

Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Московской области  
«Университет «Дубна»  
Филиал «Котельники»

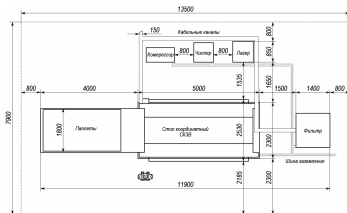
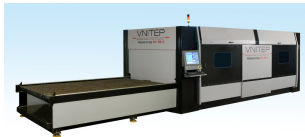
Выпускная квалификационная работа бакалавра на тему:

## Прогнозирование сбоев в работе станков лазерной резки на основе методов интеллектуального анализа данных

Студент:  
Глубоков Д.В., группа ИВТ-41

Научный руководитель:  
д.т.н., Артамонов Ю.Н.

# Станок Навигатор КС-12В



VNITEP  
ADVANCED LASER CUTTING TECHNOLOGY



# Актуальность

Актуальность работы обуславливается отсутствием системы автоматического прогнозирования неисправностей для станков Навигатор.

Кроме этого, в целом существует область прогнозирования неисправностей различных устройств. Данная область также является актуальной и быстроразвивающейся.

# Цель

**Цель:** разработка системы для прогнозирования и обнаружения неисправностей на станках лазерной резки Навигатор КС-12В компании ВНИТЭП

**Объект:** станок лазерной резки Навигатор КС-12В.

**Предмет:** система прогнозирования и обнаружения неисправностей для станка.

## **Задачи:**

- анализ показателей и их краевых значений, предоставляющих сведения о неисправностях станка Навигатор;
- анализ существующих решений и подходов для прогнозирования неисправностей в устройствах;
- обработка и анализ накопленных данных со станка Навигатор;
- обоснование и выбор методов для прогнозирования и обнаружения неисправностей;
- разработка модели прогнозирования;
- введение разработанной системы в эксплуатацию.

# Существующие решения

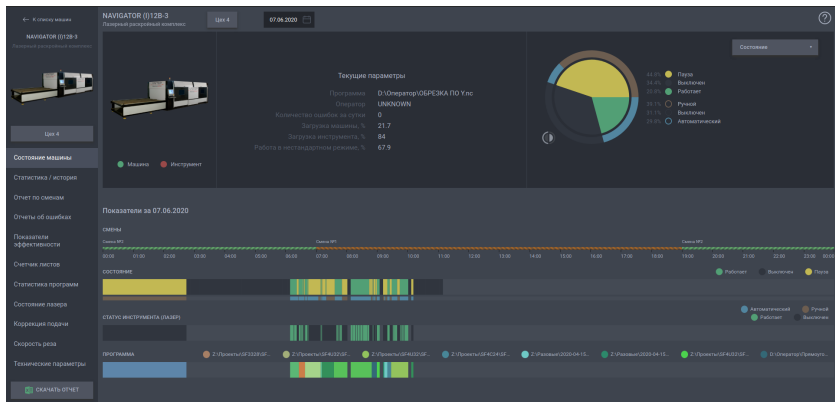
## **Неисправности:**

- выход из строя лазерной головы станка;
- выход из строя оси XYZ;
- ошибки операторов.

## **Существующие подходы к выявлению неисправностей:**

- мониторинг ошибок оператором;
- мониторинг на основе показателей системы Omnicube;
- мониторинг программного обеспечения ЧПУ.

# Мониторинг показателей и ошибок



# Проблема и гипотеза

**Проблема:** Отсутствие системы прогнозирования и выявления потенциальных неисправностей, которая могла бы сэкономить ресурсы компании Сеспель.

**Гипотеза:** Предполагается, что использование методов интеллектуального анализа данных может помочь в решении обозначенной проблемы.



## **Используемые методы и подходы в задачах прогнозирования и определения неисправностей в различных устройствах:**

- анализ временных рядов;
- методы машинного обучения: классификация, регрессия и кластеризация;
- нейронные сети различных архитектур: рекуррентные, сверточные и другие;
- методы теории фильтров и динамических систем: фильтры Калмана, адаптивные фильтры.

# Входные и выходные данные

## **Входные данные:**

- температура лазера;
- мощность лазера;
- установленная мощность лазера;
- время в Unix формате (мировое время).

