



## Команда «НИИстовые»

Кейс «ИИ оптимизирует производство  
атомного топлива»

# РОСАТОМ



**Цель работы:** создать интеллектуальную систему управления производственными печами в части оптимизации времени простоя и максимизации использования ресурсов.

## Задачи:

- формулирование задачи для оптимизируемого параметра;
- исследование данных и литературы для формирования множества подходов к решению задачи;
- реализовать интеллектуальный алгоритм распределение серий по доступным печам, учитывая характеристики и температурные режимы печей;
- разработать метрики для оценки качества алгоритма;
- разработать архитектуру интеллектуальной системы построение графика использования печей;
- реализовать прототип интеллектуальной системы построение графика использования печей.



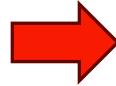


# Проблемы в работы и выгода применения нашего решения

3

## ПРОБЛЕМЫ

- **Отсутствие** оптимального алгоритма загрузки печей
- **Затраты** времени на ежедневное формирование плана загрузки печей
- **Невозможность** перестроить оперативное планирование в течении смены



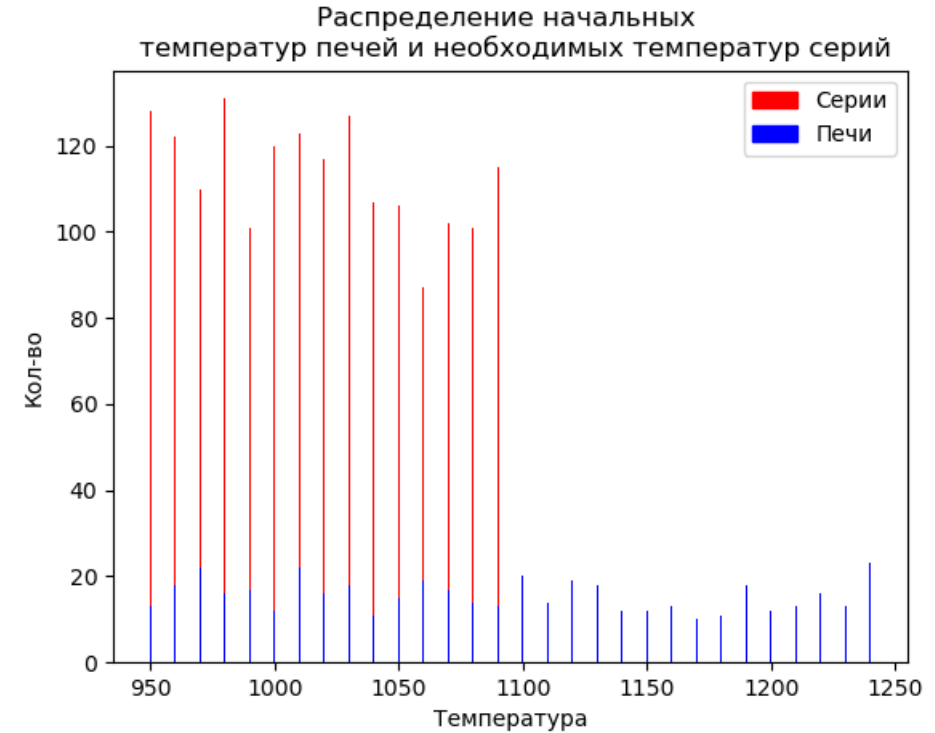
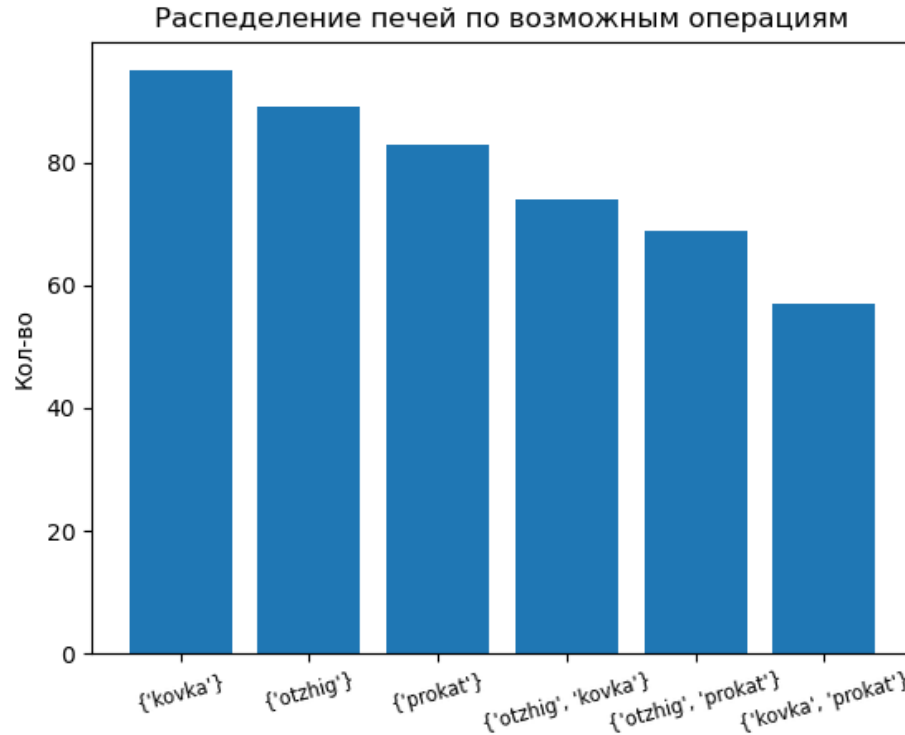
## РЕЗУЛЬТАТ

