



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«МИРЭА – Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

Институт информационных технологий

КАФЕДРА ПРАКТИЧЕСКОЙ ПРИКЛАДНОЙ ИНФОРМАТИКИ (ППИ)

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Методы анализа данных»

Выполнил студент группы ИМБО-01-20 Кильдишев А.С.(_____)

Принял профессор кафедры ПМ

Кузьмин В.И.(_____)

Практическая работа выполнена

«__»_____2023г.

«Зачтено»

«__»_____2023г.

Москва 2023

1. ВВЕДЕНИЕ

За долгие годы своего существования дисциплина ракетостроения получила репутацию непознаваемого предмета, истины которого доступны только избранным. В данной работе мы постараемся познать детали этой комплексной дисциплины, собрав и проанализировав данные о ракетных двигателях.

2. ТЕОРИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Данные для анализа были собраны из множества статей онлайн энциклопедии ru.wikipedia.org и нескольких статей из технических журналов и документаций о ракетных двигателях.

В анализе принимают участие следующие характеристики:

- Тяга двигателя (Н);
- Удельный импульс (м/с);
- Давление в камере сгорания (Н/м³);
- Время горения (с);
- Высота двигателя(м);
- Диаметр двигателя(м);
- Масса двигателя(кг);

Анализ будет производиться двумя методами. Первый из них – построение безразмерных комплексов. Из имеющихся характеристик были построены 3 безразмерных комплекса:

F	Тяга двигателя (Н)
D	Удельный импульс (м/с)
P	Давление в кам. сг. (Н/м ³)
t	Время горения (с)
h	Высота (м)
d	Диаметр (м)
m	Масса (кг)

$$P_1 = \frac{hd}{D^2 t^2}$$

$$P_2 = \frac{Ft}{mD}$$

$$P_3 = \frac{F}{Phd}$$

Вторым методом является масштабирование относительно системы естественных критических единиц согласно системе реперов, предложенной

Наименование	Размерность	Ед. измерения	Реперное значение
Длина	L	м	$3,8615905 \cdot 10^{-13}$
Масса	M	кг	$9,109534 \cdot 10^{-31}$
Время	T	с	$1,2880879 \cdot 10^{-21}$

Руарком:

Рассчитаем значение репера для тяги (Н). $N = \text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2$. Подставляя значения из таблицы выше, получим величину репера, равную $1.332144 \cdot 10^{-13}$.

Имея отмасштабированные характеристики, мы можем рассматривать их ранговые распределения и соотношения друг с другом.

3. ХОД РАБОТЫ

Для каждого безразмерного комплекса построим ранговое распределение и график в полулогарифмическом масштабе. Так же для каждого комплекса обозначим его квантование по экспоненте. Подчеркнём, что при упоминании безразмерных комплексов с этого момента речь будет идти об их натуральных логарифмах. Логарифм берётся для нужд анализа.