## **Выходные данные:**

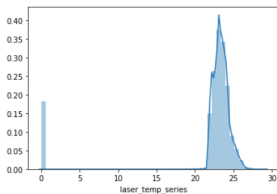
- отчет о состоянии станка.

# Тестирование на нормальность

laser\_temp\_series

Экссесс (острота пика распределения): 4.319019244019009

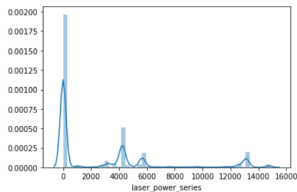
Ассиметрия (искаженность данных): -2.4806179934401724



laser\_power\_series

Экссесс (острота пика распределения): 1.5045682121592465

Ассиметрия (искаженность данных): 1.5639472853029839



laser\_temp\_series

Данные не порождены нормальным распределением:

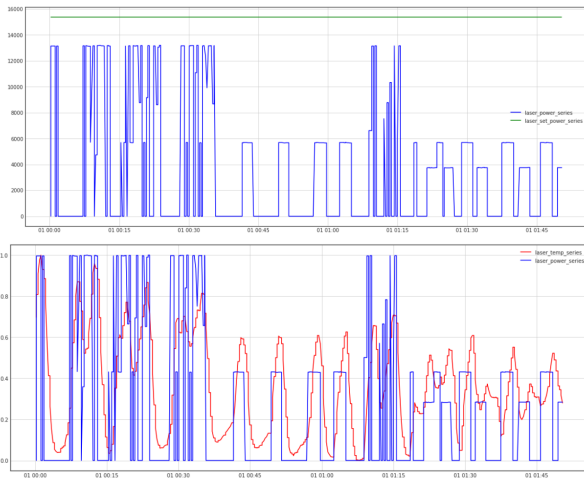
stat=460049.0790975577, p-value=0.0

laser\_power\_series

Данные не порождены нормальным распределением:

stat=247273.96052036807, p-value=0.0

# Свойства параметров температуры и мощности



# Тестирование на стационарность

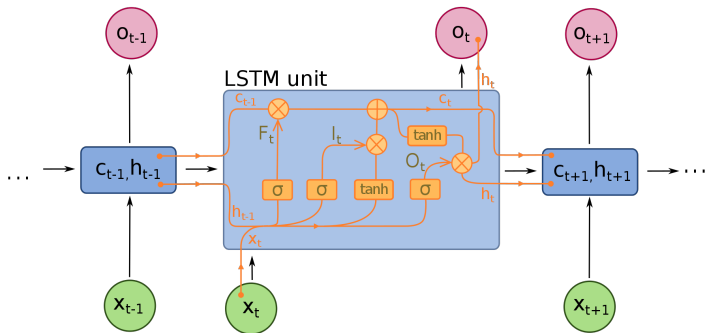


## Результаты теста Дики-Фуллера

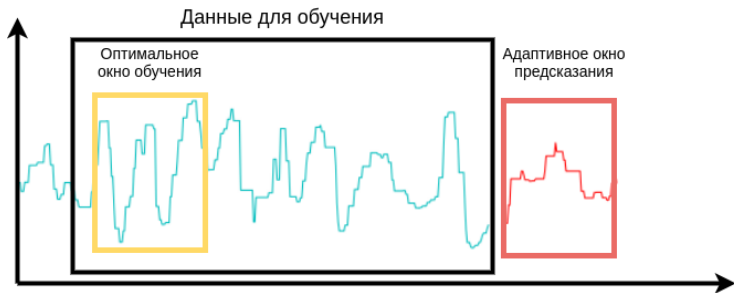
Test Statistic	-5.048146
p-value	0.000018
#Lags Used	0.000000
Number of Observations Used	131.000000
Critical Value (1%)	-3.481282
Critical Value (5%)	-2.883868
Critical Value (10%)	-2.578677

dtype: float64

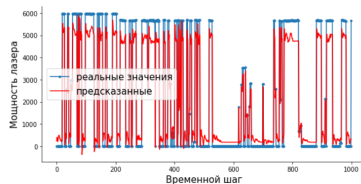
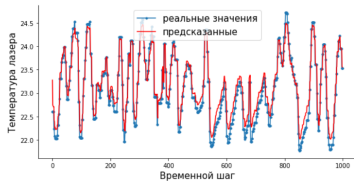
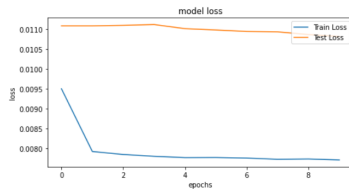
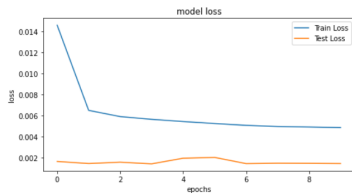
# Прогнозирование на основе LSTM



