

УДК 004.896

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Туреев Н.Р. (Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II),

Научный руководитель – кандидат технических наук, ассистент Нгуен В.Т.

(Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II)

Введение. Надёжность и бесперебойность работы насосного оборудования в нефтегазовой отрасли напрямую влияют на эффективность производства и экономические показатели. Традиционные методы диагностики основаны на планово-предупредительных ремонтах, что может приводить к дополнительным затратам и незапланированным простоям. В мировой практике применяют предиктивные модели, позволяющие прогнозировать состояние насоса и проводить обслуживание только при необходимости. Однако внедрение таких подходов осложняется недостатком качественных исторических данных и отсутствием единого решения, учитывающего физические особенности насосного оборудования [1].

Основная часть. В работе разработан программный прототип, использующий методы предиктивной аналитики для прогнозирования потенциального отказа насоса. Для преодоления дефицита качественных данных была предложена генерация синтетических временных рядов, отражающих реальные режимы работы насоса: нормальную эксплуатацию, предкритические состояния и полные отказы. Параметры, включённые в модель (вибрация, активная мощность, давление, температура двигателя, расход, сопротивление и др.), обладают физическим смыслом и взаимосвязями, основанными на инженерных знаниях. В процессе генерации учитываются различные тренды (линейные, экспоненциальные) и заданные пороговые значения, соответствующие нормальным и критическим состояниям насоса. Корреляции (например, между рабочим током и активной мощностью) отражают реальные эксплуатационные зависимости. Для анализа данных и построения прогноза применяются несколько моделей машинного обучения, включая нейронные сети LSTM, TFT, N-BEATS, Amazon Chronos и математические модели Prophet, DLT, LGT, ETS, способные учитывать временные зависимости параметров [2]. С помощью кросс-валидации и специализированных инструментов оптимизации (Optuna) производится автоматический подбор гиперпараметров, минимизирующий показатель RMSE [3]. Оценка результатов проводится по метрикам RMSE, MAE, MAPE, что позволяет объективно сравнивать различные модели [4]. Результаты экспериментов показывают, что модели, при корректном подборе гиперпараметров, достигают высокой точности прогнозирования. Лучшее всего показала себя модель LSTM с $RMSE = 2,35$; $MAE = 1,75$; $MAPE = 3,2\%$. Практическая ценность прототипа заключается в возможности предупреждать потенциальный отказ насоса и корректировать технологические параметры, снижая затраты на ремонт и простои. В долгосрочной перспективе данная система может быть интегрирована с физическими моделями многофазной фильтрации и промышленными SCADA-системами.

Выводы. Создана методика генерации синтетических данных, отражающих физические процессы работы насоса; предложен подход к предиктивному анализу, позволяющий идентифицировать аномалии и прогнозировать ресурс оборудования по ключевым метрикам.

Список использованных источников:

1. Ohalete, N.C., Aderibigbe, A.O., Ani, E.C., Ohenhen, P.E., Akinoso, A. Advancements in predictive maintenance in the oil and gas industry: A review of AI and data science applications / N.C. Ohalete, A.O. Aderibigbe, E.C. Ani, P.E. Ohenhen, A. Akinoso – World Journal of Advanced Research and Reviews, 2023, 20(03), pp. 167–181 – URL: https://www.researchgate.net/publication/376982511_Advancements_in_predictive_maintenance_in_the_oil_and_gas_industry_A_review_of_AI_and_data_science_applications (дата обращения: 16.12.2024).
2. Haylett, G., Jadidi, Z., Nguyen, K., Haylett, G., Jadidi, Z., Nguyen, K. System-Wide Anomaly Detection of Industrial Control Systems via Deep Learning and Correlation Analysis / G. Haylett, Z. Jadidi, K. Nguyen – In: Artificial Intelligence Applications and Innovations, IFIP Advances in Information and Communication Technology, 2021, pp. 362–373, DOI:10.1007/978-3-030-79150-6_29 – URL: https://www.researchgate.net/publication/352598094_System-Wide_Anomaly_Detection_of_Industrial_Control_Systems_via_Deep_Learning_and_Correlation_Analysis (дата обращения: 10.01.2025).
3. Akiba, T., Sano, S., Yanase, T., Ohta, T. Optuna: A Next-generation Hyperparameter Optimization Framework / T. Akiba, S. Sano, T. Yanase, T. Ohta – arXiv preprint arXiv:1907.10902, 2019, DOI:10.48550/arXiv.1907.10902 – URL: https://www.researchgate.net/publication/334695210_Optuna_A_Next-generation_Hyperparameter_Optimization_Framework (дата обращения: 16.01.2025).
4. Hyndman, R.J., Athanasopoulos, G. Forecasting: Principles and Practice / R.J. Hyndman, G. Athanasopoulos – OTexts, 2018, 380 с. – ISBN: 0987507117, 9780987507112 – URL: https://books.google.ru/books?id=_bBhDwAAQBAJ&redir_esc=y (дата обращения: 24.01.2025).