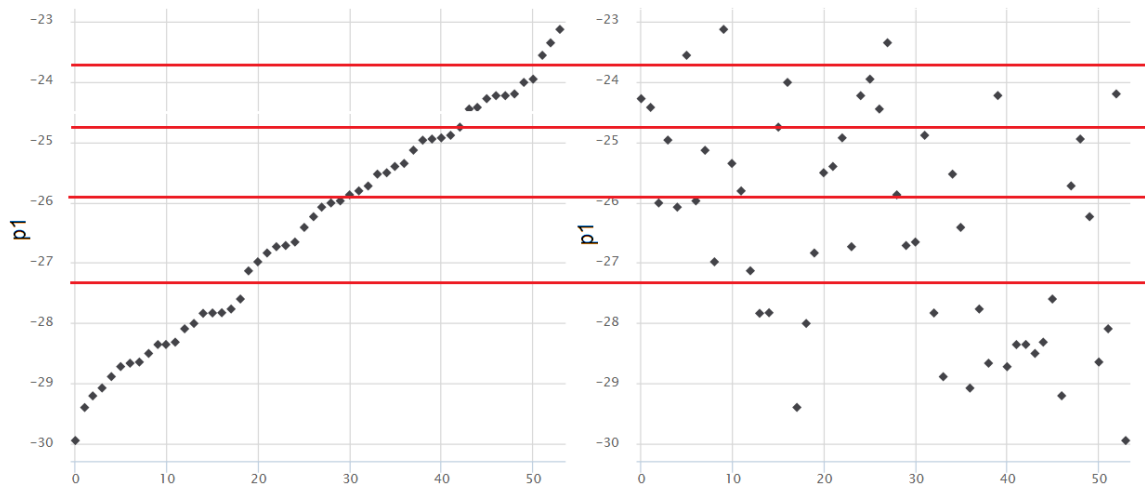


Рис.1. График первого безразмерного комплекса

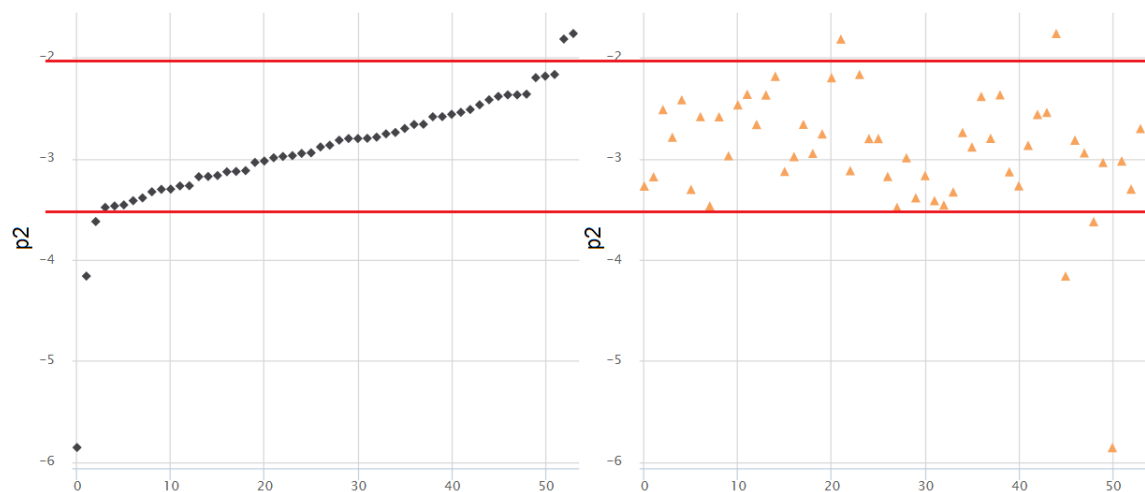


Рис.2. График второго безразмерного комплекса

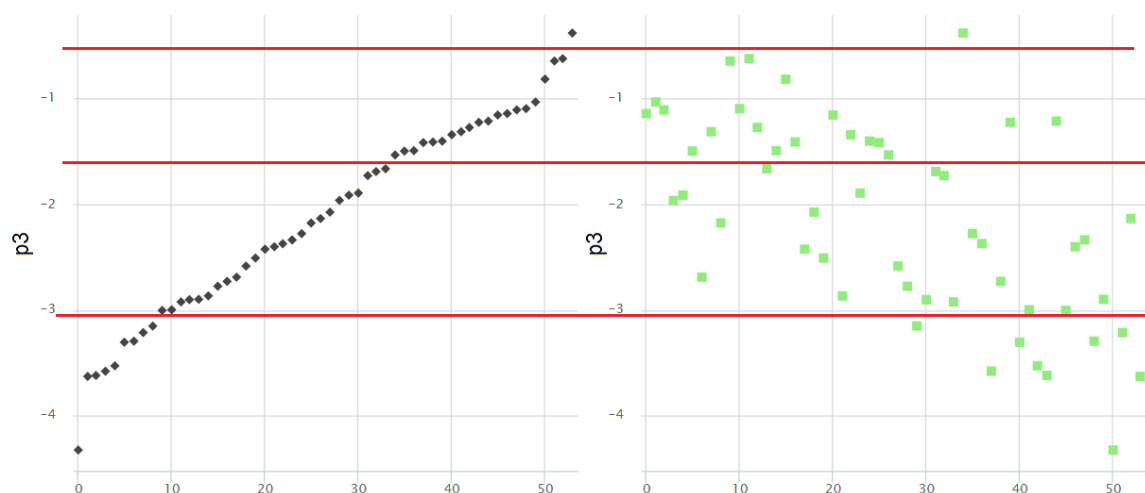


Рис.3. График третьего безразмерного комплекса

Построим графики зависимостей безразмерных комплексов друг от друга.