- **Предложен** алгоритм распределения с использованием  $\epsilon$  – жадный алгоритм подхода для интеллектуального выбора печей
- **Быстрый** расчет и визуализация плана загрузки печей
- **Возможность** перерасчета плана загрузки печей в течении дня в зависимости от изменившихся условий



# Исследование и общий анализ данных (EDA)

4



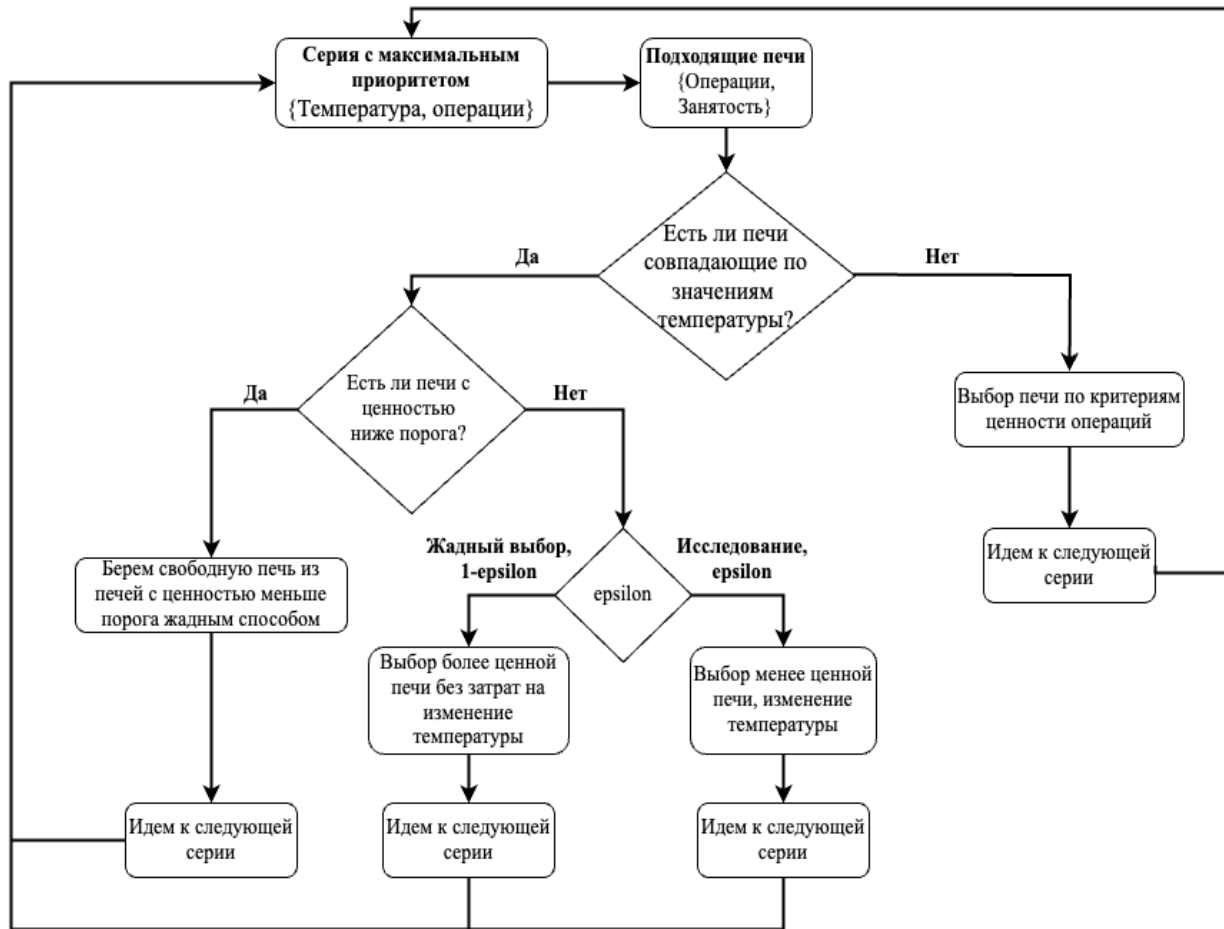
1. При выполнении *EDA* была получена статистику о количестве печей с уникальными операциями. В результате установлено, что печи с операцией 'kovka' наиболее распространенные, а с операцией 'prokat' наименее .

