

АНАЛИЗ ДАННЫХ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СПВ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ

Колотихин Е.И.¹, Ефремов А.А.² Щипков А.А.³

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ОАР ИШИТР, студент группы 8Т01, e-mail: eik20@tpu.ru

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ОАР ИШИТР, старший преподаватель, e-mail: alexeyefremov@tpu.ru

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ОАР ИШИТР, доцент, e-mail: schipkov_aa@tpu.ru

Аннотация

В данной работе представлен анализ данных системы автоматизации погружных центробежных насосов, используемых при добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания. Целью исследования является выявление аномалий в работе насосов, которые могут указывать на неисправности или сбой в системе. Для достижения этой цели используется корреляционный анализ, позволяющий выявить статистические зависимости между параметрами системы.

Ключевые слова: Корреляционный анализ, анализ данных, погружные центробежные насосы.

Введение

В данной работе предлагается метод обнаружения и детализации неисправностей в системе автоматизированного управления (СУ) погружных центробежных насосных агрегатов (НА), используемых в добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ). Предлагаемый метод основан на анализе корреляции между показателями работы НА, контролируемые системой управления НА. При выявлении аномалий корреляций можно с высокой вероятностью говорить о неполадках в каналах измерения соответствующих показателей. Для выявления аномалий корреляций используются различные приемы, опробованные на анализе реальных данных, полученных от СУ НА.

Актуальность данного исследования заключается в необходимости оценки технологического оборудования с помощью анализа данных АСУ ТП, т.к. надежность и стабильность работы таких систем крайне важна для эффективной эксплуатации и минимизации возможных рисков.

Результаты данного исследования могут быть полезны инженерам и специалистам по автоматизации в горнодобывающей промышленности, занимающимся добычей урана методом СПВ, а также учебным заведениям и исследовательским институтам, занимающимся подготовкой специалистов в области горного дела и анализа данных.

Целью данной работы является рассмотрение метода, основанного на анализе корреляций, для оценки технического состояния системы автоматизации погружных центробежных насосов. Метод планируется применить к данным, полученным от SCADA-системы в режиме реального времени.

Постановка задачи

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

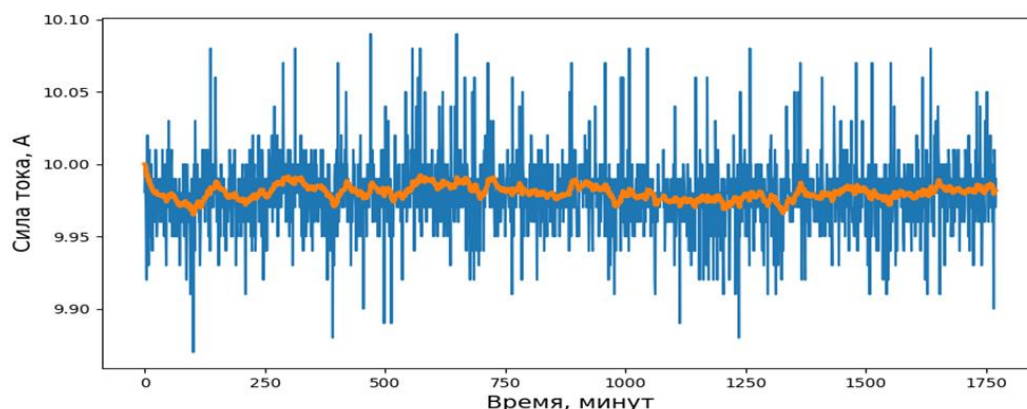
1. Обоснование применимости корреляционного подхода для выявления аномалий. Необходимо показать, что корреляционный анализ может быть эффективно использован для обнаружения несоответствий между данными, получаемыми с помощью каналов измерений, и реальной ситуацией.

2. Рассмотрение различных видов коэффициентов корреляции и выбор наиболее подходящего для применения в корреляционном анализе. Существуют различные показатели корреляции, каждый из которых имеет свои особенности и может быть наиболее эффективным при разных условиях. Необходимо выбрать коэффициент корреляции, который наилучшим образом подходит для анализа данных, получаемых системой измерений.

