

VI Международная молодежная научная школа-конференция
«Современные проблемы физики и технологий»

IT - технологии, интеллектуальные системы, кибербезопасность

Аппроксимация запаса критичности реактора ВВР-ц с использованием искусственной нейронной сети

Белявцев И.П., Легчиков Д.К.,
Старков С.О., Колесов В.В.

ИАТЭ НИЯУ МИФИ, г. Обнинск

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Ядерная установка ВВР-ц



Цели создания ВВР-ц

- Исследования в области радиационной химии
- Исследования в области физики твёрдого тел
- Производство радионуклидов ^{99}Mo и ^{131}I

Увеличение выработки РФП

1964 г - ввод реактора в эксплуатацию

1985 г - принятие решения о
модернизации

2006 г - возобновление работ по
модернизации

2011 г - создание прецизионной модели
реактора

Прецизионная модель

- Валидирована для расчета запаса критичности
- Основана на методе Монте-Карло
- Расчет одного состояния реактора
 - Занимает ~8 часов
 - Требуется раз в 100 часов

Постановка задачи

Создать аппроксимацию прецизионной модели

- Кратное ускорение
- Высокая точность
- Минимальное потребление вычислительных ресурсов

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Обобщённая аппроксимационная теорема

Можно получить приближение любой непрерывной функции многих переменных:

- операции сложения и умножения
- суперпозицию функций
- линейные функции
- произвольную непрерывную функцию одной переменной

Аппроксимация запаса критичности реактора по прецизионной модели

ЭКСПЕРИМЕНТ №1

Исходные данные

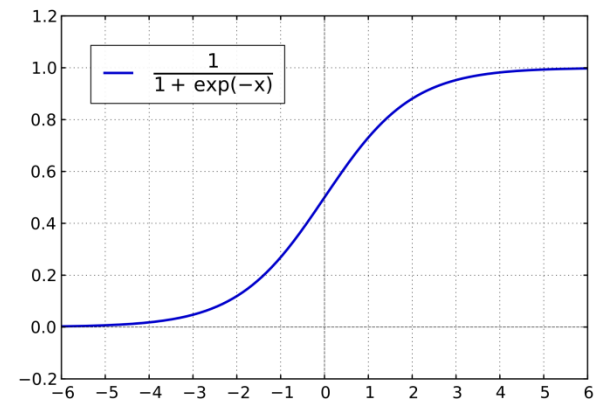
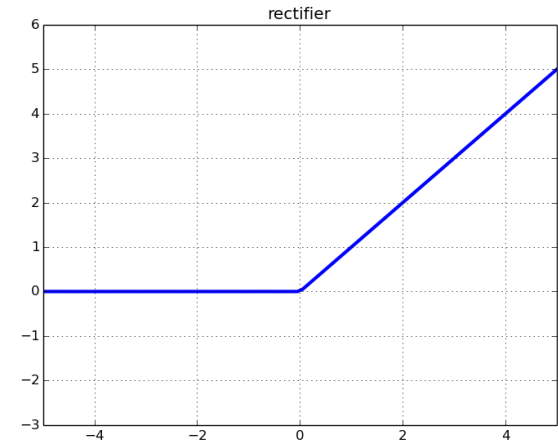
34 расчетных кампаний:

- Процент выгорания каждой ТВС
- Положение стержней СУЗ
- Процентный запас критичности реактора