2. При анализе распределения количества начальных температур печей и распределения необходимых температур для серий, было выявлено что у заметной части печей начальная температура находится выше, чем температура серий.



# Алгоритм распределения серий по печам в конкретный день

5



В основе нашего подхода лежит  $\epsilon$  – жадный алгоритм, который предполагает выбор наилучшего действия  $a$  с точки зрения сиюминутного вознаграждения (но, возможно, не оптимального на дистанции) с вероятностью  $1 - \epsilon$  ( $0 \leq \epsilon \leq 1$ ). При этом в качестве исследования с некоторой заданной вероятностью  $\epsilon$  выбирается альтернативное доступное действие  $a'$ .

Таким образом,  $P\{a|s\} = 1 - \epsilon$ ,  $P\{a'|s\} = \epsilon$ .

Ценность операций  $C_o$  – это отношение количества операций на день во всех сериях к количеству печей, которые могут выполнять данную операцию

$$C_o = \frac{\sum_{i=1}^n s_{io}}{\sum_{i=1}^m u_{io}},$$

где  $n$  – общее количество серий за текущий день;

$m$  – общее количество печей;

$$s_{io} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{я серия требует выполнения операции } o; \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$u_{io} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{я печь может выполнять операцию } o; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$



# Метрика качества работы алгоритма

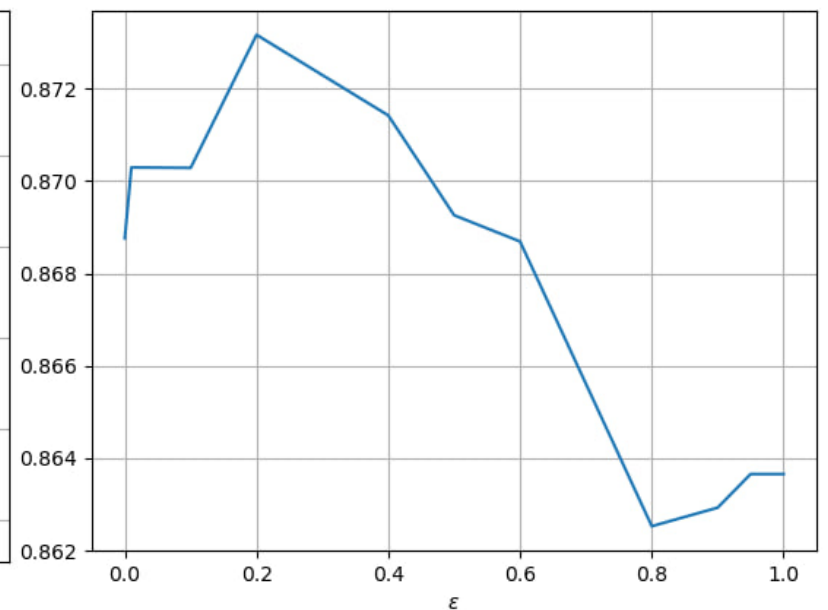
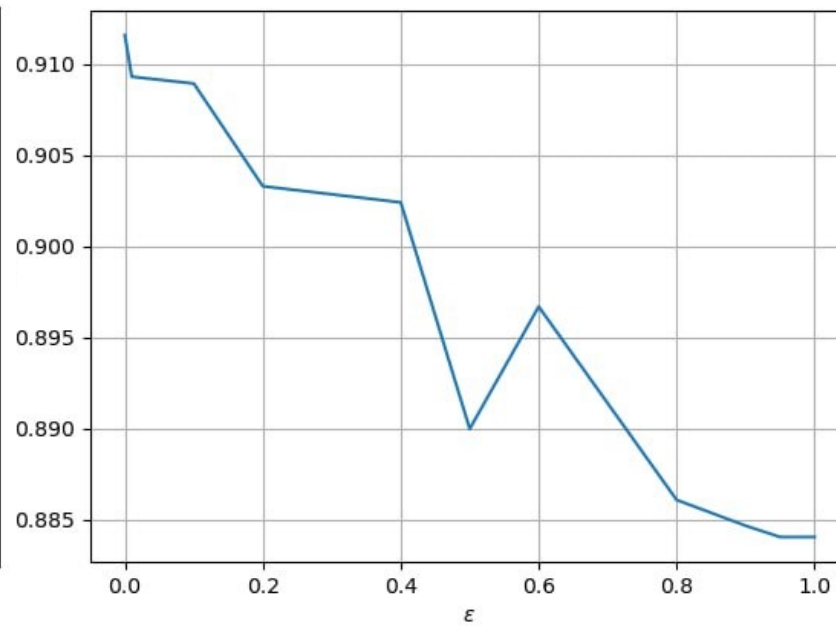
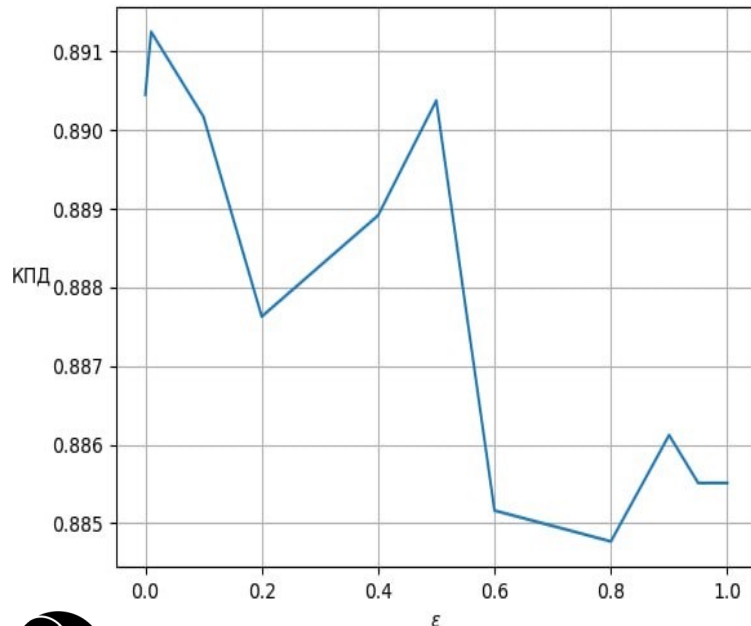
В качестве метрики качества используется **среднее КПД печей**, рассчитываемое по формуле:

$$\text{КПД} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\sum_{j=1}^{1440} w_j}{1440},$$

где  $m$  — общее количество печей;

$$w_j = \begin{cases} 1, & \text{если печь находилась в полезном состоянии в текущую минуту} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Печь находится в полезном состоянии, если она не простаивает и не нагревается/охлаждается до нужной температуры для дальнейшей работы. На слайде представлены графики зависимости КПД от выбранного значения  $\varepsilon$  для различных наборов серий и печей, рассчитанные по исходным данным.