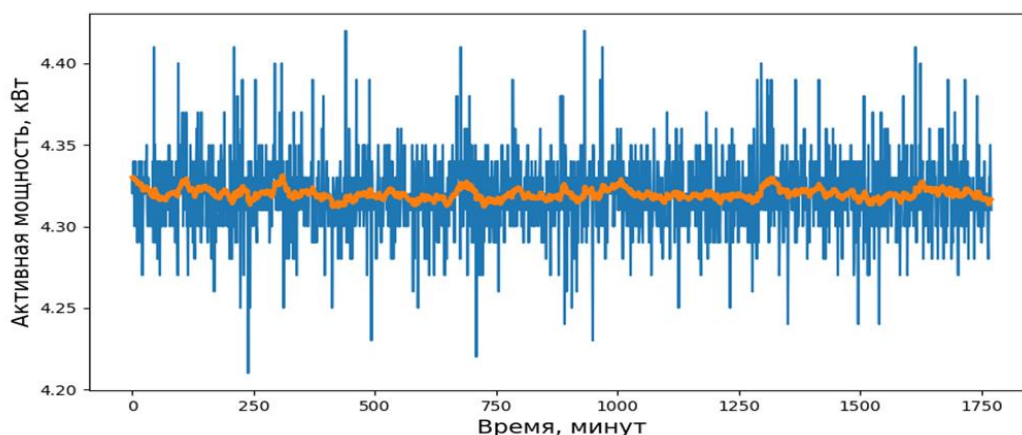
3. Определение численного значения критерия появления аномального события на основе анализа корреляций реальных данных, полученных от SCADA-системы. Необходимо определить пороговое значение коэффициента корреляции, при котором можно говорить о наличии аномального события.

Результаты исследования

Для проверки применимости корреляционного анализа были взяты значения тока и активной мощности. Вследствие того, что реальные данные включают в себя шумы и выбросы, применено экспоненциальное сглаживание. Результаты сглаживания значений тока и мощности изображены на рис. 12 и 13.



*Рис. 12. Значения силы тока:
Синяя линия — реальные значения силы тока;
Оранжевая линия — сглаженные значения силы тока*



*Рис. 13. Значения мощности:
Синяя линия — реальные значения мощности;
Оранжевая линия — сглаженные значения мощности*

Вследствие прямой пропорциональной зависимости между силой тока и мощностью [1], ожидаемое значение коэффициента корреляции должно быть близким к 1.

Для проверки соответствия значений корреляции данному утверждению был использован коэффициент корреляции Пирсона [2], который применяется для численных данных и измеряет линейную связь между переменными. Коэффициент корреляции Пирсона может принимать значения от -1 до 1. Значение, по модулю равное 1, означает пропорциональную зависимость. Значение 0 означает отсутствие связи между переменными.

В результате, на основе расчетов коэффициентов корреляции выборок, состоящих из значений параметров, полученных за сутки для 28 насосных агрегатов, была получена гистограмма, изображенная на рис. 14.

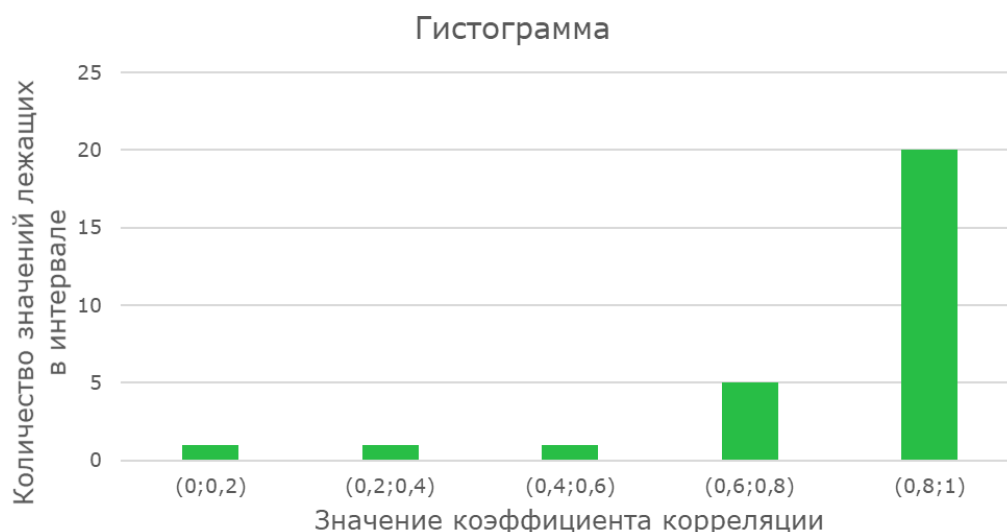


Рис. 14. Гистограмма распределения коэффициентов корреляции

Данная гистограмма подтверждает наличие связи между параметрами вследствие того, что значительную долю составляют НА со значением корреляции, близким к 1. Однако для ряда насосных агрегатов было получено низкое значение коэффициента корреляции при суточной выборке, что не соответствует ожиданиям.

