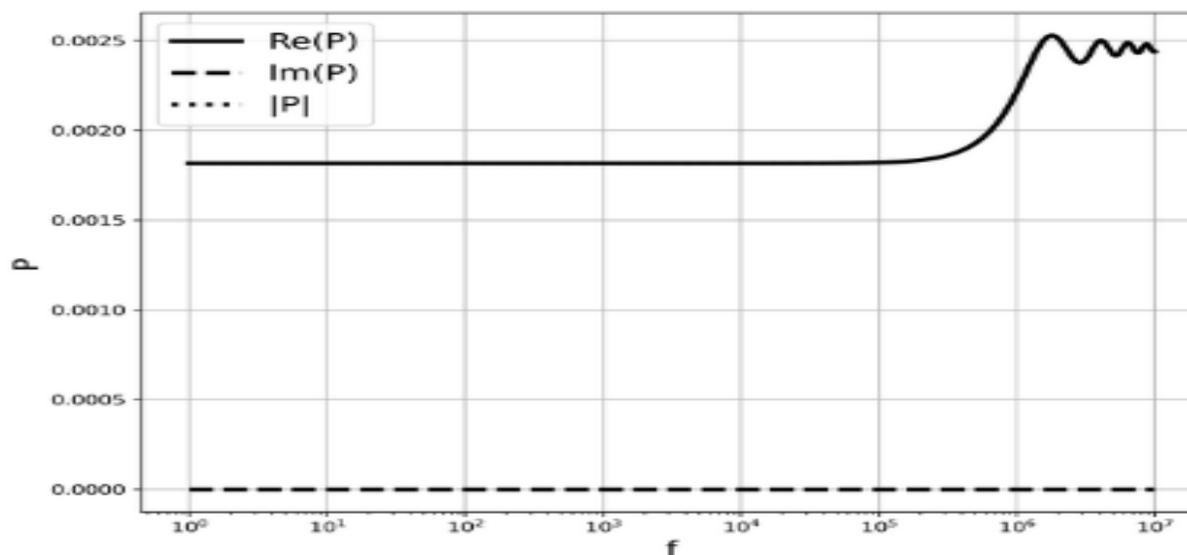
Время счета, с:

Запустить

Схема замещения кабельной линии



Зависимость мощности от частоты (f)



Самоподобие фрактальных множеств Жулиа

Вариант множества: 12 × ▾

Палитра matplotlib: Spectral × ▾

Число цветов в палитре: 20 × ▾

Число разбиений: 500 × ▾

Размер рисунка: 6 × ▾

константа c:

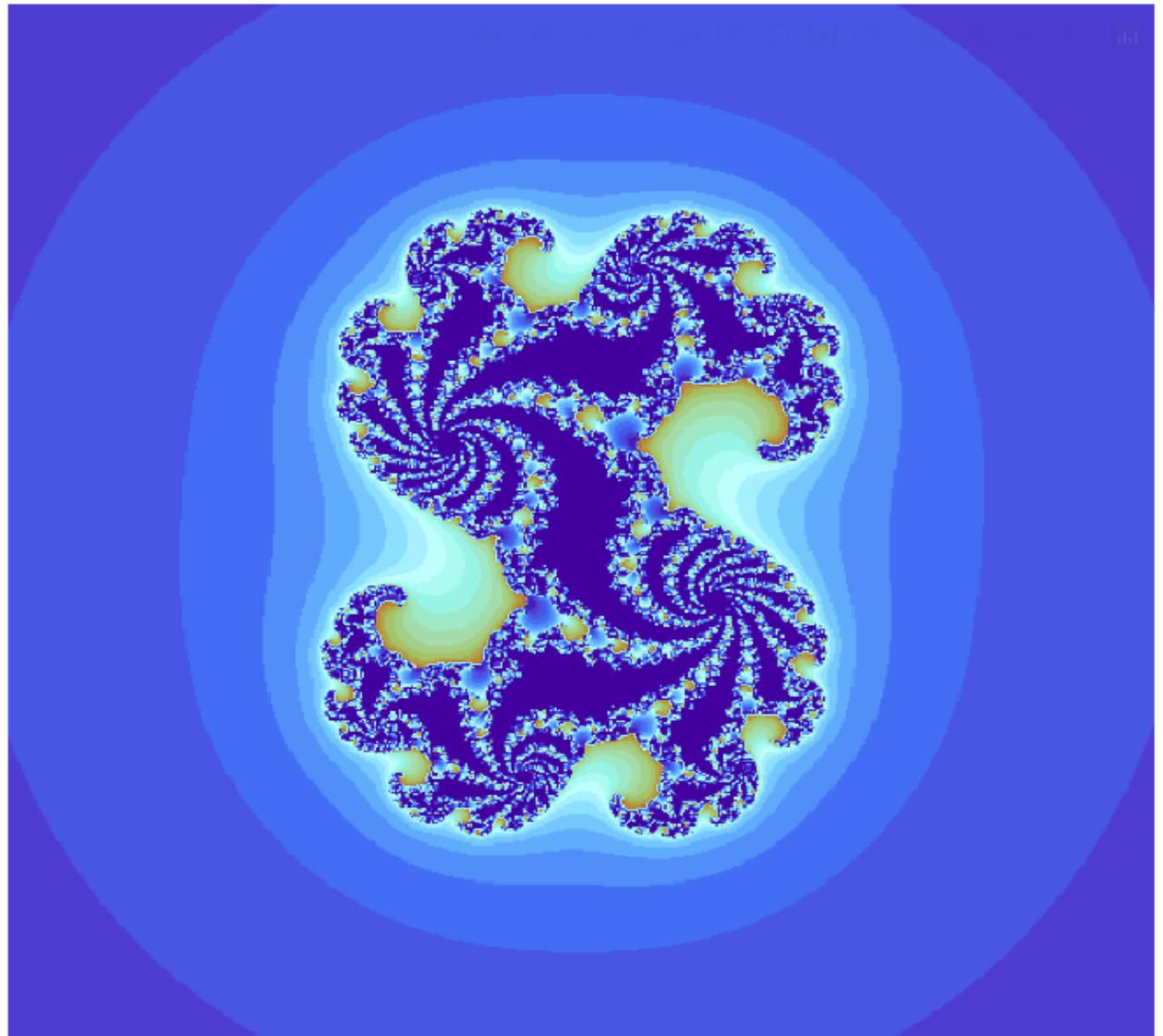
x0: ▾

y0: ▾

x1: ▾

y1: ▾

Время счета, с: ▾



Статистическое моделирование

- Моделирование технологических процессов
- Анализ чувствительности
- Оптимизация по критерию максимизации процента выхода годных

Статистическое моделирование

Лабораторный стенд

Задание

Описание

Входные параметры

Выходные параметры

$I_m =$ 0,0229 A

[0,0183 , 0,0275] A

$U_m =$ 0,7048 B

[0,56 , 0,84] B

$T =$ 0,0000000111 c

[0,89 , 1,33] 10^{-8} c

$k_s =$ 0,153

[0 , 0,2]

