

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

В. В. Антонов • Л. И. Баймурзина • Л. А. Кромина • Л. Е. Родионова • А. Р. Фахруллина

Аннотация. Предиктивная аналитика играет решающую роль в поддержании работоспособности электростанций и их сопутствующих технологий, известных как активы. Это моделирование использует многочисленные интеллектуальные датчики, распределенные по всем операциям электростанции, для мониторинга работоспособности машин в режиме реального времени. Предиктивная аналитика использует исторические данные, собранные на предприятии, а также базу данных по электроэнергии, чтобы найти критические взаимосвязи, которые улучшат производительность, сократят эксплуатационные расходы и продлят срок службы оборудования на вашем предприятии. В данной статье рассматриваются модели предиктивной аналитики для повышения надежности функционирования объектов в области электроэнергетики, позволяющие провести прогнозирование технического состояния оборудования. Совокупность представленных моделей, а именно – модели интеллектуальной информационной системы предиктивной аналитики в IT-структуре предприятия, модели исполнения и управления технического обслуживания и ремонта, позволяют сформировать правила по выявлению возможных отклонений в состоянии технологического оборудования. Приведены концептуальная схема архитектуры интеллектуальной информационной системы предиктивной аналитики и EPC-диаграмма, предназначенные для определения и анализа событий и функций технического состояния объектов на всем жизненном цикле с фиксированием информации в хранилище данных. Применение представленных моделей предиктивной аналитики позволит оперативно определить проблемы технического обслуживания для дальнейшего принятия решения по устранению и контролю отклонений.

Ключевые слова: предиктивная аналитика; архитектура интеллектуальной информационной системы; прогнозная модель.

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетика является одной из стратегических отраслей экономики современного мира. Отрасль, которая нуждается в непрерывной и бесперебойной работе, и в настоящее время имеет ряд серьезных проблем. Все производящее оборудование электроэнергетики со временем подвергается старению и износу, что может привести к технологическим отказам и авариям. Применение высокотехнологических информационных решений, а именно – интеллектуальных информационных систем – позволит решить ряд проблем, отвечающих за эффективность работы всех электроэнергетических процессов. Прогностическая аналитика занимается извлечением информации из данных и ее использованием для прогнозирования тенденций и закономерностей [1]. Прогнозная аналитика для энергопотребления здания может улучшить надзор за эксплуатацией здания, установить базовый уровень потребления энергии, отслеживать ежегодный прогресс в повышении интенсивности, помочь повысить энергоэффективность и максимально сэкономить энергию [2].

Среди различных методов предиктивной аналитики на основе данных для повышения энергоэффективности зданий, прогнозирование и мониторинг энергопотребления с целью выявления аномального поведения является перспективным и экономически эффективным.

Так, например, информационная система «Автоматизированная разработка графиков планово-предупредительных ремонтов» предназначена для автоматизированного составления

графиков планово-предупредительных ремонтов оборудования, расчета планируемой численности ремонтного персонала предприятия, а также ведения отчетных документов о фактически проведенных ремонтах [3]. Информационная система управления техническим обслуживанием и ремонтами оборудования «Global-EAM» обеспечивает автоматизированное планирование ремонтов путем составления планов планово-предупредительных ремонтов с разбивкой по задаваемым периодам (годам, кварталам, месяцам, дням) выполнения работ, ремонтным и ответственным подразделениям [4, 5].

В настоящее время принятия решений на основе данных и искусственного интеллекта сектор электроэнергетики находится на пороге преобразующей эволюции в управлении отключениями. Машинное обучение, подраздел искусственного интеллекта (ИИ), стало надежным ресурсом для решения сложных проблем в различных областях. В области распределения электроэнергии прогнозирование продолжительности отключения электроэнергии является важнейшим аспектом, требующим тщательного рассмотрения. Продолжительность отключения электроэнергии относится к периоду, в течение которого происходит нарушение подачи электроэнергии. Это нарушение может быть вызвано различными факторами, включая стихийные бедствия, отказы оборудования или человеческие ошибки. Значимость точного прогнозирования продолжительности отключения электроэнергии заключается в его потенциале снабжать поставщиков коммунальных услуг и потребителей ценной информацией. Такие прогнозы способствуют упреждающему принятию решений при распределении ресурсов, готовности к стихийным бедствиям и планировании инфраструктуры.

Используя обширные наборы данных, передовые алгоритмы и входные данные в реальном времени, машинное обучение позволяет создавать прогностические модели, которые могут адаптироваться, обучаться и уточнять свои прогнозы, предлагая потенциал для революционного изменения эффективности и точности оценки продолжительности отключения электроэнергии. Кроме того, сложная природа современных энергосистем в сочетании с растущей интеграцией устойчивых источников энергии вызвала заметный всплеск внедрения методов машинного обучения для прогностического анализа в секторе электроэнергетики. Эти методологии представляют новые перспективы динамики системы, способствуют повышению точности прогнозирования и предоставляют решения в реальном времени для повышения эффективности и надежности энергосистем. Предлагается разработать концептуальную схему архитектуры интеллектуальной информационной системы предиктивной аналитики.

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Эффективное планирование технического обслуживания имеет решающее значение для успеха любой организации, поскольку оно может минимизировать время простоя, снизить расходы и увеличить срок службы оборудования. Это всеобъемлющее руководство предлагает ценные советы и тактики для оптимизации технического обслуживания оборудования, разработанные специально для профессионалов, работающих в здравоохранении, машиностроении, горнодобывающей, нефтегазовой, энергетической или любой другой отрасли. Оно представляет возможные решения типичных проблем технического обслуживания, которые могут возникнуть в любом отделе, начиная от кадрового обеспечения и планового обслуживания и заканчивая решением сложных проблем, оснащением организаций необходимыми ресурсами для оптимизации их деятельности, повышения производительности и достижения поставленных целей. Основные проблемы технического обслуживания и ремонтов без использования прогнозных моделей:

- высокие экономические потери из-за непредвиденных отказов и простоев оборудования;
- низкая скорость диагностики и влияния человеческого фактора на производство;
- принятие управленческих решений на основе субъективных данных;
- недостаточная энергоэффективность из-за изношенности оборудования.

