

ПРОВЕДЕНИЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВТОРОГО КОНТУРА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ РЕАКТОРА ИРТ-Т МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Кублинский М.К.¹, Смольников Н.В.², Наймушин А.Г.³

¹ ТПУ, ИЯТШ, гр. АЗ-43, e-mail: mkk4@tpu.ru

² ТПУ, УНЦ ИЯР, Инженер-физик, e-mail: nvs38@tpu.ru

³ ТПУ, ИЯТШ, Доцент ОЯТЦ, e-mail: agn@tpu.ru

Введение

Реактор ИРТ-Т имеет конструкцию бассейнового типа, заполненную деминерализованной водой, выполняющей три функции: отражателя, теплоносителя и замедлителя.

В Сибири и на Дальнем Востоке нет другого подобного реактора. На нем проводятся различные исследования в области ядерной физики, радиобиологии и нейтронно-активационного анализа. Любые виды геохимических исследований, производство радиофармпрепаратов и производство легированного кремния.

Контуры охлаждения состоят из пяти теплообменников поверхностного типа с площадью теплопередачи 200 м² на каждый. Теплоноситель второго контура — это обычная вода из артезианской скважины, которая относительно полна примесей, грязи и других предметов, которые могут загрязнять внутритрубное пространство теплообменников. Теплообменники очищаются каждый год, но процесс не оптимизирован, это делается в соответствии с календарным планом.

Актуальность данной работы заключается в том, что поддержание надлежащих условий эксплуатации исследовательских ядерных установок является важным фактором обеспечения безопасности и проведения высокотехнологичных исследований.

Цель работы – разработать модель машинного обучения системы охлаждения ИРТ-Т для оценки и прогнозирования перепада температур во втором контуре

Задачи работы:

- рассмотреть методы моделирования с использованием машинного обучения;
- разработать уникальное программное обеспечение предварительной обработки для оценки данных SCADA-системы;
- оценить влияние трансформаторов предварительной обработки на точность обучения;
- оценить наилучшую модель машинного обучения на основе временных рядов и значений по умолчанию (80/20).

Описание алгоритма

Первым шагом было создание обобщенного справочника для комфортной совместной работы и внесения исправлений между мастером и супервизором. С этой целью ноутбук с домашней версией Windows 10 был обновлен путем загрузки пакетов WSL и Ubuntu, что позволило работать с Linux внутри Microsoft Visual Studio Code без переключения между системами, установленными на ноутбуке.

После этого необходимо было понять, что машинное обучение связано с огромным объемом данных, поэтому необходимо было брать их из какой-то базы данных. В 2019 году была модернизирована система технологического контроля ИРТ-Т и внедрена система SCADA. Система SCADA предоставляет оператору всю необходимую информацию, а также работает в качестве сборщика архивов с момента внедрения.

Во время операций с данными было замечено, что данные записываются в базу в разном числовом формате и с разными временными интервалами [1]. Для правильного анализа все данные должны находиться в одних и тех же числовых и временных границах, поэтому изначально было необходимо составить preprocessing.py файл для его последующего использования в анализе.

Хорошо видно и очевидно, что расход воды со временем уменьшается из-за процесса засорения и различных режимов работы насосов. Но несмотря на то, что площадь теплообмена одинакова для всех теплообменников, расход для каждого из них разный, и это является причиной индивидуального расчета каждого из них. В качестве примера, анализ представлен на рис. 1, где можно увидеть изменение расхода через один из теплообменников.

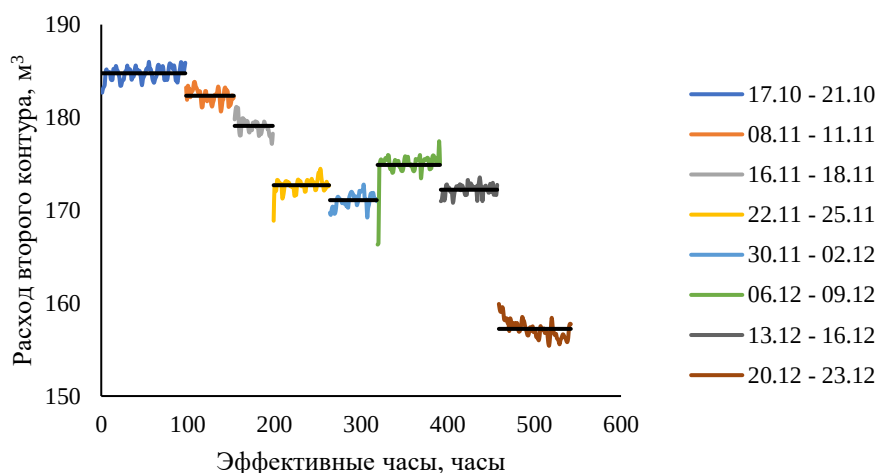


Рис. 1. Изменение расхода четвертого теплообменника второго контура

При изменении временных интервалов в наборе данных и в реальных условиях температура наружного воздуха также изменялась, и это является важным фактором для анализа работы системы охлаждения.