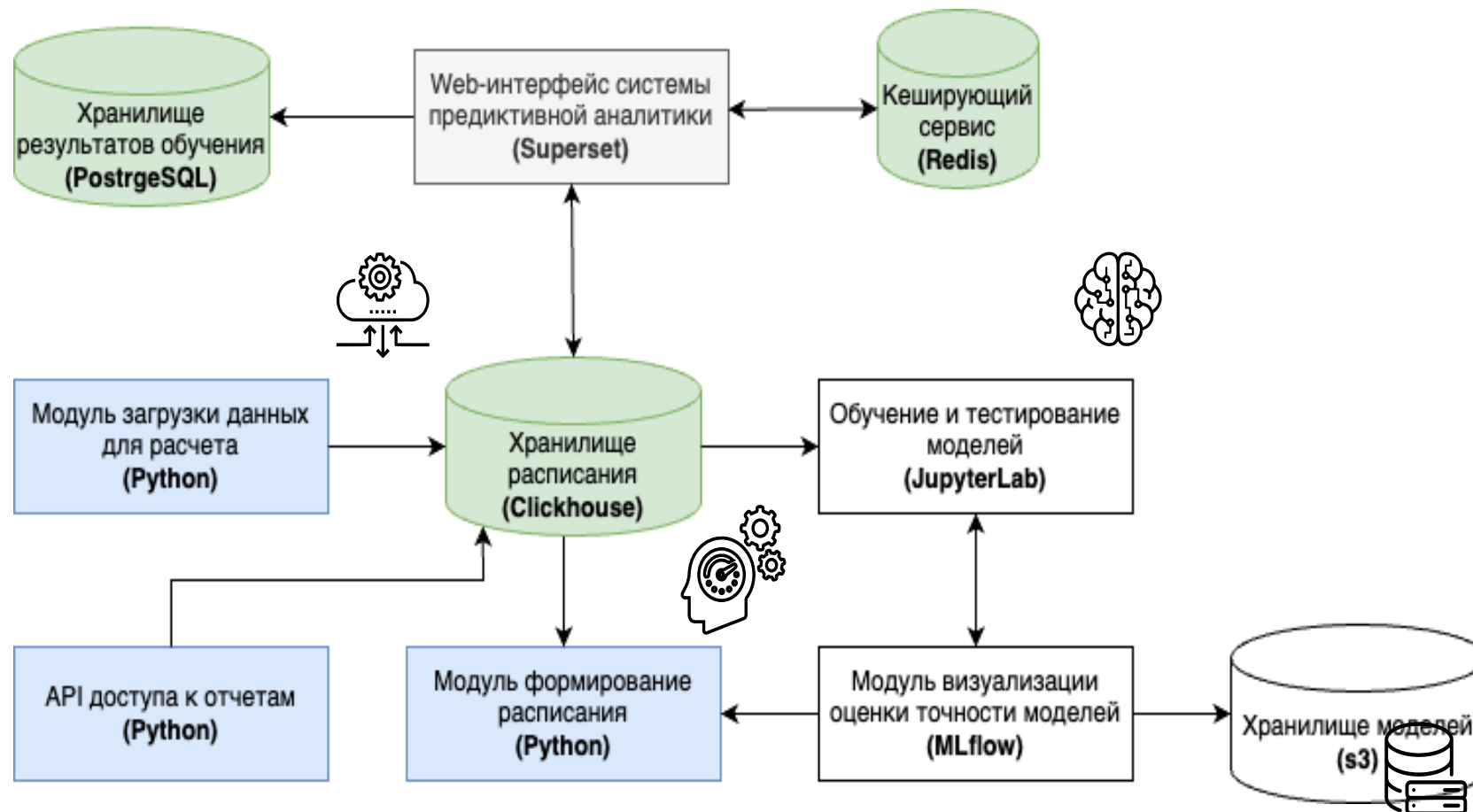


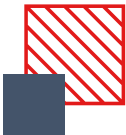
# Функциональная архитектура системы

7

## Технологический стек решения

- Язык программирования: *Python*
- BI-инструмент: *Superset*
- БД: *Clickhouse*, *Postgres* (пользователи *SuperSet*), *Redis* (Кэш)
- Обучение моделей: *JupyterLab*
- Хранилище моделей (*MLFlow* + *S3*)