Применение прогнозных моделей позволит решить следующие задачи:

- организовать регулярный оперативный контроль за техническим состоянием промышленного оборудования;
- переход на систему ремонтов по состоянию;
- минимизировать издержки и максимально рационально использовать производственные ресурсы (рис. 1).

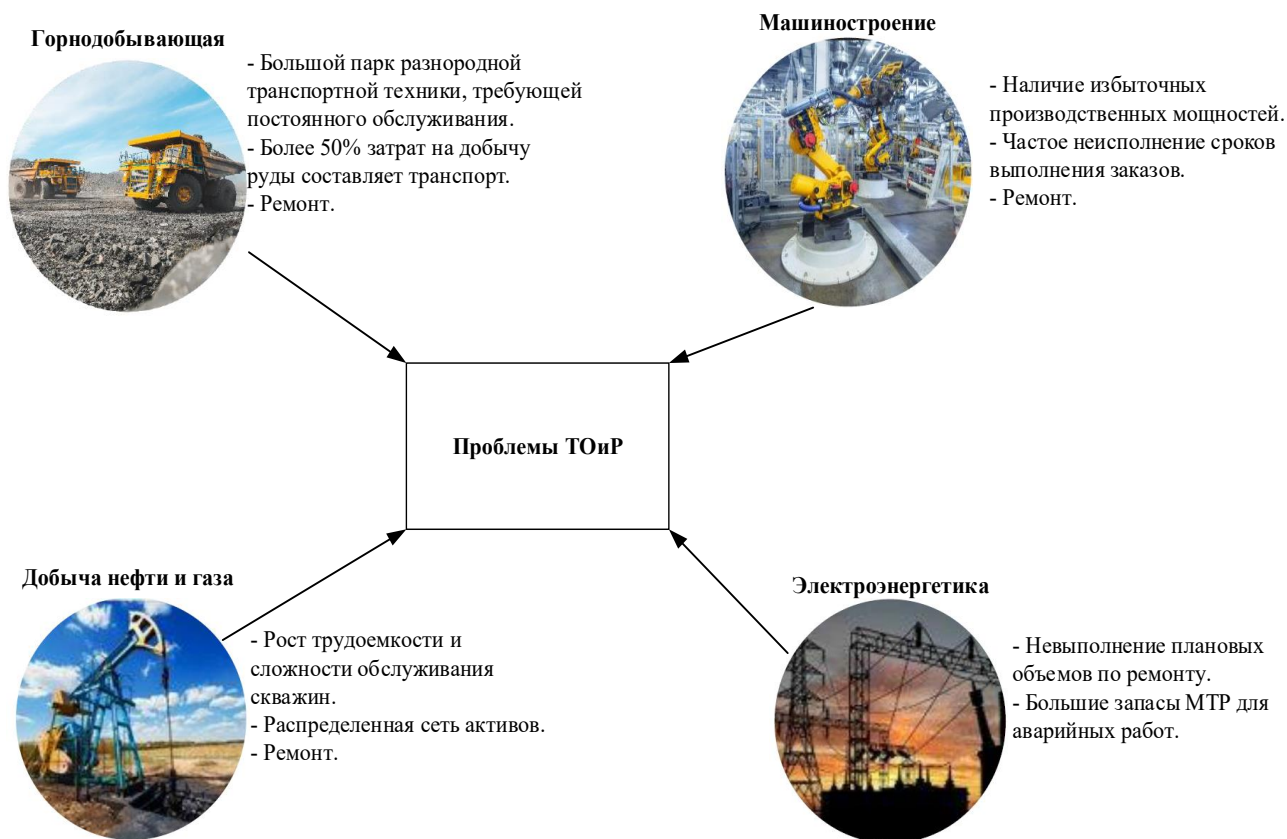


Рис. 1 Проблемы ТОиР в различных отраслях.

Проанализируем пирамидальную модель, представляющую иерархию BI-ERP-MES-SCADA (рис. 2). Данная модель отражает реальное состояние производства электроэнергетики, алгоритм управления, механизм осуществления управления, механизм контроля. Модель интеллектуальной информационной системы для корректного прогнозирования и планирования событий описывает процесс управления в форме, пригодной для аналитической обработки, с помощью программного комплекса: математические модели, экспертные правила, исполнение технического обслуживания и ремонт (далее ТОиР), управление материально-техническими ресурсами, ведение активов, автоматическое назначение работ к инцидентам, оценка и прогноз технического состояния, мониторинг технического состояния, ведение нормативно-справочной информации, планирование ТОиР, оптимизационное планирование работ [6].

Работа прогнозирования технического состояния оборудования организована следующим образом: вначале собираются все данные с действующего технологического оборудования с использованием датчиков, далее данные из систем автоматизации, оборудования или датчиков собираются в единой базе данных. С помощью математических моделей анализируются данные работы оборудования. Формируются данные планирования (предсказаний) дальнейшей работы либо отказов. Затем данные предиктивного анализа визуализируются и выводятся на экран пользователя в читаемом виде для принятия управленческих решений. Преимущество предиктивной аналитики заключается в мониторинге текущего состояния оборудования, прогноза технического состояния и возможных событий. Редактирование экспертных правил

без привлечения разработчиков. Уведомления при возникновении нестандартных поведений оборудования.