После подтверждения применимости возникает необходимость выбора оптимального типа используемого коэффициента корреляции. Для этого были построены графики, коэффициентов корреляции Пирсона, Кендалла и Спирмена [3] для накапливающихся выборок, пополняемых новыми данными в режиме реального времени (рис. 4).

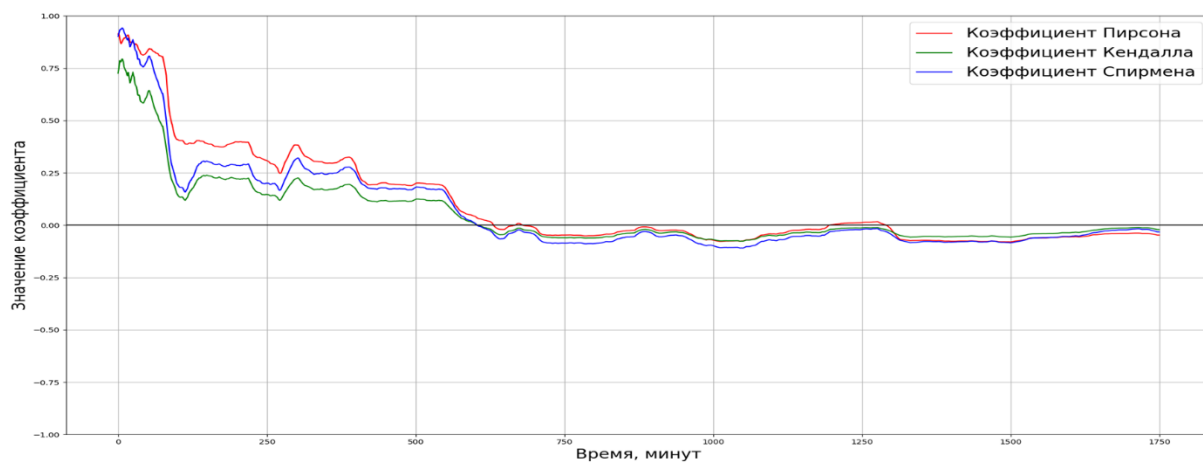


Рис. 15. График зависимости коэффициентов корреляции от размера выборки

Графики оказались весьма схожими, что не позволяет однозначно выбрать какой-либо коэффициент на данном этапе исследования. В связи с отсутствием существенных различий в характере изменения коэффициентов корреляции в дальнейшем будет использоваться коэффициент корреляции Пирсона.

Общепринято, что значения коэффициента корреляции Пирсона выше 0,7 являются указанием на сильную связь между величинами. Однако, поскольку при нормальной работе насосных агрегатов (НА) ожидается, что значение корреляции между током и мощностью должно быть близким к 1, было принято решение повысить численное значение критерия появления аномального события до среднего значения коэффициентов корреляции для всех НА.

В результате применения корреляционного анализа на накапливающихся выборках, полученных из имеющихся реальных данных, возможно получение двух различных картин, представленных на рисунках 16 и 17.