$n =$ 1000 Итераций

Статистическое моделирование

Годность, %

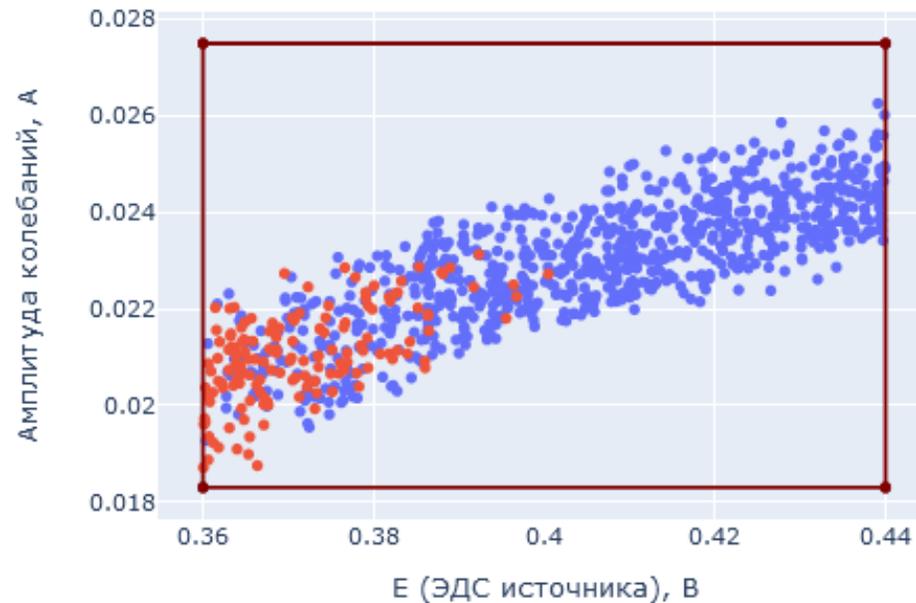
E, B

R, Ом

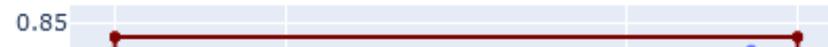
L, Гн

C, Ф