Прогнозные модели предназначены для выявления предотказных состояний прогнозирования поломок технологического оборудования, работа которого может быть в достаточной степени описана его датчиками, а также с помощью расчетных методов при построении инженерной модели. На этапе анализа собираются данные с датчиков и анализируются, при построении инженерной модели изучается физика процессов, затем моделируется узел и с помощью нейронной сети определяются аномалии, после выявляются тренды деградации и затем происходит расчет индекса здоровья работы оборудования [7, 8].

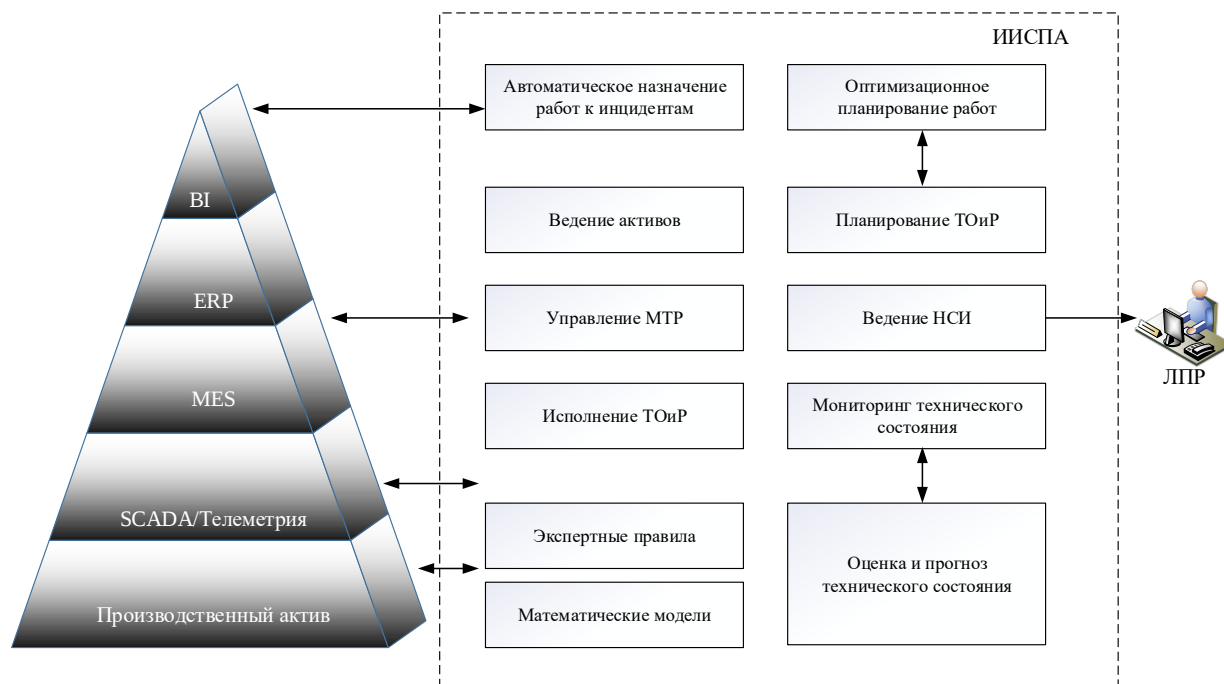


Рис. 2 Модули интеллектуальной информационной системы предиктивной аналитики в IT-структуре предприятия.

Основные процессы, связанные с управлением ТОиР – это техническое обслуживание, наладка, модернизация, ремонт, монтаж, настройка, диагностика, мониторинг состояния. Данные бизнес-процессы управляются инженерно-техническим персоналом, а для того чтобы выявить причины поломок оборудования, снизить производственные риски, необходимо проводить аналитику данных (рис. 3). Аналитика необходима для лиц, принимающих решение. Типовые проблемы, возникающие при управлении ТОиР:

- дорогой восстановительный ремонт (для определенных групп оборудования восстановительный ремонт дороже предупредительного);
- длительные простои ТОиР (сложно спланировать ТОиР с учетом большого количества факторов – МТР, люди и т. д.).

