



**Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)**

**Моделирование переноса тепла в
петлевой системе водяного
охлаждения широких и узких стенок
кристаллизатора машины
непрерывного литья заготовок**

**Южно-Уральский
государственный
университет**

**Национальный
исследовательский
университет**

Чабанюк Д.О., КЭ-405

Топольский Д.В., к.т.н., доцент

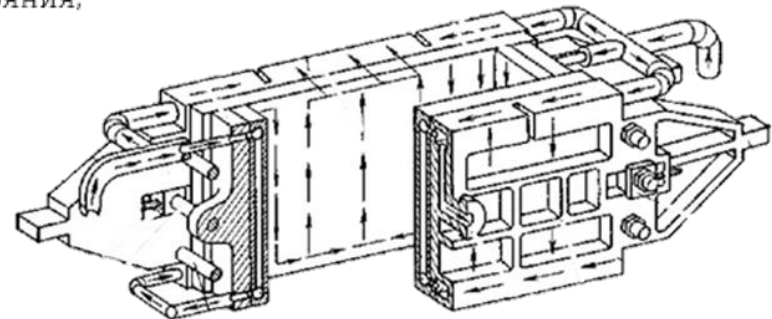
Преимущества внедрения цифрового двойника кристаллизатора МНЛЗ для моделирования тепловых процессов

снижение числа отказов оборудования и качественный мониторинг аварийных ситуаций;

снижение брака при получении слитков и повышением их качества,

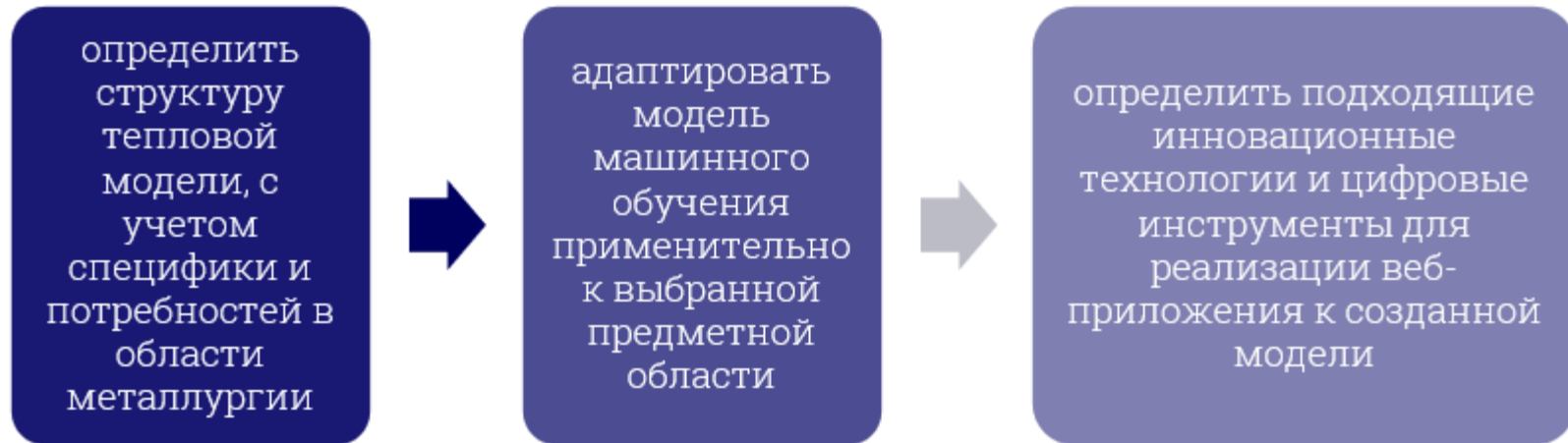
увеличение срока службы плит кристаллизатора за счет эффективной диагностики их технического состояния;

удешевление и ускорение стадии конструкторской разработки при реконструкции существующих кристаллизаторов и создании новых кристаллизаторов МНЛЗ.



Цель и задачи построения тепловой модели

Цель – перенос характеристик и процессов, происходящих в системе охлаждения кристаллизатора МНЛЗ, в цифровое пространство с их последующим анализом.



