

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДАННЫХ СУДНА

Баев А.С., магистрант,
Косилов В.Д., магистрант,
Редькин Ю.В., к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова»,
г. Новороссийск, Россия

Аннотация. Представлена архитектура системы, предназначенной для анализа знаний, полученных в ходе эксплуатации морского судна экипажем, а также информации из технической документации его оборудования. В основе системы лежат технологии обработки естественного языка (NLP) и поисково-дополненной генерации (RAG), обеспечивающие эффективный анализ и синтез данных. Приведены структура системы, указаны практические аспекты эксплуатации системы флота во время рейса и передачи дел экипажами.

Ключевые слова: архитектура системы анализа, метод обработки естественного языка, поисково-дополненная генерация.

Для обеспечения безопасной эксплуатации морского судна критически важно проводить постоянный контроль технического состояния его оборудования. В соответствии с требованиями действующего законодательства, обеспечение надлежащего состояния судна является обязанностью суперинтенданта и членов судового экипажа [4]. Однако, при смене экипажа (Crew Change) вследствие ограниченного времени на передачу дел значительный объем технической информации, накопленный во время рейса за 4-6 месяцев эксплуатации судна, не может быть полностью передан следующему экипажу.

Кроме того, результаты ремонта оборудования, выполненные во время рейса, нередко фиксируются лишь в неформальных записях или передаются

устно между сменяющимися членами экипажа, что также ведет к утрате части информации. В ходе эксплуатации судна формируется совокупность практических данных о характерных отказах оборудования, особенностях функционирования отдельных систем и наиболее эффективных методах их устранения. Подобные неформальные записи представляют собой важный источник эксплуатационной информации, позволяющий существенно сократить время простоя оборудования и повысить эффективность процесса поиска и локализации неисправностей.

При отсутствии формализованной процедуры документирования подобных работ часто возникают ситуации, при которых информация о произведенном ремонте, его характере и объеме может быть частично утрачена. Это, в свою очередь, усложняет процесс технического обслуживания оборудования судна, как со стороны экипажа, так и береговых технических служб.

Особенностью записей о состоянии и проведенном ремонте оборудования является то, что они нередко содержат фрагменты документации производителей оборудования либо сведения, распространение которых ограничено условиями лицензионных соглашений или корпоративной политикой судоходной компании. Одним из решений этой проблемы является организация защищенного беспроводного канала передачи данных о состоянии судна на берег, однако на практике это оказывается технически сложным в реализации [2, 8].

Эти обстоятельства обуславливают необходимость разработки локальных инструментов поиска и анализа накопленной эксплуатационной информации. В связи с большим объемом накопленных текстовых данных, накопленных в ходе эксплуатации судна, и отсутствием формализованной структуры представляется целесообразным применение методов обработки естественного языка (NLP), и, в частности, языковых моделей, способных анализировать неструктурированные текстовые данные [3].

Для решения указанной проблемы была разработана и исследована система анализа эксплуатационных знаний судового экипажа, реализованная на основе языковых моделей и поисково-дополненной генерации [7]. Архитектура предлагаемой системы позволяет применять языковые модели для анализа неформальных эксплуатационных записей экипажа и технической документации судна в условиях полностью локальной архитектуры обработки данных. Архитектурной основой системы является парадигма поисково-дополненной генерации (Retrieval-Augmented Generation, RAG), предполагающая формирование ответов языковой моделью посредством извлечения релевантных сегментов из локальной базы документов [5].

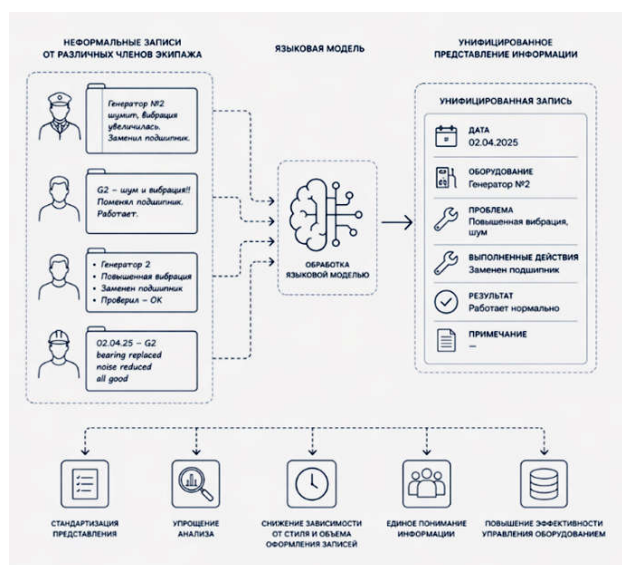


Рис. 1. Архитектура системы обработки и анализа эксплуатационных данных

Для обеспечения высокой производительности системы и сохранения удобства ее использования судовым экипажем в ней используется локальная архитектура обработки данных. В рамках предлагаемого подхода в системе предусмотрено полное шифрование носителя данных, на котором размещается база данных системы, а также архитектурное ограничение доступа к ней со стороны внешних береговых информационных инфраструктур.

Использование предлагаемой системы позволяет существенно сократить время доступа к необходимой информации. Благодаря автоматизированному поиску по содержанию документов пользователь получает возможность

оперативно находить не только требуемый файл, но и конкретную страницу, содержащую запрашиваемые сведения. В результате время поиска сокращается до нескольких секунд, как это показано на рис. 2, на котором представлена результат выполнения запроса по судовым инструкциям.