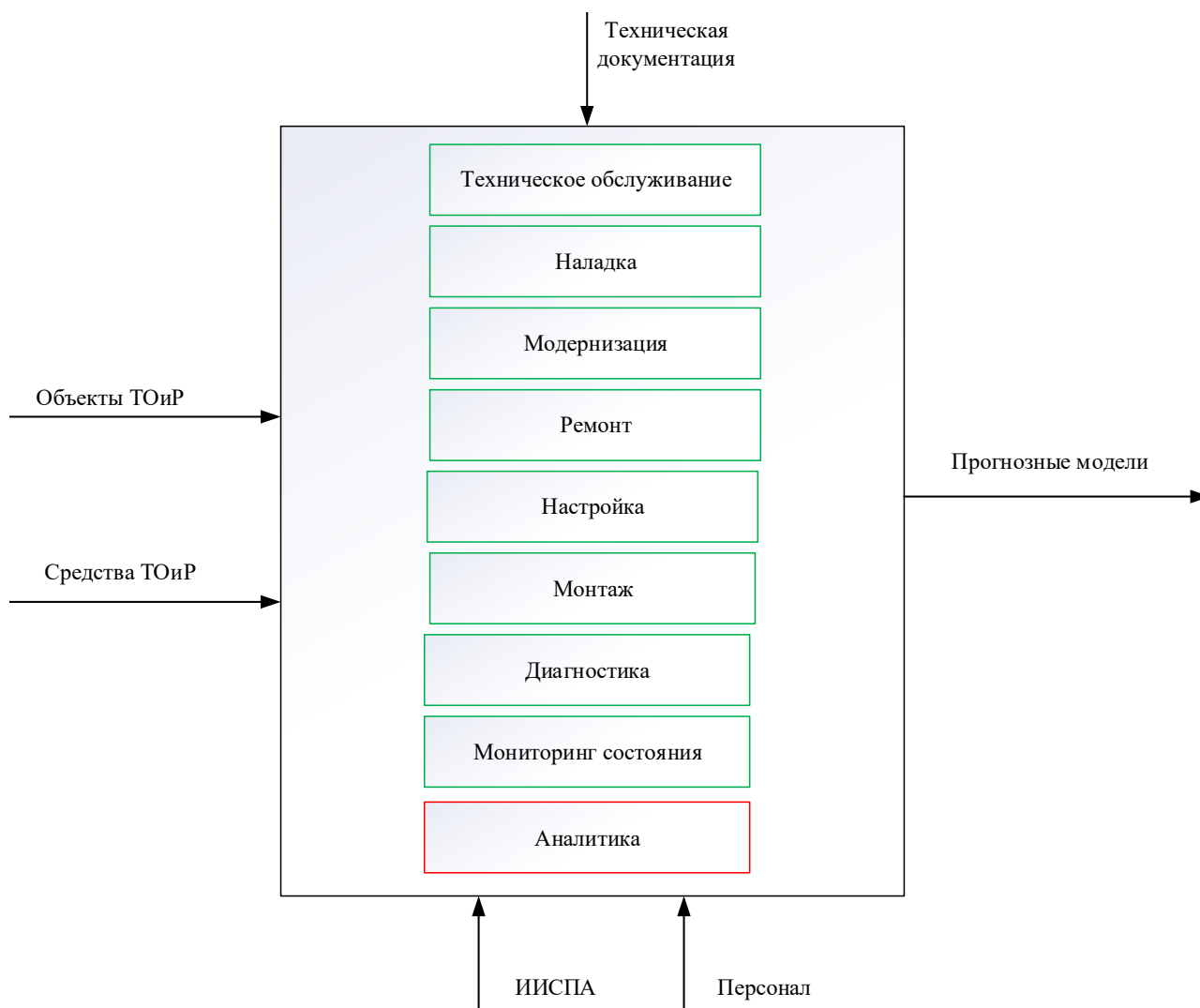


Рис. 3 Укрупненная система ТОиР и управление ремонтами.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ

Аварийные ситуации, связанные с отказом оборудования, являются причиной нарушения режима работы объектов электроэнергетики. С целью повышения надёжности функционирования, а следовательно, и энергосбережения предлагается применять модели предиктивной аналитики, которые в дальнейшем планируется реализовать в виде интеллектуальной информационной системы [9, 10].

Согласно схеме применения моделей предиктивной аналитики (рис. 4), предполагается обработка больших объемов исторических данных по ремонтам, аварийным ситуациям на объектах, данных, представленных в технической документации, а также актуальным показаниям параметров объектов (значениям датчиков). Предлагаемые модели позволят осуществлять прогнозирование возможности возникновения аварийных ситуаций, а также формирование программ ремонтов [11].

Реализация представленных моделей предиктивной аналитики в виде интеллектуальной информационной системы позволит определять изменения технического состояния объектов и фиксировать данные в журнале событий для хранения в течение всего жизненного цикла [12, 13]. Таким образом возможно достичь:

1) снижения количества наступлений аварийных ситуаций за счет перевода большинства внезапных отказов в разряд прогнозируемых;

2) увеличения межремонтного периода оборудования, сокращение длительности вынужденных простоев объектов, снижение затрат на сервисное обслуживание оборудования, получение достоверной статистической информации о работе оборудования за счет прогнозирования аварийных ситуаций и устранения неисправностей во время запланированных остановок [14–18].