Объект и предмет исследования

Объект – кристаллизатор
слябовой МНЛЗ

Предмет – нахождение тепловых
характеристик системы
охлаждения с использованием
медных стенок кристаллизатора



Глава 1. Анализ литературы

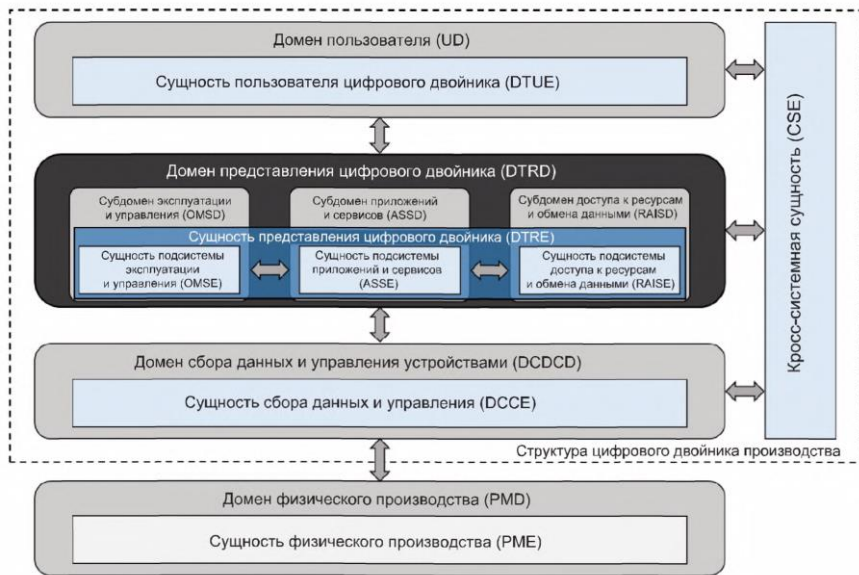
Наиболее близки к данной теме
исследования группы зарубежных авторов
под руководством профессора
Brian G. Thomas

- Авторами создана математическая модель тепловых процессов, протекающих при работе МНЛЗ, в том числе и в кристаллизаторе МНЛЗ. В модели рассматривались сечения МНЛЗ на различных расстояниях от мениска металла и решалась двумерная задача.

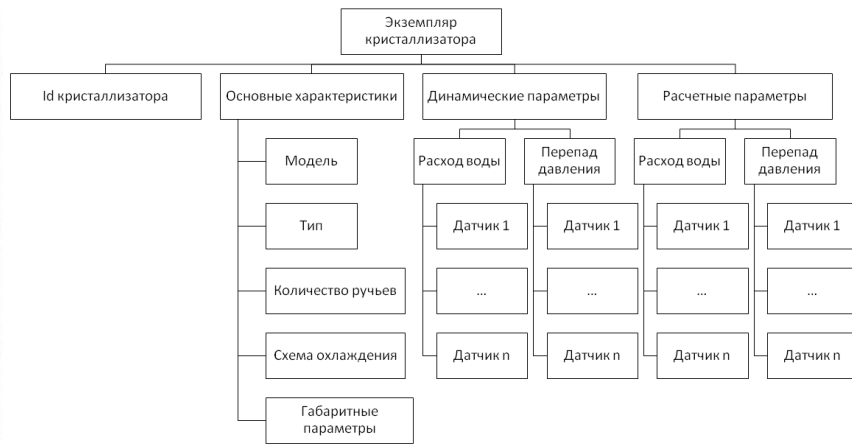
В России в настоящее время наиболее
близки к данной теме работы сотрудников
Магнитогорского государственного
технического университета

- Предполагается большая степень охвата тепловых процессов.
- Использование трехмерной математической модели для расчета теплового состояния слитка.
- Новый подход к построению математической модели: от максимально широкого всеобъемлющего описания процессов в кристаллизаторе методами неравновесной термодинамики с последующей адаптацией к конкретным процессам в кристаллизаторе и созданием работоспособной математической модели.

Глава 2. Электронный паспорт кристаллизатора МНЛЗ



Комбинированная универсальная модель, основанная на доменах и сущностях



Электронный паспорт как сущность сбора данных и управления

Глава 3. Создание модели машинного обучения

Сбор и предобработка данных

Проведен исследовательский анализ данных.