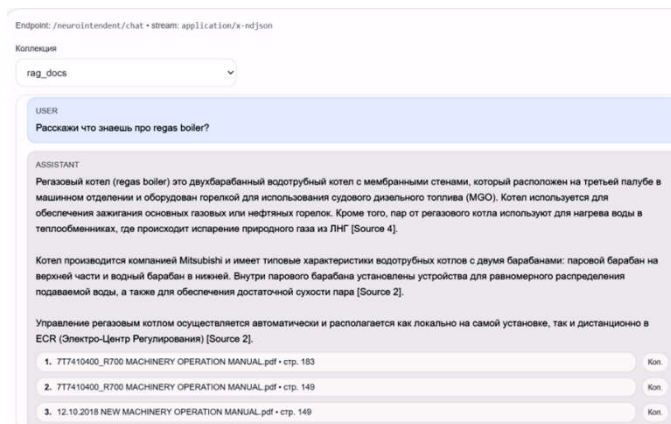


Рис. 2. Пример поиска по судовым инструкциям

Важной особенностью предлагаемой системы является применение механизмов интеллектуальной структуризации накопленной информации. В частности, языковая модель может использоваться не только для поиска ответов на запросы пользователя, но и для автоматической классификации записей по типам оборудования, видам неисправностей и характеру выполненных работ. Это позволяет постоянно пополнять упорядоченную базу знаний, отражающую реальный опыт эксплуатации конкретного судна (рис.3).

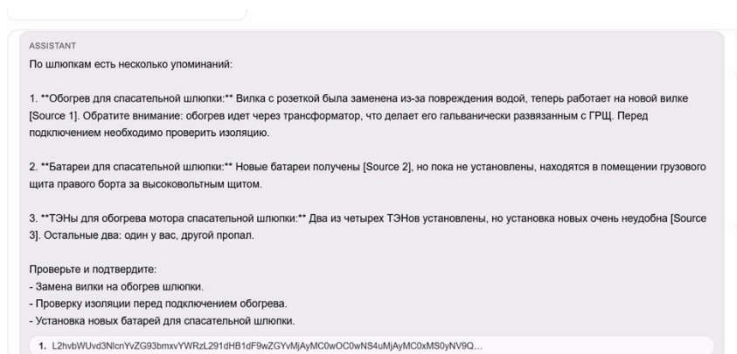


Рис. 3. Пример поиска записей по судовым спасательным шлюпкам

Несомненным преимуществом данного подхода является возможность выявления повторяющихся отказов и типовых неисправностей. Путем анализа

накопленных данных система способна обнаруживать корреляции между условиями эксплуатации и возникновением определенных проблем, а также предлагать наиболее эффективные методы их устранения, ранее применявшиеся экипажем. В перспективе это создает предпосылки для перехода от реактивного обслуживания судового оборудования к элементам его предиктивного технического обслуживания.

Использование языковых моделей позволяет унифицировать представление информации, поступающей от различных членов экипажа. Неформальные записи, отличающиеся по стилю, структуре и уровню детализации, могут быть автоматически приведены к стандартному виду без потери смыслового содержания. Это существенно упрощает их последующий анализ и снижает зависимость от индивидуальных особенностей оформления записей членами экипажа [1].

Кроме того, предлагаемую систему можно применять в процессе подготовки экипажа [6]. Так, накопленная база эксплуатационных данных может использоваться в качестве обучающего ресурса, отражающего реальные ситуации, возникавшие на судне. Это позволяет новым членам экипажа быстрее адаптироваться к особенностям эксплуатации имеющегося на борту оборудования и получать доступ к практическому опыту предшественников без необходимости длительного изучения разрозненных источников информации.

Таким образом, предлагаемая архитектура на основе RAG не только решает задачу оперативного доступа к информации, но и формирует основу для создания цифровой системы накопления и использования эксплуатационных знаний. Благодаря предложенной архитектуре, система гарантирует необходимый уровень защиты информации и конфиденциальности собранных эксплуатационных данных, сохраняя при этом высокую скорость обработки запросов. Внедрение системы способствует повышению эффективности технического управления судном, снижению вероятности ошибок при эксплуатации оборудования и рациональному использованию накопленного практического опыта его обслуживания.

Литература

1. Бородулин И. В. Увеличение точности больших языковых моделей с помощью расширенной поисковой генерации // Вестник науки. 2024. Т. 3, № 3(72). С. 400-405.
2. Бузенков И. И., Редькин Ю. В., Пакшина Е. Р. Беспроводная система передачи данных с борта судна, стоящего на рейде, на берег // Эксплуатация морского транспорта. 2022. № 1(102). С. 153-155.
3. Копылов Е. А., Дзюба Е. А. Личные нейроконсультанты с применением больших языковых моделей // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1(49). С. 66-72.
4. Международная морская организация. Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (МКУБ / ISM Code): нормативный документ. Лондон: IMO, 2018. URL: <https://www.imo.org> (дата обращения: 21.04.2026).
5. Науменко А. О. Технология RAG (Retrieval-Augmented Generation) как инновационный подход в LLM // Вестник науки. 2025. Т. 5, № 8(89). С. 280-289.
6. Оболенский Д. М., Шевченко В. И. Использование метода RAG и больших языковых моделей в интеллектуальных образовательных экосистемах // Экономика. Информатика. 2024. Т. 51, № 3. С. 699-709.
7. Baranchikov A. I., Yakovlev I. I., Redkin Yu. V. Improving the reliability of automation systems using data model analysis // AIP Conference Proceedings, Krasnoyarsk. Vol. 2402. – Melville, New York, United States of America: AIP Publishing, 2021. – P. 50023.
8. Redkin Yu. V. On ensuring a stable communication channel of a vessel standing in the roadstead with the shore // Modern informatization problems in simulation and social technologies (MIP-2022'SCT) : Proceedings of the XXVII-th International Open Science Conference. Yelm: Science Book Publishing House LLC, 2022. P. 145-150.