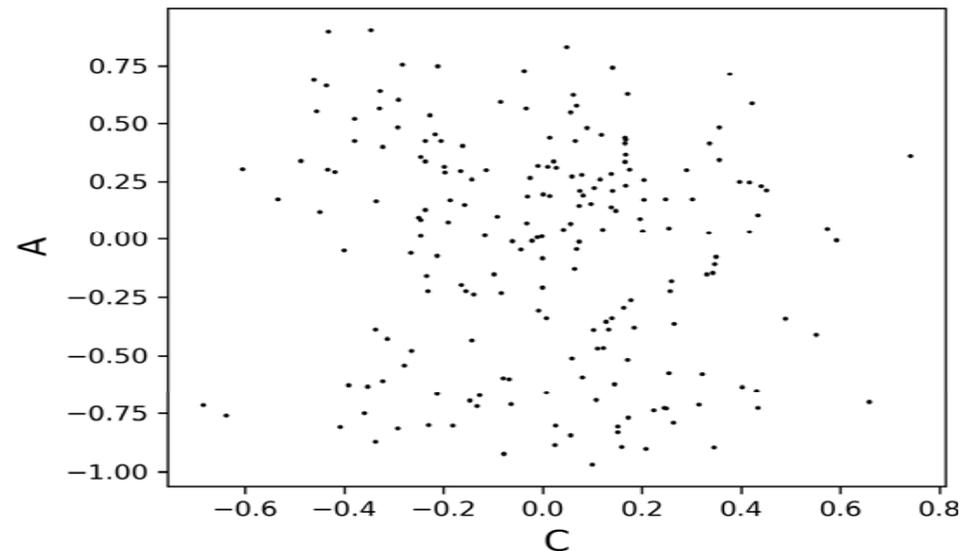
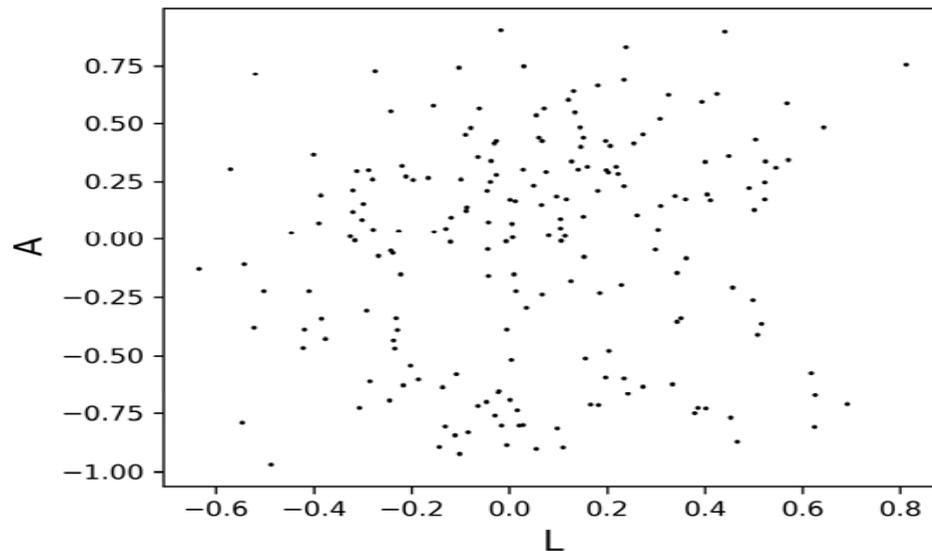
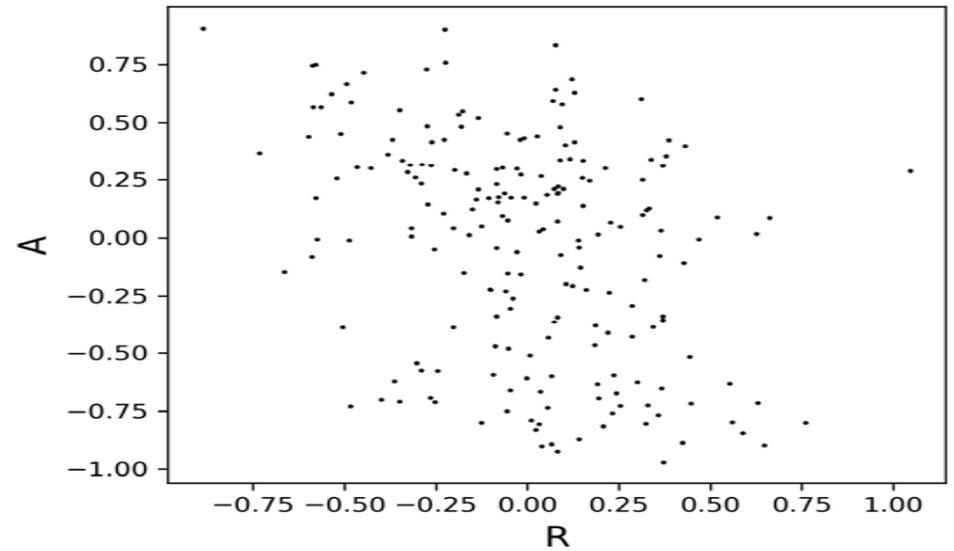
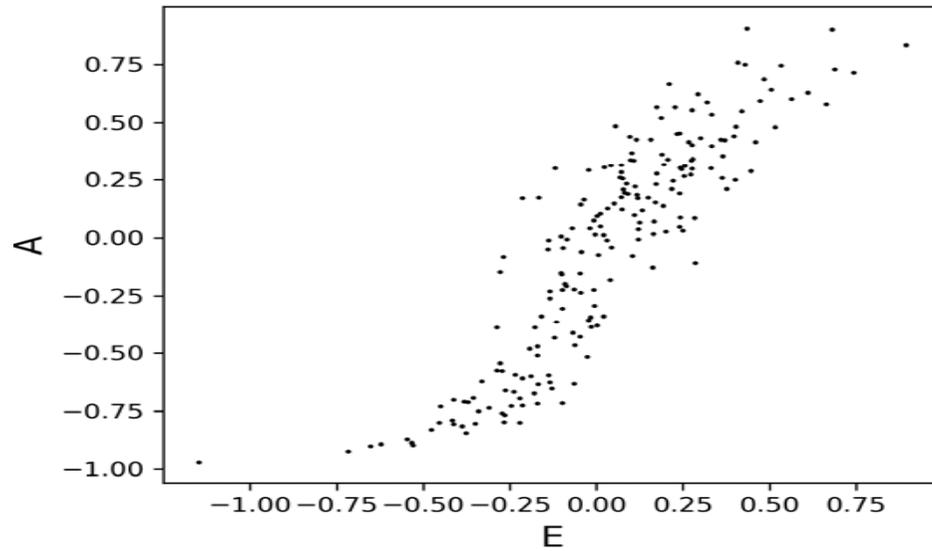
Амплитуда колебаний vs E (ЭДС источника)