проверено наличие пропусков и аномалий,

изучено распределение признаков

Обучение и выбор модели

Рассмотрена линейная модель Ridger

Рассмотрена модель «Случайный лес»

Рассмотрена модель LGBM Regressor

Рассмотрена модель CatBoostRegressor

Рассмотрена модель Model_Improve

Полносвязная нейронная сеть

Создан класс для задания архитектуры нейронной сети.

На выходном слое - 1 нейрон. На входе количество нейронов равно количеству признаков

Тестирование модели

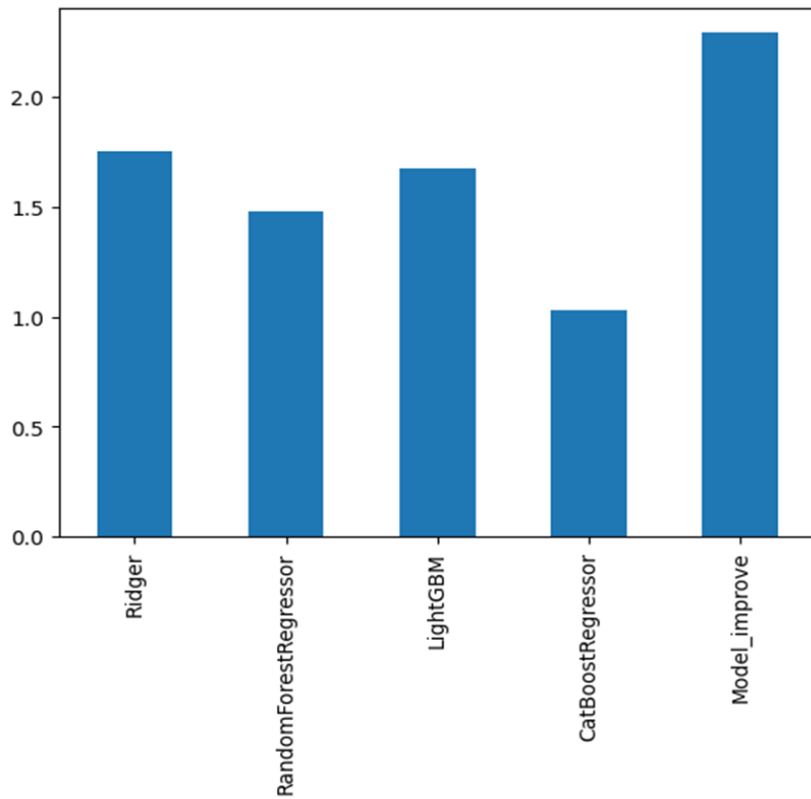
Выбрана наиболее эффективная модель

Протестирована модель на обучающей выборке

Протестировали модель на контрольной выборке.

построили график зависимости конечной температуры от начальной температуры.