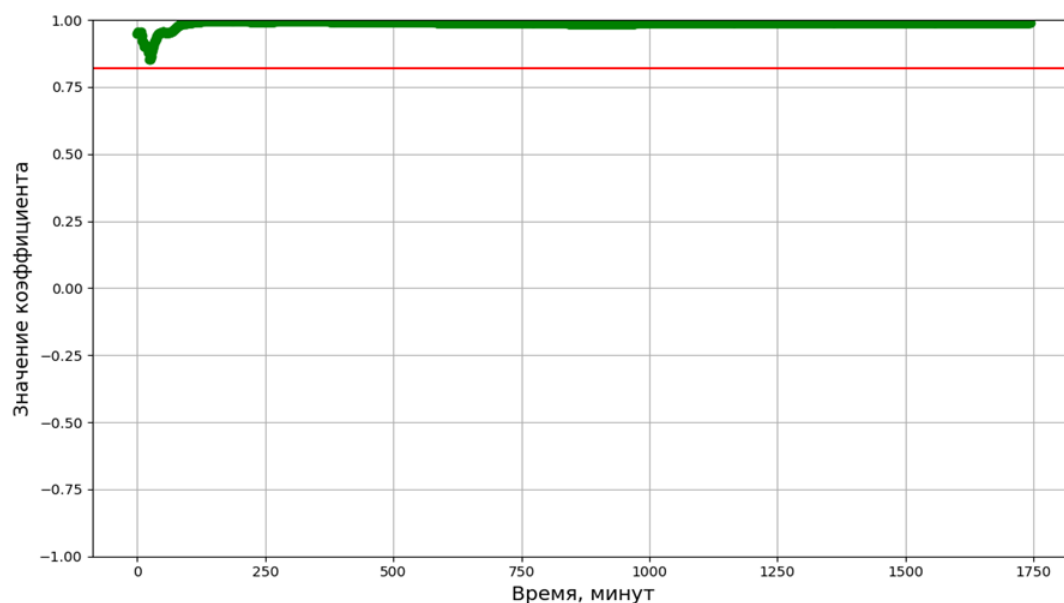


Рис. 16. График зависимости коэффициента корреляции Пирсона при высоком значении суточного коэффициента корреляции

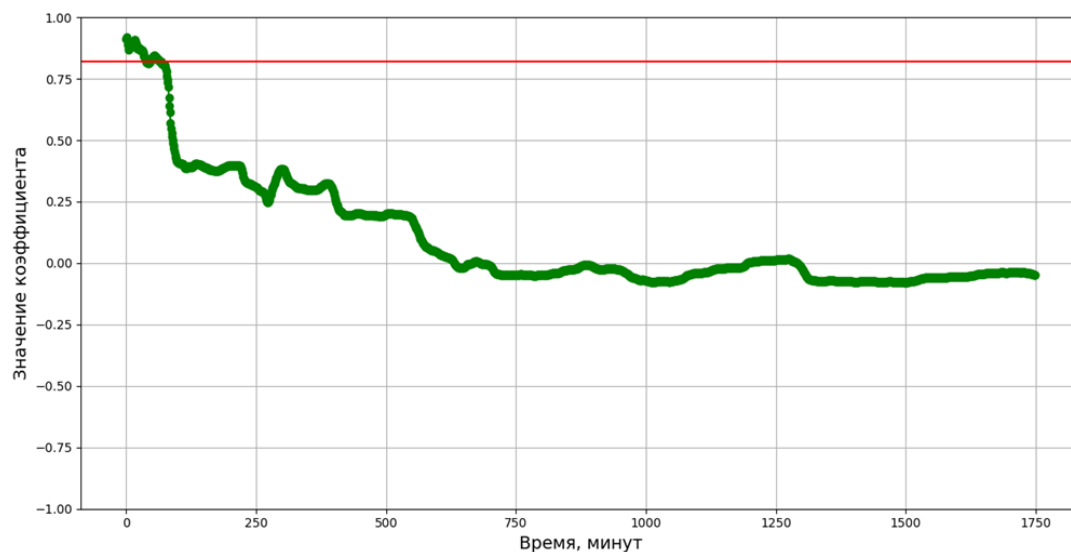


Рис. 17. График зависимости коэффициента корреляции Пирсона при низком значении суточного коэффициента корреляции

Красная линия на графиках соответствует среднему значению коэффициентов корреляции Пирсона, полученных по суточным выборкам для 28 НА, и равному 0,82. Переход графика ниже этой границы указывает на появление аномального события. На примере графика на рис. 17 можно заметить, что такой переход произошел примерно на 100-й минуте.

Заключение

В результате исследования была показана применимость корреляционного подхода для анализа данных, получаемых SCADA-системой, с целью выявления аномалий в работе насосов. Использование коэффициента корреляции Пирсона в качестве меры зависимости между силой тока и мощностью НА позволило выявить каналы измерения, для которых значения корреляций отклоняются от ожидаемых.

Можно выдвинуть предположение, что низкие значения коэффициента корреляции между силой тока и мощностью в НА могут быть вызваны либо некорректной работой каналов измерения, либо неисправностью, заключающейся в самом насосном агрегате. Однако на данном этапе исследования это предположение нуждается в подтверждении, поэтому в дальнейшем для выявления точной причины низких значений коэффициента корреляции планируется получить больше данных для анализа и применить предложенный метод для других показателей работы НА.

Список использованных источников

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров. – 12-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт. – 2016. – 702 с.
2. Громыко Г.Л. Теория статистики: Учебник. – Т. 11, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 476 с.
3. Ван дер Варден Б.Л. Математическая статистика. Пер. с нем. Л.Н. Большева; под ред. Н.В. Смирнова. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. – 435 с.