# Оптимальные окна



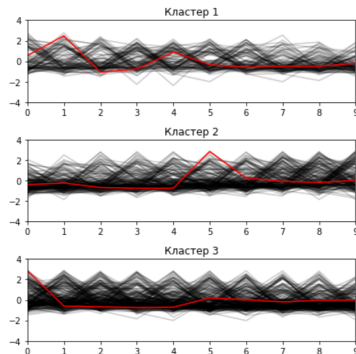
# Результаты предсказания





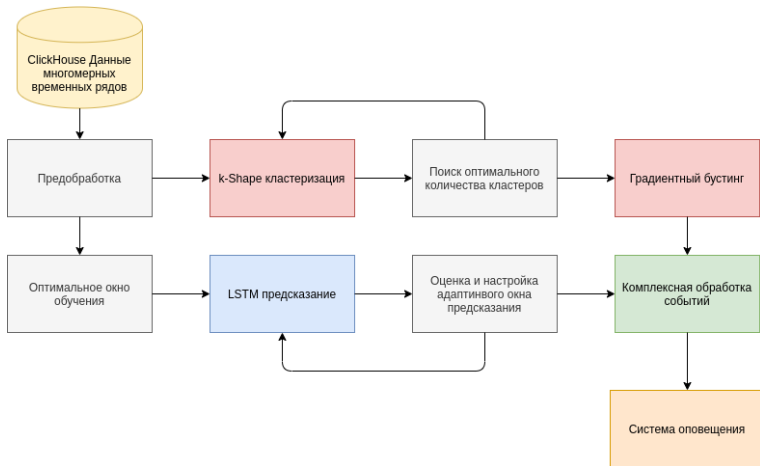
# Кластеризация на основе алгоритма k-Shape

```
def k_shape(x, k):  
    iter = 0, idx = []  
    centroids = [0,...,0]  
    for i in range(100):  
        old_idx = idx  
        for j in range(k):  
            centroids[j] = extract_shape(  
                idx, x, j, centroids[j])  
            distances = (1 - sbd(centroids[j], x))  
        if old_idx == idx:  
            break
```

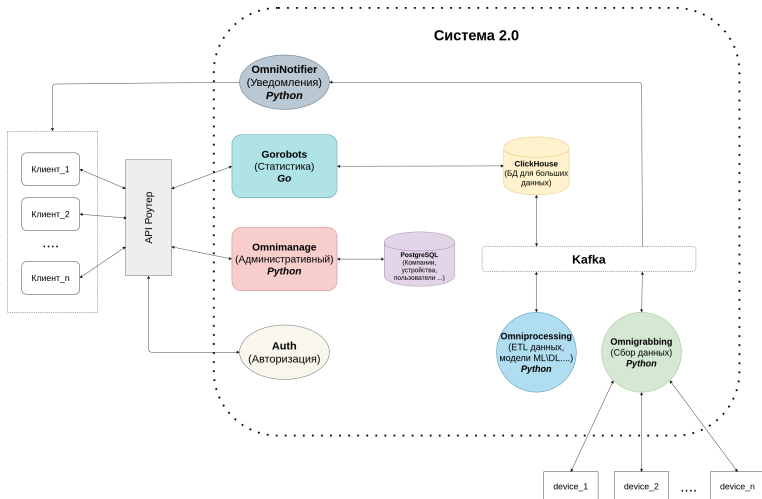


$$SBD(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = 1 - \max \left( \frac{CC(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\sqrt{R_0(\mathbf{x}, \mathbf{x}) \cdot R_0(\mathbf{y}, \mathbf{y})}} \right)$$

# Архитектура



# Внедрение в эксплуатацию



# Заключение