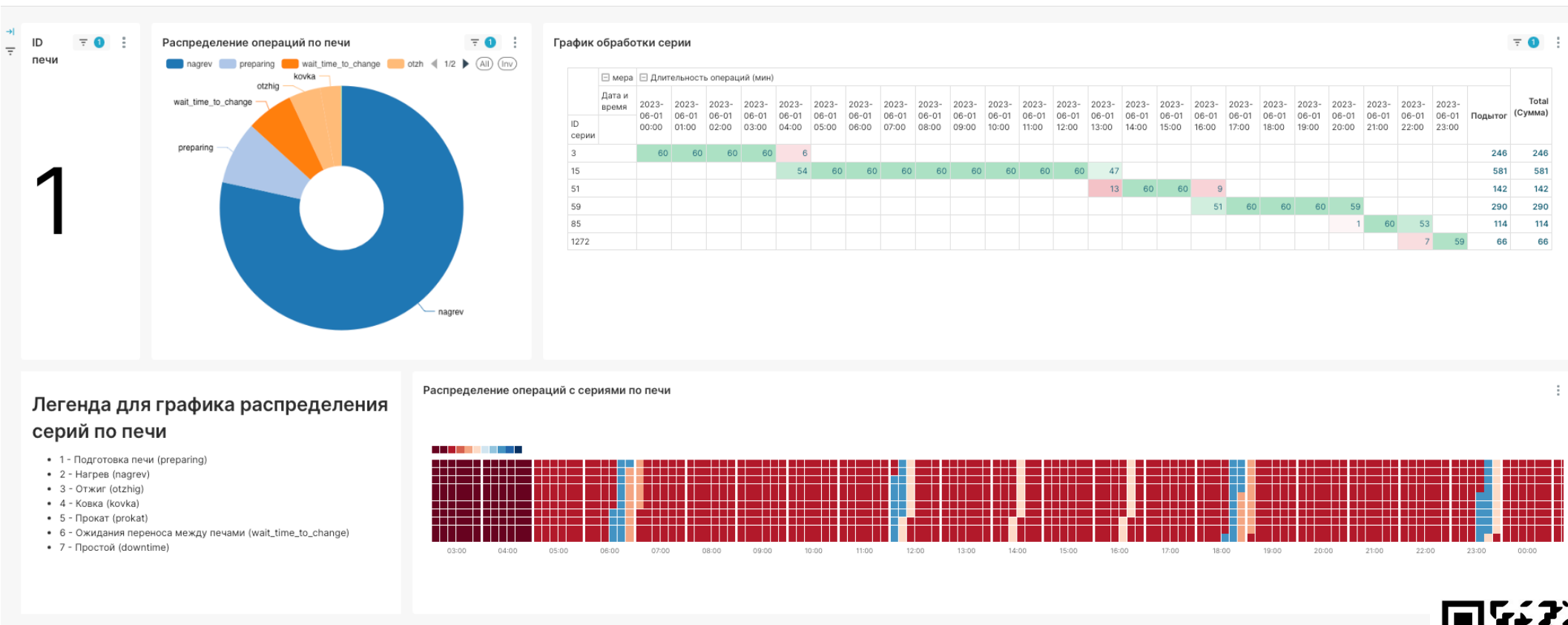


# Пользовательский интерфейс системы

8

График загрузки печей ★ Опубликовано

РЕДАКТИРОВАТЬ ДАШБОРД



Ссылка на пользовательский интерфейс,  
параметры авторизации в репозитории на **github**







## **В части исследования:**

- Использование классических алгоритмов динамического программирования для поиска оптимального распределения серий по печам
- Использование улучшенных RL-алгоритмов
- Тестирование различных архитектур моделей

## **В части программного обеспечения**

- Добавление интеграционных механизмов взаимодействия с другими АСУ
- Автоматизация разворачивания (*CI/CD*)
- Расширение функционала дашбордов
- Добавление выгрузки отчетов



# Состав команды

10



Максим  
Кулагин

- ML-TeamLead
- @maksim\_kulagin
- +7(999)114-50-52



Сергей  
Михайлов

- ML-инженер
- @s\_mikhailov\_1
- +7(926)537-00-37



Герман  
Янченко

- ML-инженер
- @xQQzme
- +7(921)107-36-56



Константин  
Дьячков

- ML-инженер
- @diachkov1415
- +7(981)557-41-40



Алексей  
Трушников

- MLOps
- @Twinshape
- +7(902)269-35-45