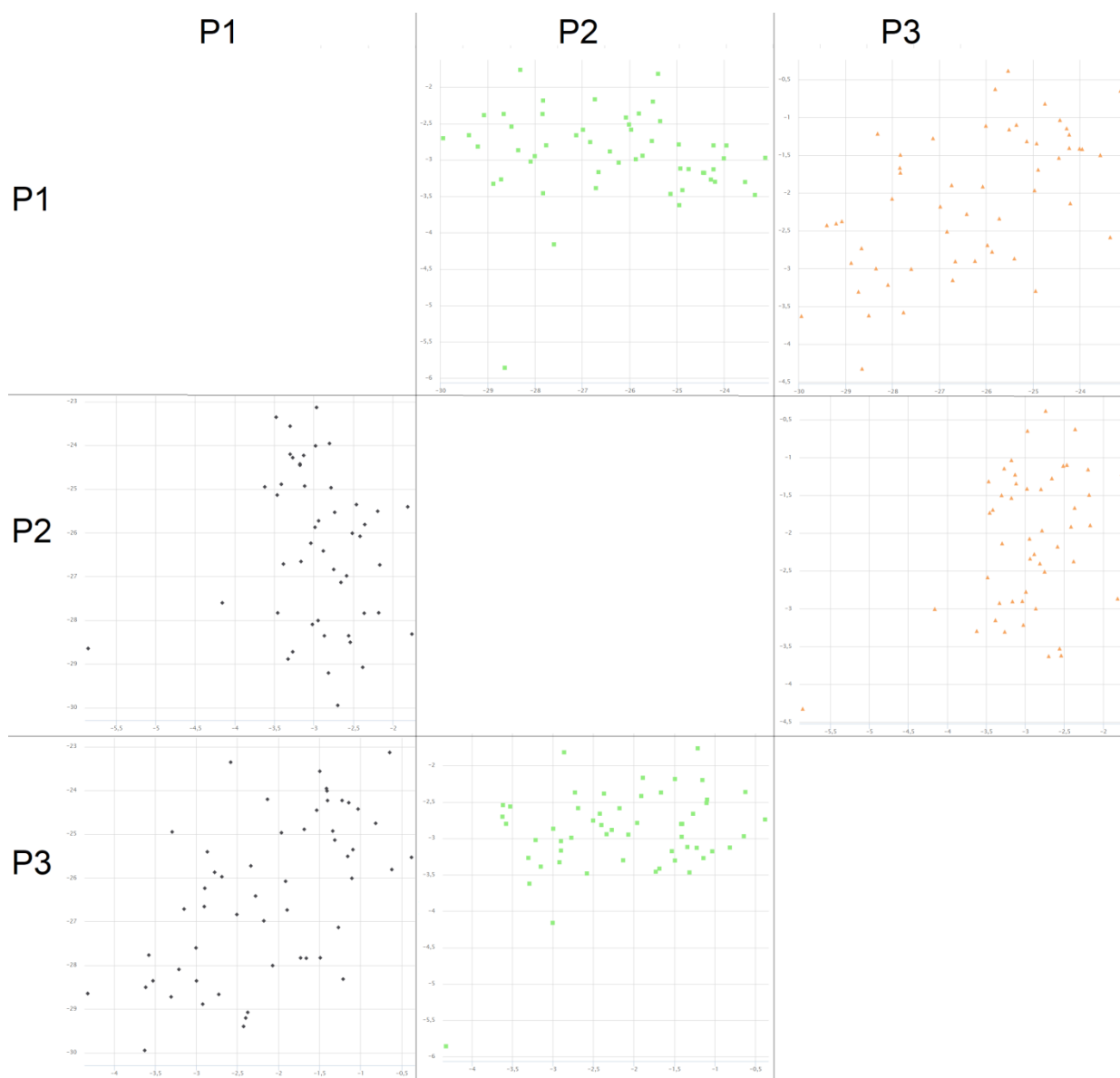


Рис.4. Зависимость безразмерных комплексов друг от друга

Рассмотрим график зависимости первой величины от третьей. На графике

выделяются 4 основных класса, которым, при квантовании по экспоненте, соответствуют пронумерованные от 1 до 6 области.