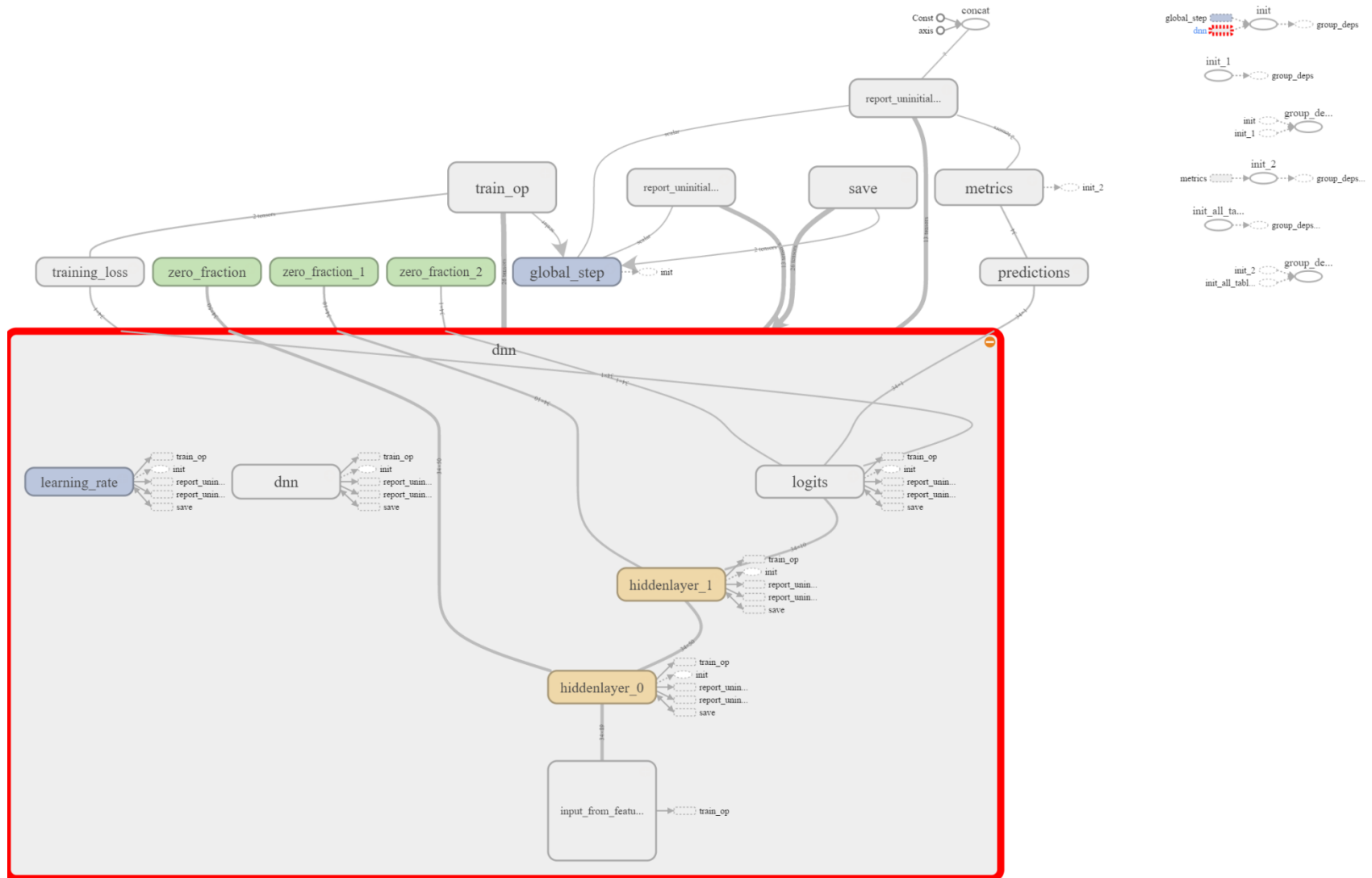
Архитектура нейронной сети

Полносвязная ИНС:

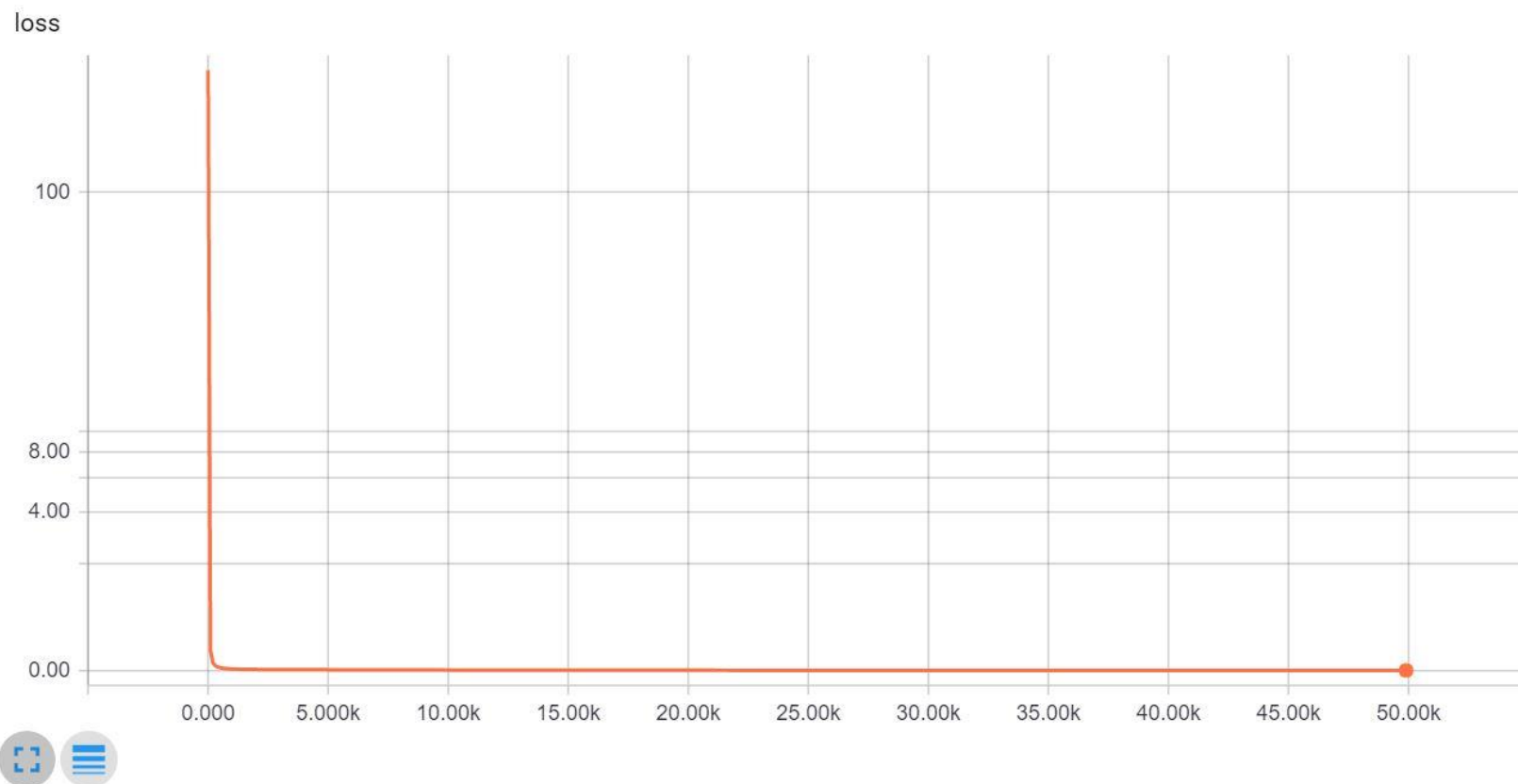
1. Входной слой
50 нейронов
Функция активации ReLU
2. Скрытый слой
10 нейронов
Функция активации ReLU
3. Выходной слой
1 нейрон
Функция активации логистическая