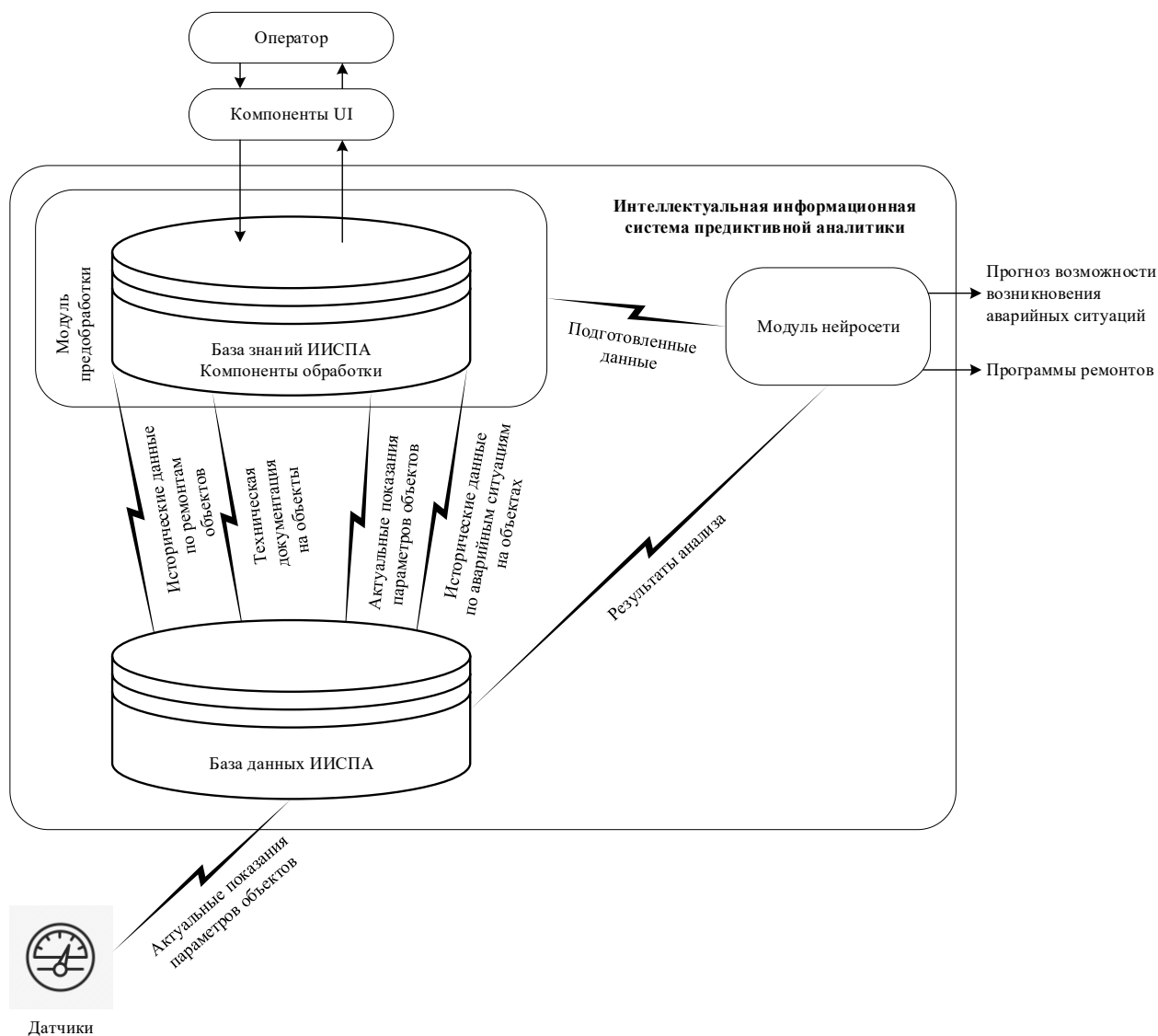


Рис. 4 Концептуальная схема архитектуры интеллектуальной информационной системы предиктивной аналитики.

Для более подробного описания предлагаемого процесса была построена ЕРС-диаграмма описания системы предиктивной аналитики (рис. 5). В качестве инструмента для моделирования и визуализации процессов системы предиктивной аналитики применяется ЕРС-диаграмма [19, 20].

Основными компонентами предлагаемой модели являются:

- 1) события, которые запускают или завершают функции;
- 2) функции, представляющие собой действия; связи, отражающие порядок выполнения;
- 3) организационные единицы, представляющие информацию о том, кто выполняет функции [21, 22].