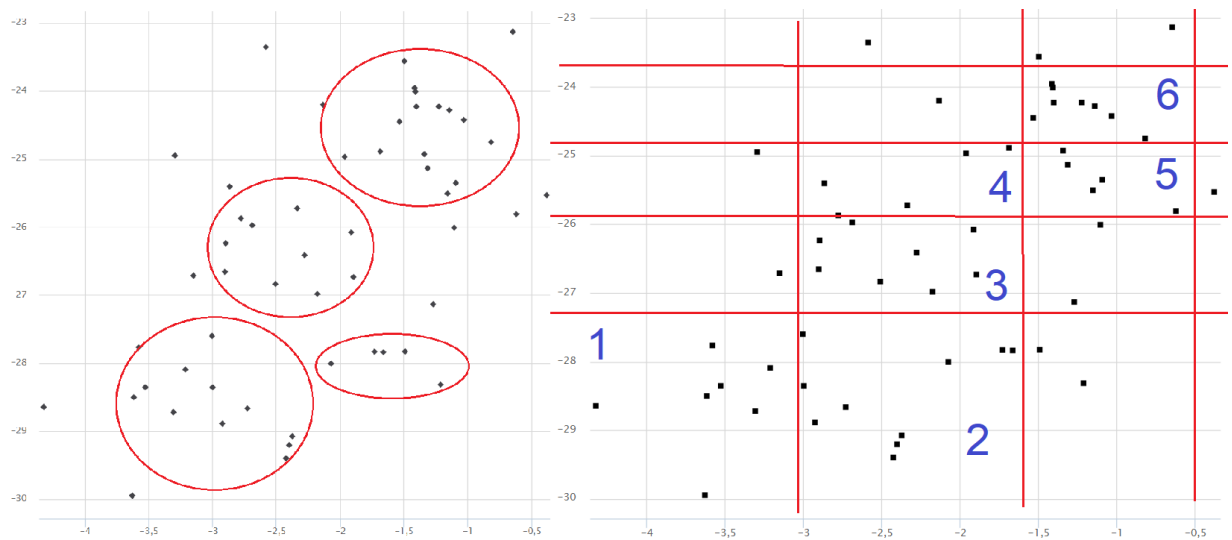


Рис.5. График в координатах P1(P3) и квантование по экспоненте

Рассмотрим каждую из них. Области 1 соответствуют исключительно вакуумные ракетные двигатели, обладающие низкой массой и малыми габаритами, низкой тягой, но высоким удельным импульсом и временем горения. Такие двигатели располагаются на третьих и выше ступенях ракет-носителей. Примеры: квд-1, r1-10.

Области 2 соответствуют тяжеловесные двигатели верхних ступеней. Их характеризует повышенная тяга, высокий удельный импульс и время горения. Примеры: Aestus, Vulcan.

Области 5 и 6 соответствуют, двигатели, наиболее эффективные на уровне моря, из-за чего применяются на первых ступенях ракет-носителей. Их характеризует низкий удельный импульс, низкое время горения, но высокая тяга. Примеры: рд-170, Merlin1D.

Области 3 и 4 соответствуют адаптированные для вакуума двигатели первых ступеней и двигатели, хорошо показывающие себя как в вакууме, так и на уровне моря. Такие двигатели часто встречаются на вторых ступенях ракет-носителей или в основе двухступенчатых ракет-носителей. Примеры: Raptor, рд-0120, Merlin1D-vacuum.

Рассмотрим график зависимости первой безразмерной величины от второй.

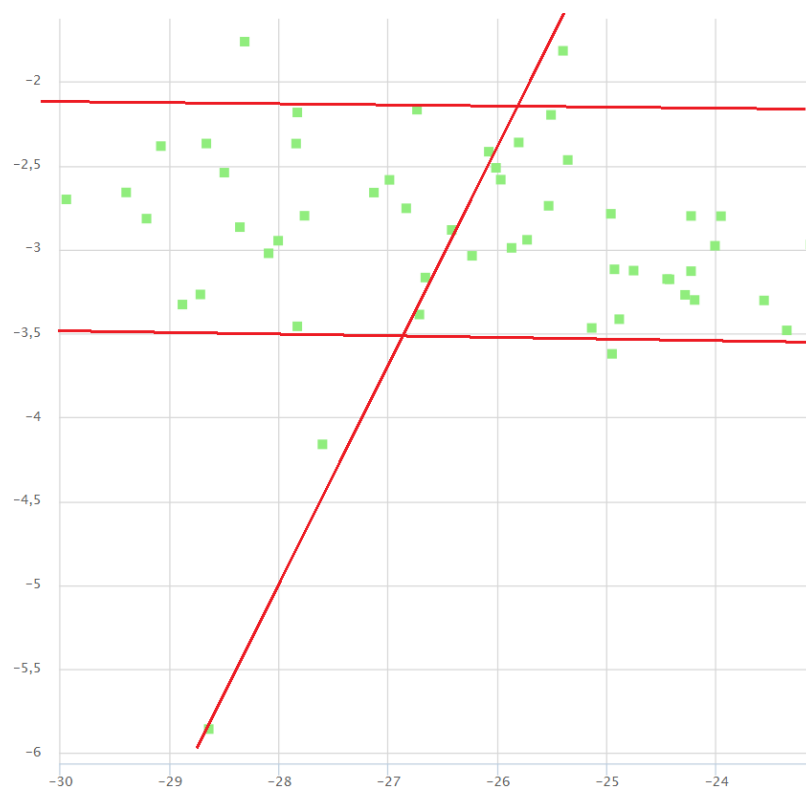


Рис.6. График в координатах P1(P2).