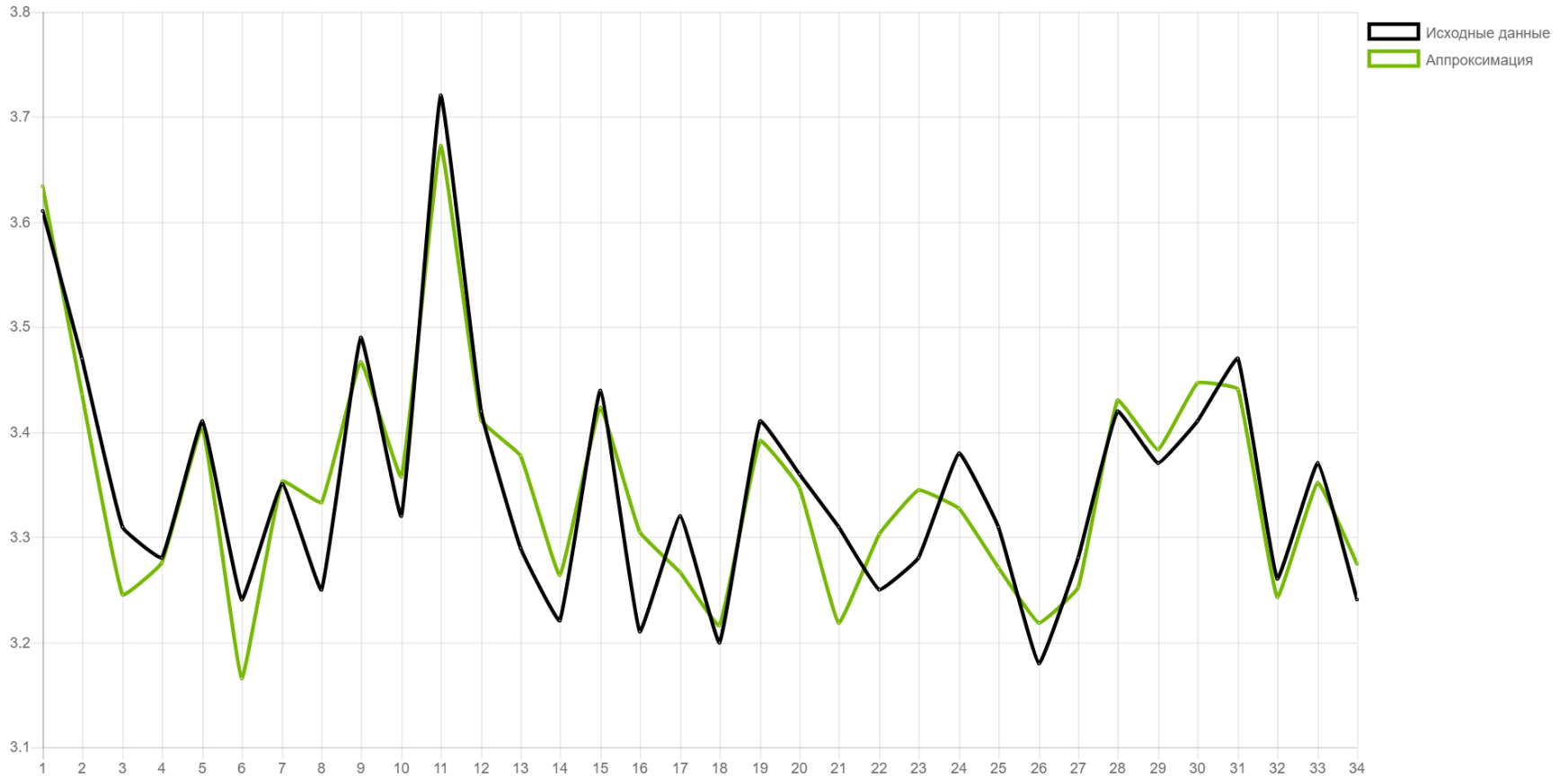
Граф вычислений TensorFlow



Процесс обучения



Валидация результатов



Выводы по эксперименту

- Аппроксимация корректна
- Достаточная точность:
 - Максимальная ошибка 3,13%
 - Средняя ошибка 1,11%
- Высокая скорость работы:
 - Отклик нейронной сети ~100 мс