Сравнение точности различных моделей машинного обучения



Выявление наиболее важных признаков и зависимостей

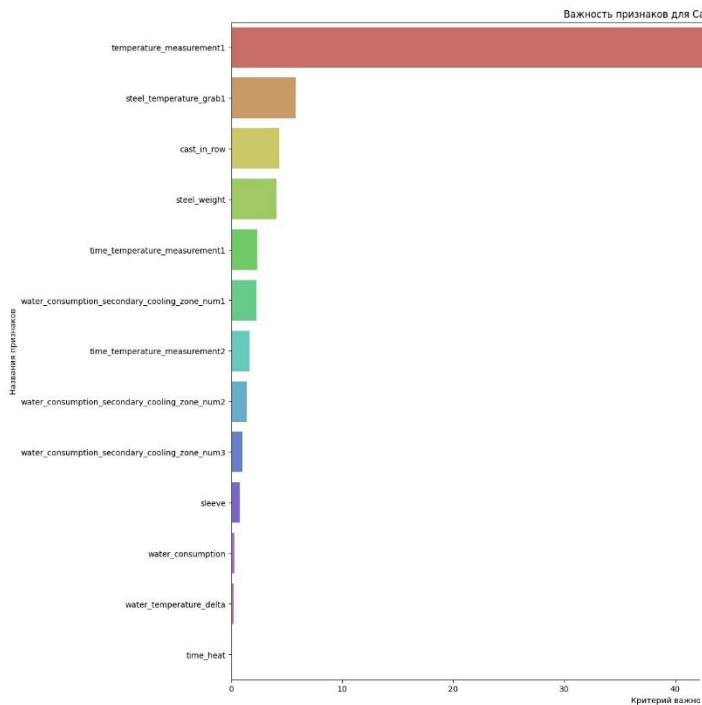
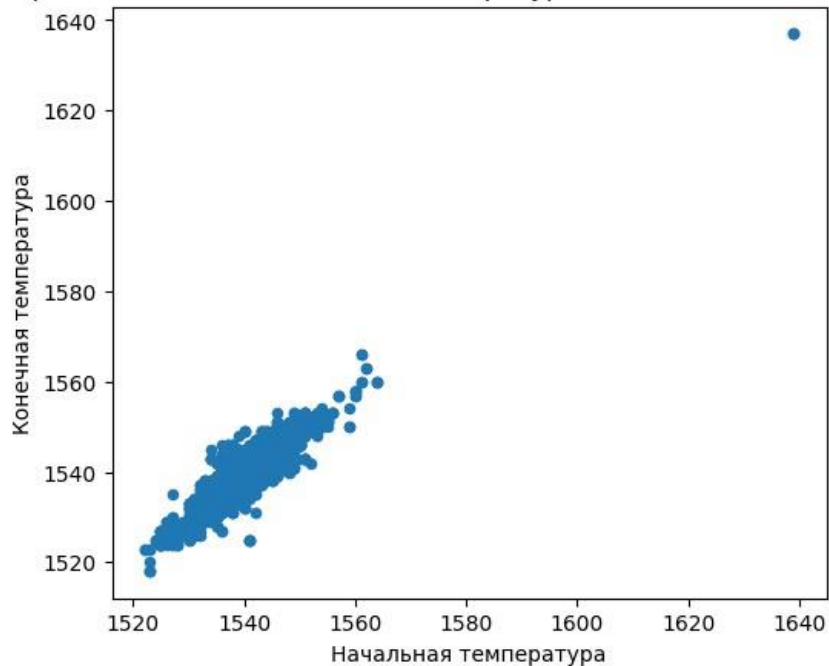


График зависимости конечной температуры от начальной температуры



Глава 4. Разработка веб-приложения

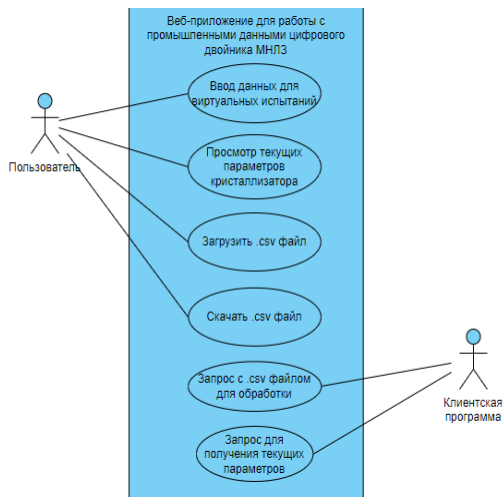
Нефункциональные требования

- Система должна быть веб-приложением с REST API.
- Система должна иметь возможность обработать файлы, размером до 5 мегабайт.
- Система должна иметь возможность обработать файлы с расширением .csv

Функциональные требования

- Система должна предоставлять возможность авторизации пользователя.
- Система должна предоставлять возможность пользователю дать обратную связь по результатам анализа промышленных данных.