На графике чётко прослеживается линия поддержки и линия сопротивления, параллельные друг другу. Так же можно отметить прямую, вдоль которой располагается множество значений, лежащих, и не лежащих между линиями поддержки и сопротивления.

Рассмотрим график зависимости третьей безразмерной величины от второй.

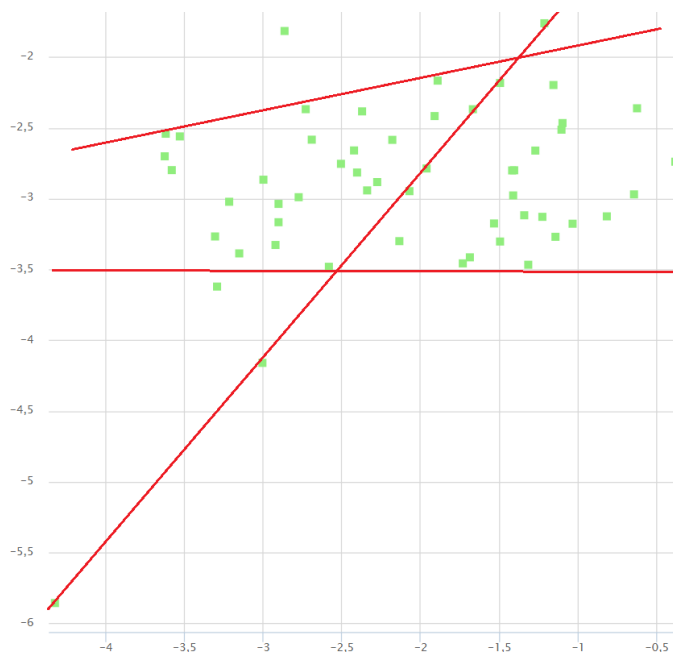


Рис.7. График в координатах P3(P2)

На графике так же хорошо видная линия поддержки и сопротивления, а так же прямая, вдоль которой лежит множество значений.

Интересное наблюдение. Обе выделяющиеся прямые имеют в себе общую черту – близость к линейному тренду в них обозначает большую приспособленность к работе на уровне моря, когда как отдаление от него несёт смысл большей приспособленности к вакуумной работе. Так же отметим самую левую и нижнюю точку на обоих графиках. Она соответствует маневровому двигателю xlr50. Отличие в назначении значительно выделяет его среди других двигателей из списка.

Приступим ко второй части анализа, для чего отмасштабируем характеристики, умножив их на реперные значения согласно описанному в теоретической части алгоритму.

Рассмотрим график зависимости отмасштабированных характеристик тяги и времени горения в логарифмическом масштабе.