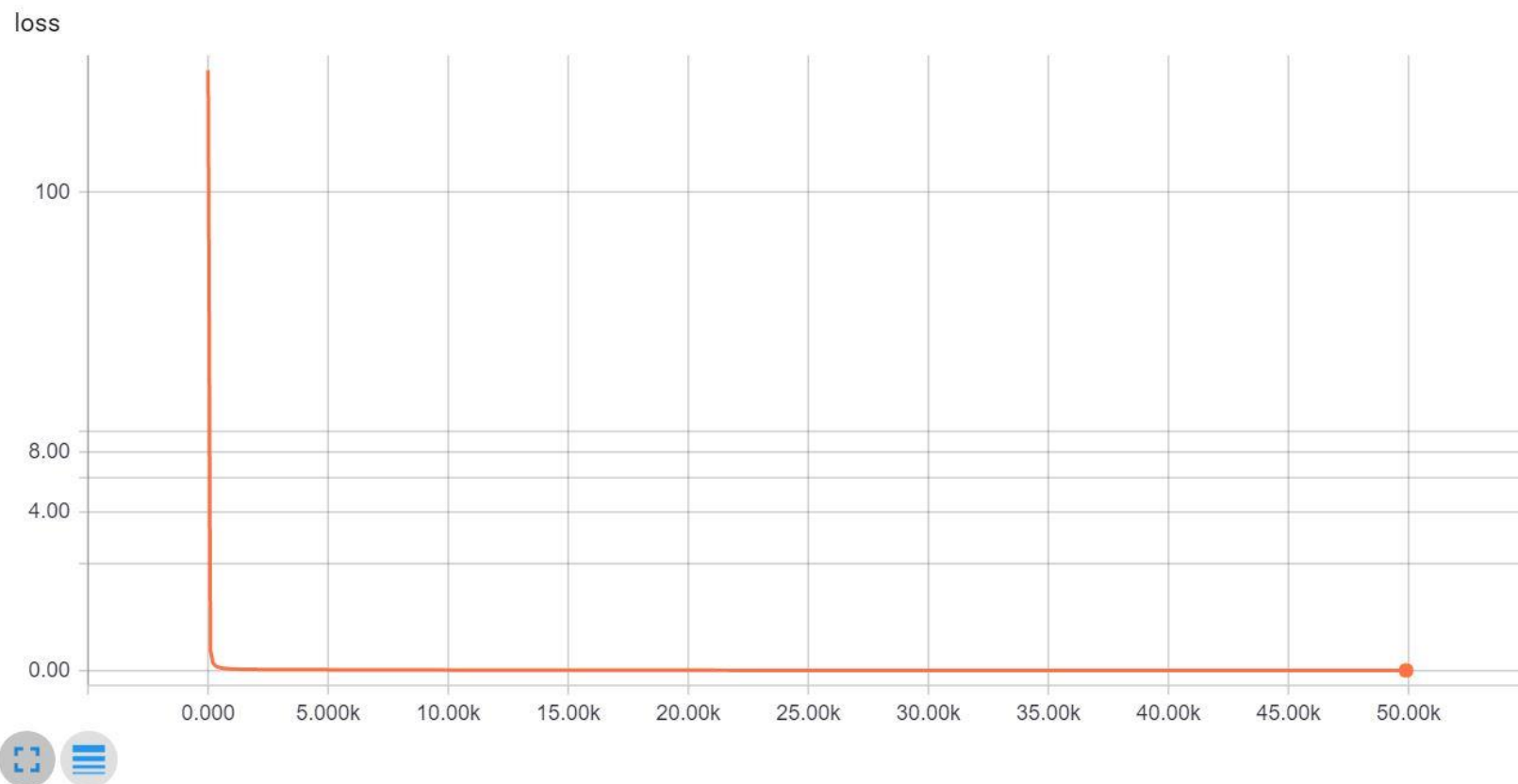
Аппроксимация запаса критичности реактора по измеренным
данным