Архитектура системы



UML-диаграмма вариантов использования

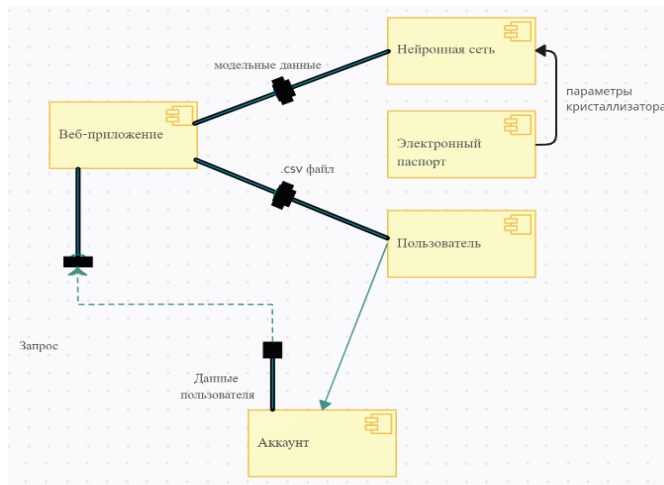
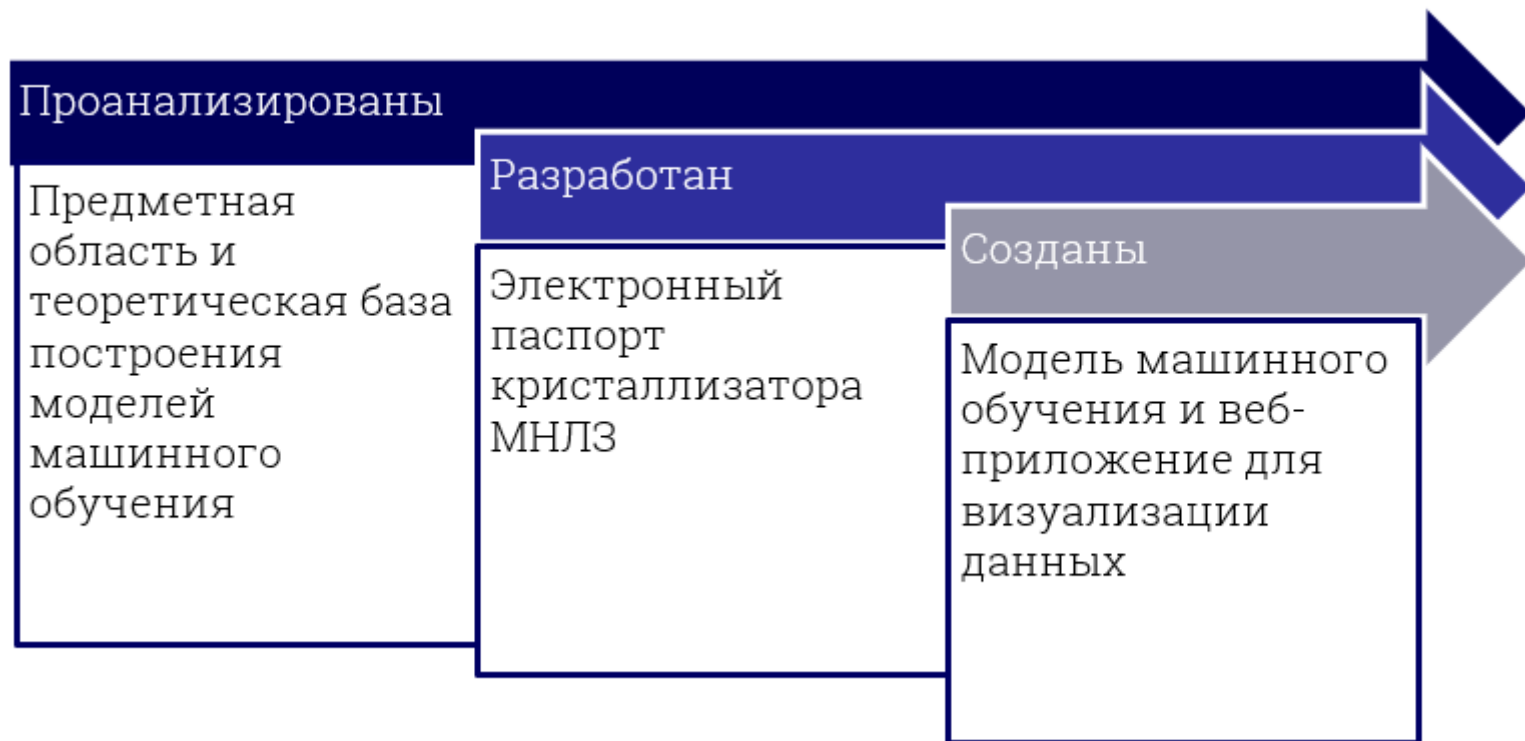


Диаграмма компонентов системы

В процессе разработки веб-приложения были использованы фреймворки:

1. Django (для создания веб-приложения)
2. Django REST framework (для создания API для проекта)
3. Simple JWT (плагин аутентификации через JSON Web Token)
4. SQLite (база данных с данными пользователя)

Заключение





Южно-Уральский
государственный
университет

Национальный
исследовательский
университет

Спасибо за внимание