Существуют прямые значения, которые берутся из файла .csv, и косвенные значения, которые вычисляются на основе этих значений – такими значениями являются тепловая мощность и значение перепада температур.

Действительно важно отметить, что значение тепловой мощности делится на 4 поровну с количеством работающих теплообменников. Для упрощения расчетов предполагается, что тепловая мощность для каждого теплообменника одинакова (на самом деле, это не так). Графическое представление изменения тепловой мощности с течением времени показано на рис. 2.

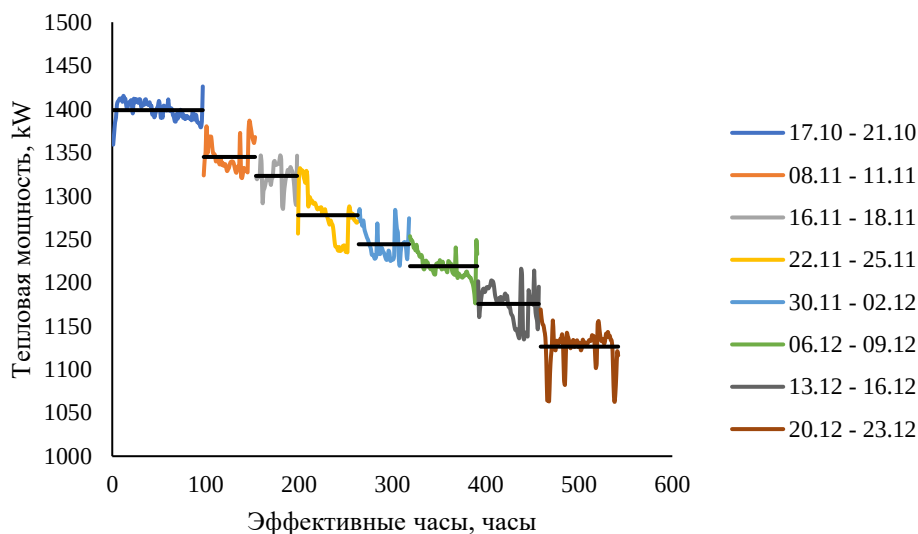


Рис. 2. Изменение средней тепловой мощности на один теплообменник

Из этого ясно видно, что величина тепловой мощности со временем уменьшается, что относительно очевидно из-за засорения труб внутри теплообменника. Итак, задача состоит в том, чтобы оценить значение перепада температур, используя все приведенные данные.

Прежде чем перейти к этой модели, были сделаны следующие предположения. Было решено, что наиболее важными параметрами для анализа являются:

- Температура перед теплообменниками.
- Температура наружного воздуха.
- Токи вентиляторов градирни.
- Разница температур на теплообменниках.

Для правильного изучения модели необходимо построить тепловую карту параметров, показанную на рис. 3, чтобы увидеть корреляцию между параметрами.

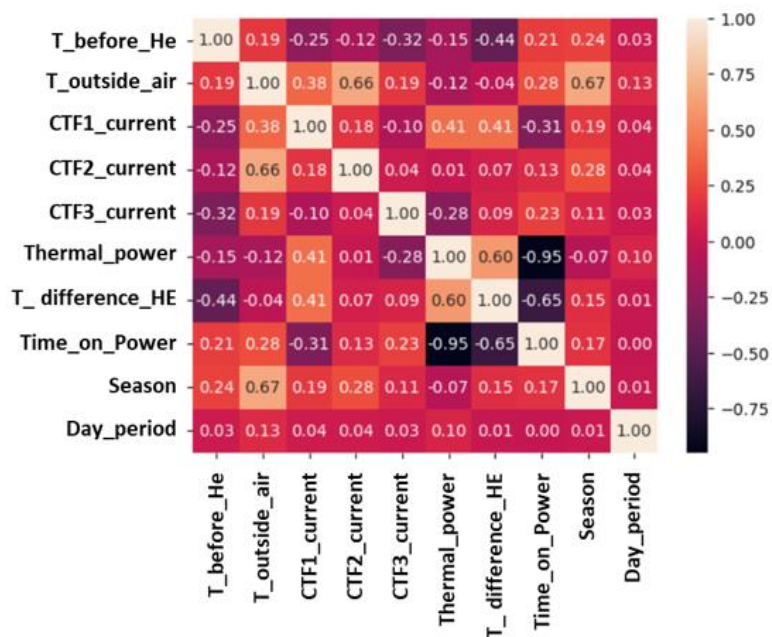


Рис. 3. Тепловая карта параметров, для отслеживания их корреляции

Разделение по умолчанию (80/20) для тренировок показывает очень хороший результат. Используя простой квадратный анализ для всего интервала набора данных, были получены такие результаты [2].