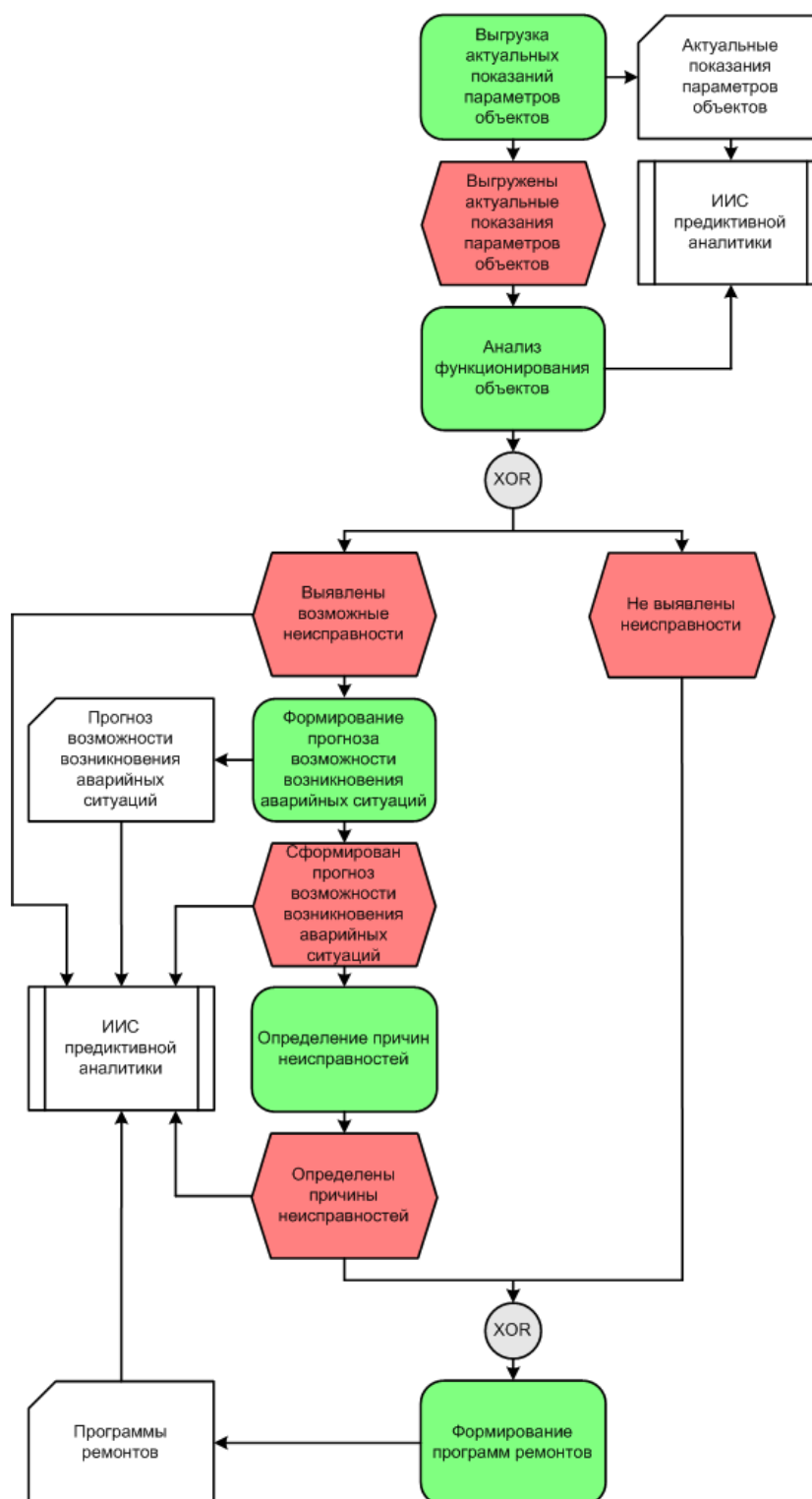


Рис. 5 EPC-диаграмма описания системы предиктивной аналитики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрена задача построения моделей интеллектуальной информационной системы предиктивной аналитики для повышения надежности функционирования объектов электроэнергетики. Проведен анализ проблем технического обслуживания и ремонтов оборудования в данной области, и рассмотрены решения с использованием прогнозных моделей [23]. Построенные концептуальная схема архитектуры интеллектуальной информационной

системы предиктивной аналитики и ЕРС-диаграмма данной системы предоставляют возможность осуществлять аналитику изменения технического состояния объектов электроэнергетики с дальнейшей фиксацией данных для выявления отказов в оборудовании. Предложенные прогнозные модели позволяют выявить предотказное состояние отклонений технологического оборудования и ориентированы на повышение точности прогнозирования и предоставляют решения в реальном времени для повышения эффективности и надежности энергосистем.

БЛАГОДАРНОСТИ И ПОДДЕРЖКА

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках основной части Государственного задания высшим учебным заведениям № FEUE-2023-0007.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- [1] Finlay S. Predictive Analytics Data Mining and Big Data: Myths, Misconceptions and Methods // Business in the Digital Economy (first ed.), Palgrave Macmillan. Basingstoke. 2014.
- [2] Crespo Marquez, Adolfo & Crespo del Castillo, Adolfo & Gomez Fernandez, Juan Francisco. Integrating artificial intelligent techniques and continuous time simulation modelling. Practical predictive analytics for energy efficiency and failure detection // Computers in Industry. 2020. 115. 103164. 10.1016/j.compind.2019.103164.
- [3] Программа «Автоматизированная разработка графиков планово-предупредительных ремонтов» (ППР-Про v.1.0). URL: <https://innoscope.ru/tech/offer/1242>. [[The program "Automated Development of Schedules for Scheduled Preventive Maintenance" (PPR-Pro v.1.0) (In Russian). URL: <https://innoscope.ru/tech/offer/1242>.]]
- [4] Антонов В. В., Родионова Л. Е., Кромина Л. А., Фахруллина А. Р., Баймурзина Л. И. Формирование модели интеллектуального программного аналитического комплекса в электроэнергетике // Онтология проектирования. 2023. Т. 13. № 4. DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-4-507-519. EDN [RXIEIP](#). [[Antonov V. V., Rodionova L. E., Kromina L. A., Fakhrullina A. R., Baimurzina L. I. "Formation of a model of an intelligent software analytical complex in the electric power industry" // Ontology of Designing. 2023. Vol. 13, No. 4. DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-4-507-519. EDN [RXIEIP](#). (In Russian).]]
- [5] Агibalов Н. И., Душкин А. В. Варианты устранения уязвимостей в сенсорной системе мониторинга при передаче данных через информационно-телекоммуникационные сети // Информационные и телекоммуникационные технологии в противодействии экстремизму и терроризму: Мат-лы III Всеросс. науч.-практ. конф., Краснодар, 23 апреля 2020 г. Краснодар: Краснодарский университет МВД России, 2020. С. 5–8. [[Agibalov N. I., Dushkin A. V. "Options for eliminating vulnerabilities in a sensor monitoring system when transmitting data through information and telecommunication networks" // Information and Telecommunication Technologies in Countering Extremism and Terrorism: Proc. III All-Russian Sci. and Pract. Conf., Krasnodar, April 23, 2020. Krasnodar, 2020, pp. 5-8. (In Russian).]]
- [6] Uhlemann T. H.-J., Steinhilper C. L. R., Steinhilper R. The digital twin: realizing the cyber-physical production system for Industry 4.0" // Procedia CIRP, Part of special issue: The 24th CIRP Conference on Life-cycle Engineering. 2017. Vol. 61. Pp. 335–340. DOI: 10.1016/j.procir.2016.11.152
- [7] Consilvio A. et al. Towards an intelligent and automated platform for railway asset management // Proc. 7th Transport Research Arena, TRA. 2018. Vienna, Austria, 16–19 April 2018.
- [8] Aivaliotis P. et al. Methodology for enabling Digital Twin using advanced physics-based modeling in predictive maintenance // Procedia CIRP. 2019. 81. 417–422.
- [9] Антонов В. В., Куликов Г. Г., Кромина Л. А., Родионова Л. Е., Фахруллина А. Р., Харисова З. И. Концепция программно-аналитического комплекса образовательного процесса на основе онтологии и искусственных нейронных сетей // Онтология проектирования. 2021. Т. 11. № 3(41). С. 339–350. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-339-350. EDN [YSKAGX](#). [[Antonov V. V., Kulikov G. G., Kromina L. A., Rodionova L. E., Fakhrullina A. R., Kharisova Z. I. "The concept of a software and analytical complex of the educational process based on ontology and artificial neural networks" // Ontology of Designing. 2021. Vol. 11, No. 3(41), pp. 339–350. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-339-350. EDN [YSKAGX](#). (In Russian).]]
- [10] Antonov V., Kromina L., Fakhrullina A., Rodionova L. A method for generating a digital twin structure for a system for organizing preventive maintenance in the electricity sector // 2023 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), Sochi, Russian Federation. 2023. Pp. 533–539. DOI: 10.1109/SmartIndustryCon57312.2023.10110812.
- [11] Плешкова А. Ю. Онтологии в управлении образовательным процессом // Онтология проектирования. 2022. Т. 12. № 4(46). С. 506–517. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-4-506-517. EDN [APBRGG](#). [[Pleshkova A. Yu. "Ontologies in the management of the educational process" // Ontology of Designing. 2022. Vol. 12, No. 4(46), pp. 506-517. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-4-506-517. EDN [APBRGG](#). (In Russian).]]
- [12] Куликов Г. Г., Антонов В. В., Фахруллина А. Р., Родионова Л. Е. Формальная модель процессов взаимодействия компонентов программных систем на основе фрактального подхода // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2018. № 4. С. 48–69. EDN [YQXVNZ](#). [[Kulikov G. G., Antonov V. V., Fakhrullina A. R., Rodionova L. E. "Formal model of interaction processes of software system components based on the fractal approach" // Electrical and Information Complexes and Systems. 2018. No. 4, pp. 48–69. EDN [YQXVNZ](#). (In Russian).]]