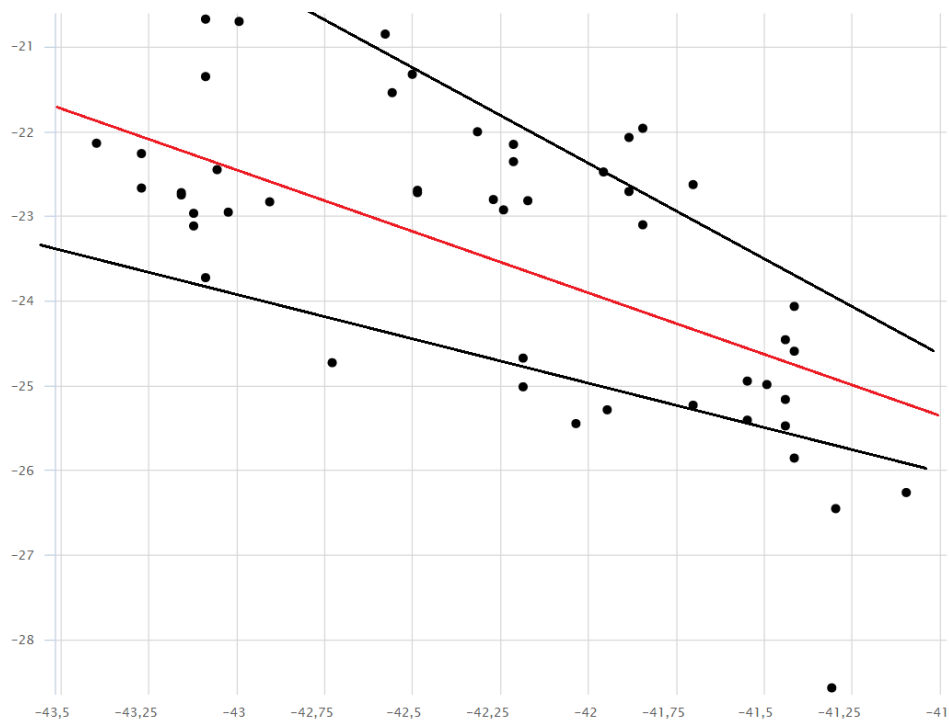


Рис.8. График в координатах $F(t)$ в логарифмическом масштабе

С увеличением тяги время горения понижается. На график изображён линейный тренд $y = -1,380x - 81,89$, линия поддержки и линия сопротивления. Так же отметим, что на отрезке $[-23,2; -24,2]$ по оси тяги происходит фазовый переход. Возведём экспоненту в соответствующие данным значения степени и

поделим результат соответствующее значение репера, чтобы получить критические значения для тяги. Критическими значениями тяги являются $F_1=228,51\text{кН}$ и $F_2=621,51\text{кН}$.

Рассмотрим график зависимости отмасштабированных характеристик тяги и удельного импульса в логарифмическом масштабе.

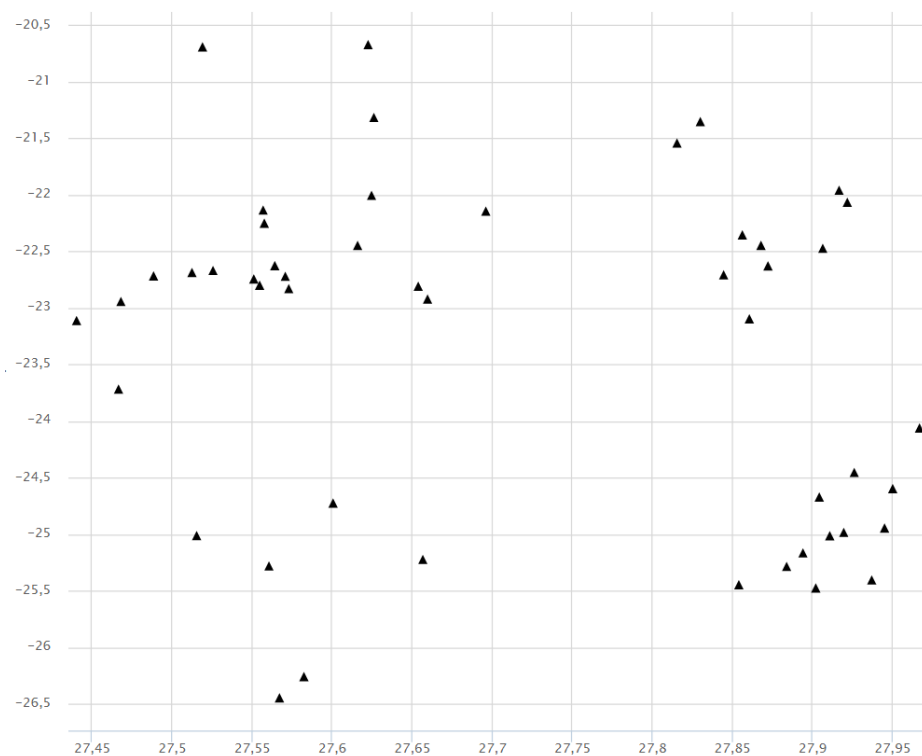


Рис.9. График в координатах $F(D)$ в логарифмическом масштабе

На отрезке $[27,7; 27,81]$ по оси удельного импульса происходит фазовый переход. Критическими значениями удельного импульса являются $D_1=3573,81\text{м/с}$ и $D_2=3989,41\text{м/с}$. Так же заметим разделение точек графика на 4 очевидных класса.

4. ВЫВОД

В ходе работы мы собрали и проанализировали данные о 55 ракетных двигателях, провели их кластеризацию и определили критические значения их параметров.

5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модели и методы научно-технического прогнозирования: учебное пособие / В.И. Кузьмин, А.Ф. Гадзаов. – М.: МИРЭА, 2016. – 90 с.