

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Физико-Механический институт

Работа допущена к защите  
Директор высшей школы  
\_\_\_\_\_ А.М. Кривцов  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**РАБОТА МАГИСТРА**

**ТЕМА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

по направлению подготовки 01.04.03 Механика и математическое моделирование  
Направленность (профиль) 01.04.03\_04 Математическое моделирование  
процессов нефтегазодобычи

Выполнил  
студент гр. 5040103/10401

А.А. Муравцев

Руководитель  
должность,  
степень, звание

И.О. Фамилия

Консультант  
должность, степень

И.О. Фамилия

Консультант  
по нормоконтролю

И.О. Фамилия

Санкт-Петербург  
2022

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Построение CAD-модели изделия .....	5
1.1 Эскиз .....	5
1.2 Extrude .....	5
1.3 Выводы .....	5
2. Построение сетки .....	6
2.1 Встроенные функции .....	6
2.2 Выводы .....	6
Заключение .....	7
Список использованных источников .....	8

## ВВЕДЕНИЕ

Проектирование любой современной сложной конструкции предполагает проведение большого количества компьютерных экспериментов с целью выбора подходящих материалов компонентов конструкции, сокращения затрат во время производства, увеличения срока службы изделия, а также раннего выявления инженерных ошибок, которые могут привести к разрушению.

Чтобы предотвратить поломку сложной конструкции, для каждого её компонента необходимо провести тщательный анализ физического состояния (напряжённо-деформированного состояния и т.д.), в котором будет находиться рассматриваемая деталь. Другими словами, провести моделирование реакции рассматриваемой детали на заданные внешние воздействия.

В частности, вибрация (механические колебания машин и механизмов) может вызвать неисправность и поломку конструкции, при проектировании детали которой нарушена динамическая целостность и баланс прилагаемых нагрузок. Это может привести к массовым техногенным авариям, таким как обрушение моста.

Модальное представление — один из возможных способов рассмотрения вибрации конструкций. Вибрация и деформации конструкций при механическом возбуждении на собственных частотах характеризуются конкретными формами, которые называются собственными формами колебаний (колебательными модами). В типовых условиях эксплуатации характер вибрации будет сложным, включающим все собственные формы. Но если изучить каждую собственную форму отдельно, то с помощью этих знаний можно анализировать все имеющиеся типы вибрации. Определение собственных частот, коэффициентов демпфирования и форм колебаний конструкции по результатам измерений частотной передаточной функции (ЧПФ) называется модальным анализом.

Для прогнозирования вибрационных характеристик проектируемой конструкции используется динамический модальный анализ методом конечных элементов. При таком анализе всю конструкцию представляют теоретически в виде набора пружин и масс, после чего составляют систему матричных уравнений, описывающих конструкцию. Затем к полученным матрицам применяется математический алгоритм для определения собственных частот и форм колебаний конструкции. С помощью этого метода прогнозируют модальные параметры конструкции до ее изготовления, чтобы заблаговременно

выявить возможные проблемы и устранить их на ранних стадиях процесса проектирования.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить способы построения известных моделей машинного обучения с помощью языка программирования Python [1; 3];
- оформить визуализацию диаграмм ошибок прогноза и сравнить их с аналогичными диаграммами из работы [2]

## **1. ПОСТРОЕНИЕ CAD-МОДЕЛИ ИЗДЕЛИЯ**

### **1.1. Эскиз**

1.1

Рис.1.1. Построенная CAD-модель

### **1.2. Extrude**

### **1.3. Выводы**

В результате исследования

## **2. ПОСТРОЕНИЕ СЕТКИ**

### **2.1. Встроенные функции**

### **2.2. Выводы**

В текущей главе были

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе предприняты попытки улучшить качество аппроксимаций, которые были построены в работе [2].

С помощью регрессии опорных векторов и чрезвычайно рандомизированных деревьев получились более точные результаты прогноза, чем результаты прогноза градиентного бустинга.

Однако построить простую (не ансамблевую) модель с результатами точнее результатов нейронной сети не удалось.

В дальнейшем точность прогноза может быть улучшена с помощью ансамблевых методов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Документация scikit-learn. — URL: <https://scikit-learn.ru> (дата обращения: 20.05.2022).
2. *Муравцев А. А.* Построение метамоделей притока флюида к вертикальной скважине по данным из гидродинамического симулятора. — СПб.: Высшая школа теоретической механики, 2021. — 95 с. — (Сер.: ВКР).
3. *Brownlee J.* Master Machine Learning Algorithms. — 2017. — 162 p.