- [13] Куликов Г. Г., Ризванов К. А., Петров Ю. Е. Системный подход к построению структуры организационно-функциональной модели цифрового моделирования производственных процессов // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная техника, управление, радиоэлектроника. 2018. № 2. С. 60–70. [[Kulikov G. G., Rizvanov K. A., Petrov Yu. E. "Systems approach to building the structure of the organizational and functional model of digital modeling of production processes" // Bulletin of SUSU. Series: Computer Engineering, Control, Radio Electronics. 2018. No. 2, pp. 60–70. (In Russian).]]
- [14] Kovács G., Yussupova N., Rizvanov D. Resource management simulation using multi-agent approach and semantic constraints // Pollack Periodica, An International Journal for Engineering and Information Sciences. 2017. Vol. 12. Pp. 45–58. <https://doi.org/10.1556/606.2017.12.1.4>.
- [15] Калинин В. Ф., Зяблов Н. М. и др. Анализ методов представления данных искусственной нейронной сети для управления электроэнергетическими системами // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2017. 4. С. 609–616. [[Kalinin V. F., Zyablov N. M. et al. "Analysis of methods for representing data of an artificial neural network for managing electric power systems" // Bulletin of Tambov State Technical University. 2017. V. 4, pp. 609–616. (In Russian).]]
- [16] Обухов А. Д., Мельников В. А. Оптимизация тяговых ресурсов с учетом предиктивной аналитики технического состояния парка локомотивов // Локомотив. 2019. № 2(746). С. 15–16. [[Obukhov A. D., Melnikov V. A. "Optimization of traction resources taking into account predictive analytics of the technical condition of the locomotive fleet" // Lokomotiv. 2019. No. 2 (746), pp. 15–16. (In Russian).]]
- [17] Терешина В. В. Применение систем предиктивной аналитики и предикативного моделирования // Инновационное развитие экономики. 2022. № 5(71). С. 243–246. DOI 10.51832/2223798420225243. [[Tereshina V. V. "Application of predictive analytics and predictive modeling systems" // Innovative Development of the Economy. 2022. No. 5 (71), pp. 243–246. DOI 10.51832/2223798420225243. (In Russian).]]
- [18] Дьяконов Н. А., Логунова О. С. Системы управления технологическим процессом на основе предиктивной аналитики: проектирование // Электротехнические системы и комплексы. 2021. № 1(50). С. 58–64. DOI 10.18503/2311-8318-2021-1(50)-58-64. [[Dyakonov N. A., Logunova O. S. "Technological process control systems based on predictive analytics: design" // Electrical Systems and Complexes. 2021. No. 1(50), pp. 58–64. DOI 10.18503/2311-8318-2021-1(50)-58-64. (In Russian).]]
- [19] Чумарина Е. А., Мартынюк М. В. Моделирование бизнес-процессов при разработке программного обеспечения для радиопередатчика // Научно-технический вестник Поволжья. 2024. № 4. С. 232–235. [[Chumarina E. A., Martynyuk M. V. "Modeling of business processes in the development of software for a radio transmitter" // Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. 2024. No. 4, pp. 232–235. (In Russian).]]
- [20] Bushuev S. Application of AI for monitoring and optimizing IT infrastructure: economic prospects for implementing predictive analytics in enterprise operations // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2024. No. 8-3(95). Pp. 125–129. DOI 10.24412/2500-1000-2024-8-3-125-129.
- [21] Родионова Л. Е., Антонов В. В., Баймурзина Л. И., Гидинда Г. М. Модели проектирования программных аналитических комплексов с декартово замкнутой категорией // СИИТ. 2023. Т. 5. № 5(14). С. 3–15. EDN [AQLGLE](#). [[Rodionova L. E., Antonov V. V., Baimurzina L. I., Gidinda G. M. "Design models of program analytical complexes with Cartesian closed category" (In Russian) // System Engineering and Information Technologies. 2023. Vol. 5, no. 5(14), pp. 3–15. Available: EDN [AQLGLE](#).]]
- [22] Кроминина Л. А. Автоматизированная поддержка принятия решений при заказе литературы библиотекой вуза на основе ранжирования потребности изданий // СИИТ. 2023. Т. 5. № 5(14). С. 25–38. EDN [KJFSBX](#). [[Kromina L. A. "Automated decision-making support when ordering literature by the university library on the basis of ranking the need for editions" (In Russian) // System Engineering and Information Technologies. 2023. Vol. 5, no. 5(14), pp 25–38. Available: EDN [KJFSBX](#).]]
- [23] Гидинда Г. М., Кроминина Л. А., Антонов В. В. Реинжиниринг инфраструктуры организации на примере кафедры университета // СИИТ. 2024. Т. 6. № 2(17). С. 3–10. EDN [MIPNBO](#). [[Gidinda G. M., Kromina L. A., Antonov V. V. "Reengineering of the organization's infrastructure on the example of a university department" // SIIT. 2024. Vol. 6, No. 2(17), pp. 3–10. EDN [MIPNBO](#). (In Russian).]]