Конечный результат представлен в виде графиков из временных рядов (рис. 4), где синяя линия – реальное состояние, а черная - тестирование модели на неизвестных данных.

Самое главное, что модель видит пики данных, отклонение от реального состояния составляет не более $0,1 \div 0,2$ °C.

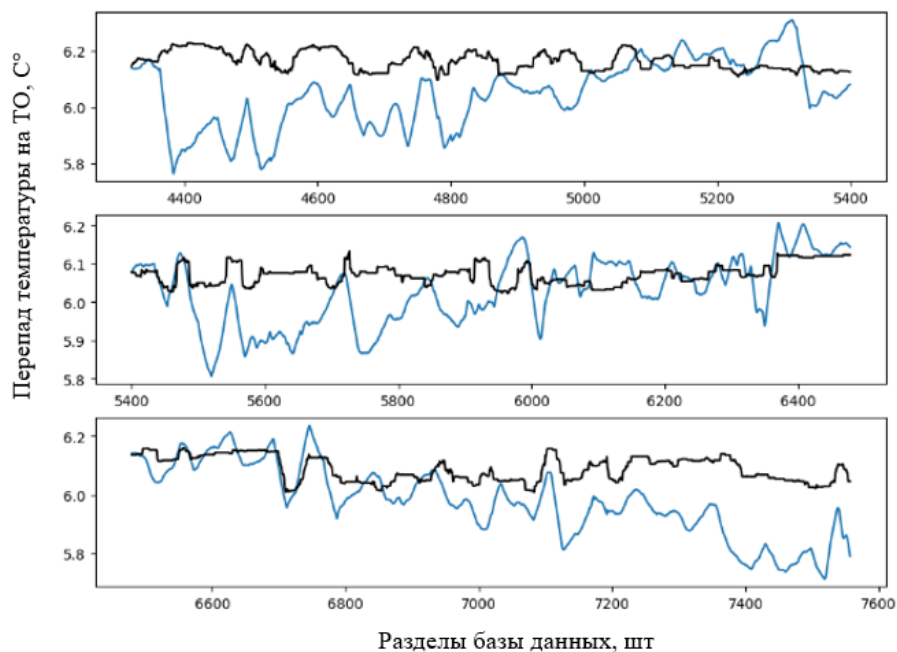


Рис. 4. Анализ методом временных рядов

Даже эта версия модели может быть использована в производственных процессах. Это отклонение может быть сглажено добавлением большего количества данных и тренингов, что является перспективой для развития данного исследования.

Заключение

В рамках исследования был проведен обзор различных методов моделирования с использованием машинного обучения. Для этого исследовательского случая наиболее оптимальным, по-видимому, является контролируемое обучение с регрессией.

Уникальная утилита CSV Refactorer была разработана как программное обеспечение для предварительной обработки CSV-файлов из простой SCADA-системы. Это позволяет реконструировать файлы, разделить столбцы и изменить временные границы за 1 час.

Для этого исследования была использована сборка Transformers (OneHotEncoder + StandardScaler), чтобы сделать данные более понятными для машинной модели. Это позволяет снизить погрешность моделирования и повысить точность на 20 %.

Была произведена оценка различных моделей машинного обучения. Согласно полученным данным о разнице температур, наилучшие результаты дает регрессорная модель с градиентным повышением с точностью около 0,1 °С.

Используя эту модель для оценки персонала за месяц и неделю, уже можно было бы получить точность прогноза 90 %.

Список использованных источников

1. Sokhina S.A. Machine learning. Machine learning methods / S.A. Sokhina, S.A. Nemchenko // Modern science in the conditions of modernization processes: problems, realities, prospects: Collection of scientific articles based on the materials of the V International Scientific and Practical Conference, Ufa, April 30, 2021. – Ufa: Limited Liability Company «Scientific Publishing Center «Bulletin of Science», 2021. – pp. 165-168. – EDN BKEJKF.

2. Kawaguchi Sh., Sato Y., Nakayama H. et al. Machine Learning Model for Analyzing Learning Situations in Programming Learning // 2018 IEEE 3rd International Conference on Big Data Analysis, ICBDA 2018 : 3, Shanghai, 09–12 March 2018. – Shanghai, 2018. – P. 74-79. – DOI 10.1109/ICBDAA.2018.8629776. – EDN CMGSAL.