ЭКСПЕРИМЕНТ №2

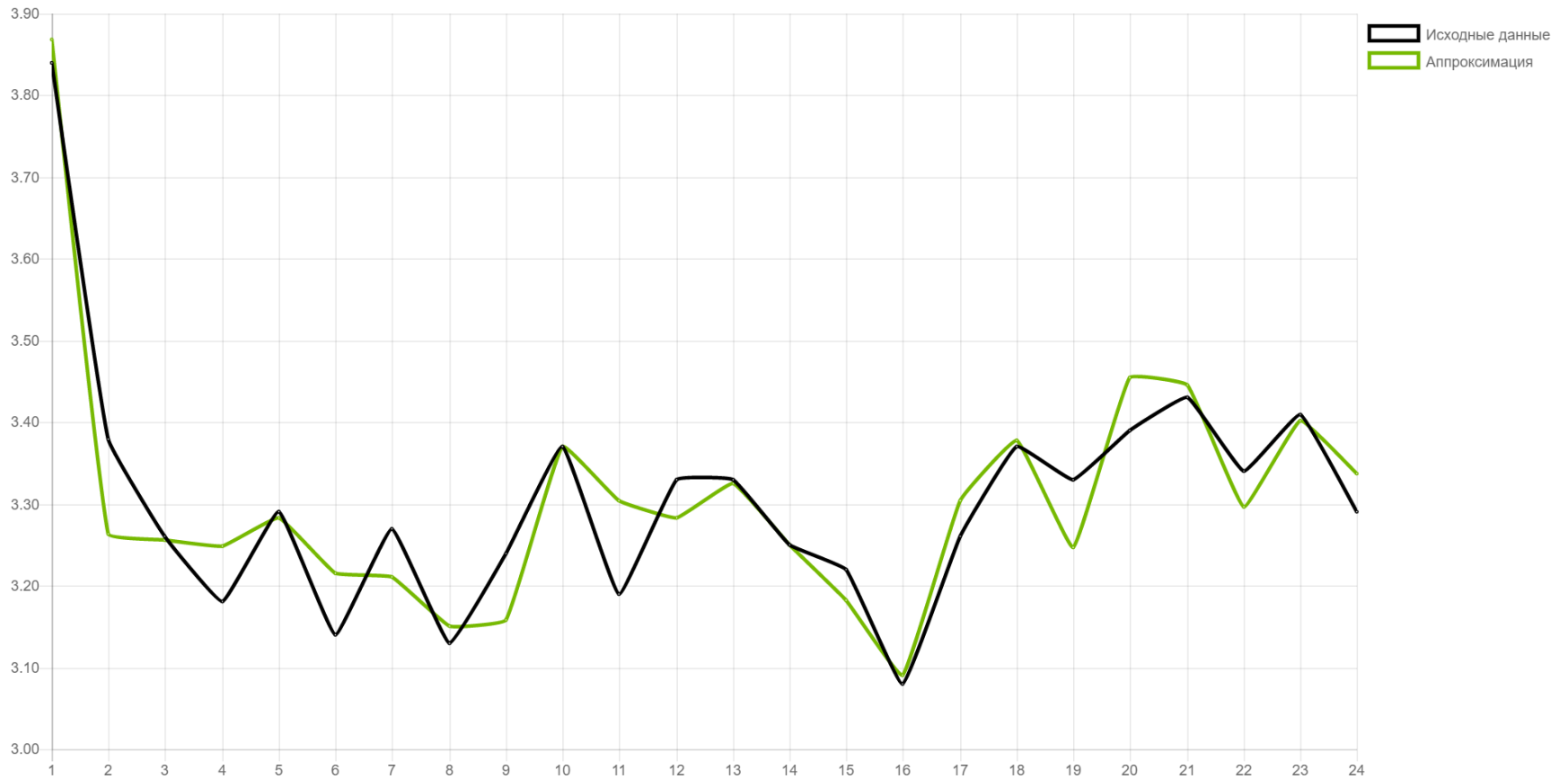
Исходные данные

- 24 измерений реальных кампаний
- ИНС из эксперимента №1

Процесс обучения



Валидация результатов



Выводы по эксперименту

- Аппроксимация корректна
- Достаточная точность:
 - Максимальное отклонение 3,56%
 - Среднее отклонение 1,25%
- Высокая скорость работы:
 - Отклик нейронной сети ~100 мс
- **Возможно обучение по измеренным данным**

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Итоги

- ИНС применима для аппроксимации
- Полученная аппроксимация поможет ускорить **предварительные** расчеты
- Подход можно использовать и с моделями, и с измеренными данными

Перспективы

- Передача обученной ИНС в Обнинский филиал НИФХИ им. Карпова
- Улучшение работы ИНС за счет новых данных
- Примените нейросетевого подхода для оценки сложных процессов ЯУ
- Разработка искусственного интеллектуального помощника ППР

Спасибо за внимание!

Вопросы?