Амплитуда колебаний vs E (ЭДС источника)



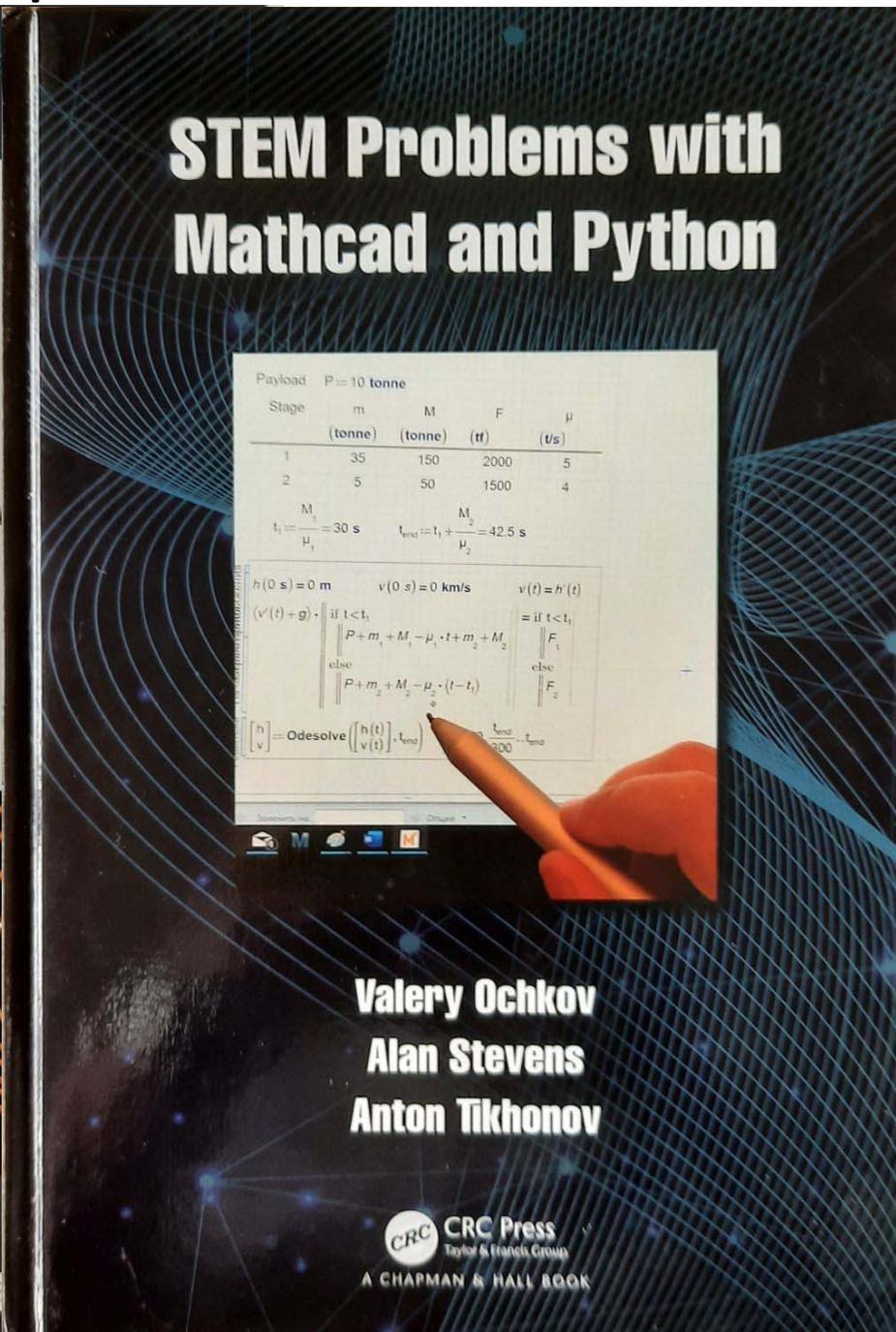
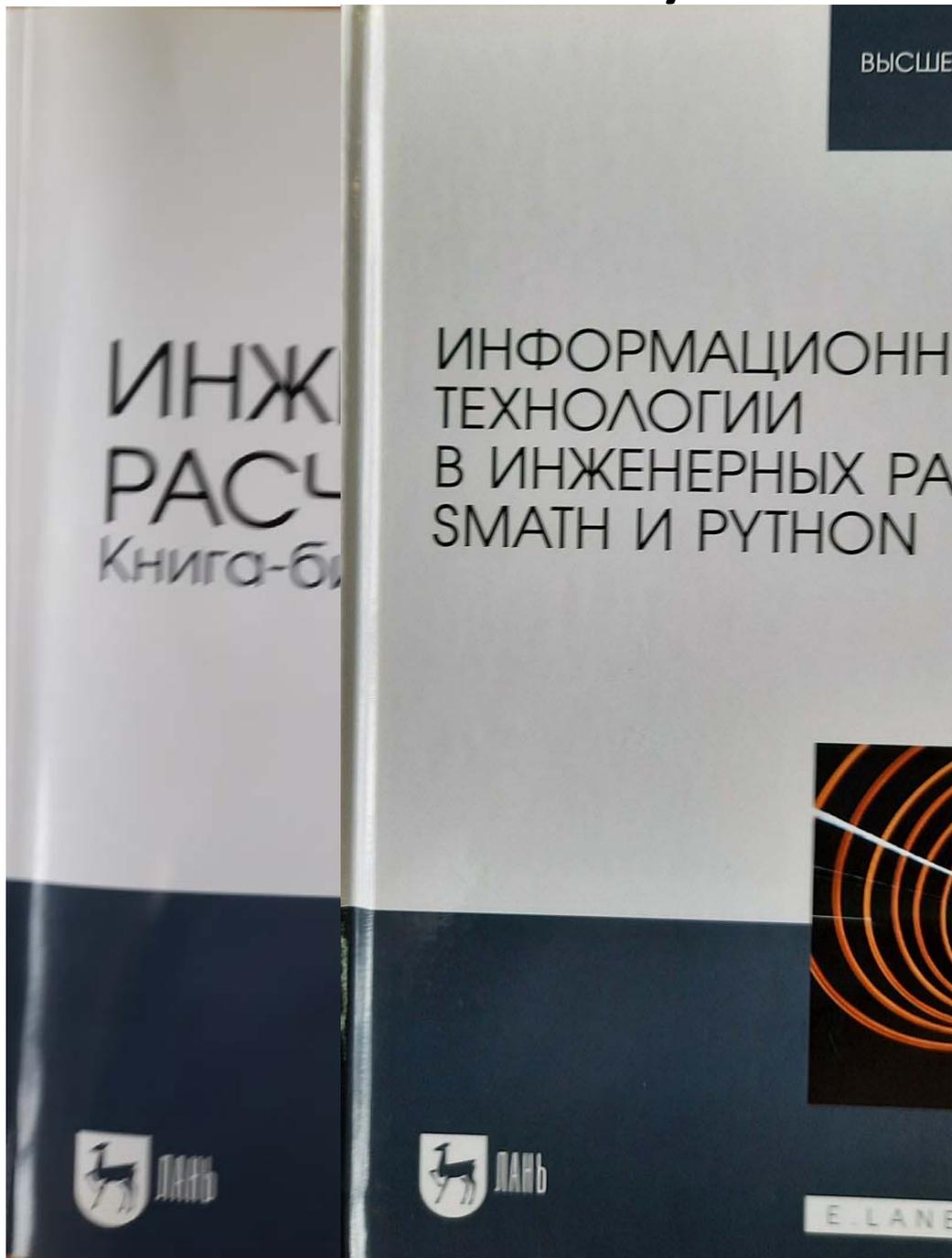
Попарные диаграммы рассеяния для статистического моделирования генератора

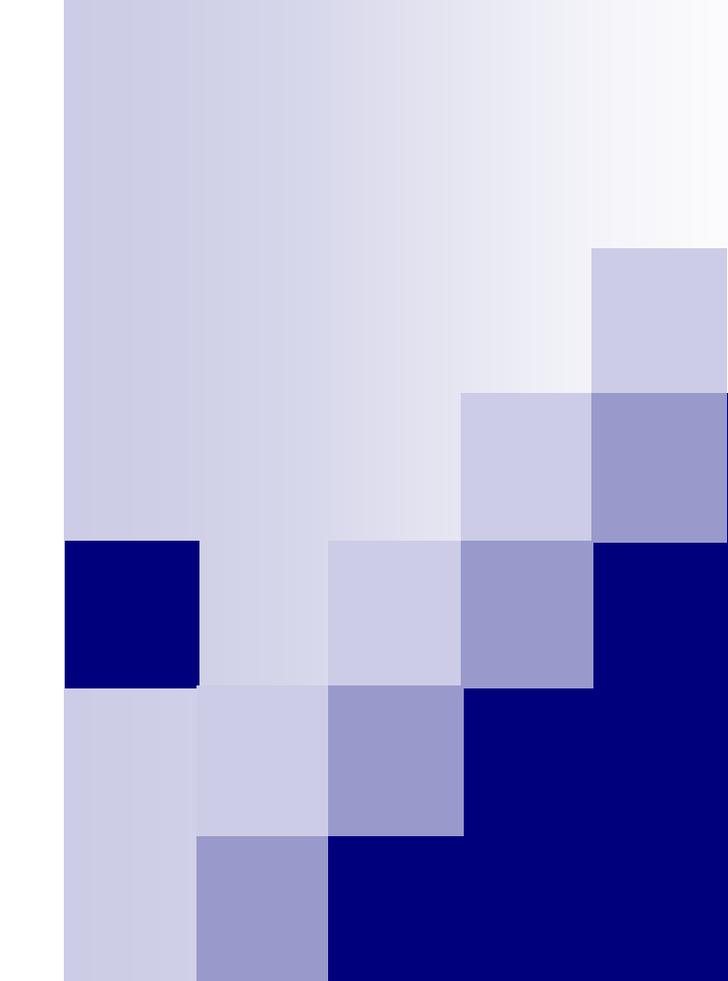


Проблемы

- Трудоемкость. Нужно готовить сюжеты, учебные материалы. Jupyter, генератор сайтов, портативный сервер приложений
- Портативность. Трудно проводить занятия в обычных аудиториях (нужны розетки, wifi, ноутбуки или планшеты, иногда смартфоны)
- Требуется вовлекать студентов в разработку учебных материалов

Публикации





Спасибо за внимание!