Поступила в редакцию 28 октября 2024 г.

МЕТАДАННЫЕ/METADATA

Title: Building predictive analytics models to improve the reliability of power facilities operation.

Abstract: Predictive analytics plays a critical role in maintaining the performance of power plants and their associated technologies, known as assets. This model uses multiple smart sensors distributed throughout the power plant operations to monitor machine performance in real time. Predictive analytics uses historical data collected from the plant as well as the power database to find critical relationships that will improve performance, reduce operating costs, and extend the life of the equipment in your plant. This paper discusses predictive analytics models for improving the reliability of electric utility operations by predicting the technical condition of equipment. The totality of the presented models, namely, the models of intellectual information system of predictive analytics in the IT-structure of the enterprise, models of execution and management of maintenance and repair, allow to form rules to identify possible deviations in the state of technological equipment. The conceptual scheme of architecture of intellectual information system of predictive analytics and EPC-diagram, intended for definition and analysis of events and functions of technical state of objects on all life cycle with fixing of information in data storage resulted. Application of the presented models of predictive analytics will allow us to promptly identify maintenance problems for further decision making on elimination and control of deviations.

Key words: predictive analytics, intelligent information system architecture, predictive model.

Язык статьи / Language: Русский.

Поддержка/Support: Государственное задание для высших учебных заведений № FEUE-2023-0007.

Об авторах / About the authors:

АНТОНОВ Вячеслав Викторович

Уфимский университет науки и технологий, Россия.
Зав. каф. автоматизированных систем управления, профессор. Инженер (Башкирск. гос. ун-т, 1979). Д-р техн. наук (Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2015). Иссл. в обл. интеллектуальных систем.

E-mail: antonov.v@bashkortostan.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5402-9525>

БАЙМУРЗИНА Лилия Ифтаровна

Уфимский университет науки и технологий, Россия.
Ст. преп. каф. автоматизированных систем управления. Дипл. спец. по прикладной информатике в экономике (Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2009).

E-mail: lilabay@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1996-0494>

КРОМИНА Людмила Александровна

Уфимский университет науки и технологий, Россия.
Доцент каф. автоматизированных систем управления. Дипл. спец. по прикладной информатике в экономике (Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2005). Канд. техн. наук по управлению в социальных и экономических системах (Там же, 2012). Иссл. в обл. управления в соц. и экон. системах, интелл. систем, нейросетевого моделирования.

E-mail: : luyda-kr@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5226-0512>

РОДИОНОВА Людмила Евгеньевна

Уфимский университет науки и технологий, Россия.
Доцент каф. автоматизированных систем управления. Дипл. спец. по прикл. информатике в экономике (Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2006). Канд. техн. наук по мат. и прогр. обеспечению выч. машин, комплексов и компьютер. сетей (Там же, 2019). Исслед. в обл. моделей и методов проектирования прогр. аналит. комплексов.

E-mail: lurik@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4041-0365>

ФАХРУЛЛИНА Альмира Раисовна

Уфимский университет науки и технологий, Россия.
Доцент кафедры автоматизированных систем управления. Дипломированный специалист по информационным системам в экономике (Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2004). Канд. техн. наук по математическому и программному обеспечению выч. машин, комплексов и компьютер. сетей (Там же, 2016). Иссл. в обл. интелл. систем управления.

E-mail: almirafax@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3482-4169>

ANTONOV Vyacheslav Viktorovich

Ufa University of Science and Technology, Russia.
Head of the Department of Automated Control Systems, Prof. Eng. (Bashkir State Univ., 1979). Doctor of Engineering Sciences (Ufa State Aviation Technical Univ., 2015). Research in the field of intelligent systems.

E-mail: antonov.v@bashkortostan.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5402-9525>

BAIMURZINA Liliya Iftarovna

Ufa University of Science and Technology, Russia.
Senior Lecturer of the Aircraft Production Technology Dept. Dipl. specialist in applied informatics in economics (Ufa State Aviation Technical University, 2009).

E-mail: lilabay@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1996-0494>

KROMINA Lyudmila Aleksandrovna

Ufa University of Science and Technology, Russia.
Associate Prof. of Automated Control Systems Dept. Dipl. specialist on applied informatics in economics (Ufa State Aviat. Technical University, 2005). Cand. of Tech. Sciences on management in social and economic systems (ibid, 2012). Research in the field of management in social and economic systems, intellectual systems, neural network modeling.

E-mail: : luyda-kr@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5226-0512>

RODIONOVA Lyudmila Evgenyevna

Ufa University of Science and Technology, Russia.
Ass. Prof. of the Dept. of Automated Control Systems. Dipl.-Specialist in applied informatics in economics (Ufa State Aviat. Technical Univ., 2006). Cand. of Tech. Sci. in mathematical and software support of computing machines, complexes, and computer networks (ibid, 2019). Research in the field of models and methods for designing software analytical systems.

E-mail: lurik@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4041-0365>

FAKHRULLINA Almira Raisovna

Ufa University of Science and Technology, Russia.
Associate Professor of the Department of Automated Control Systems. Graduated Specialist in Information Systems in Economics (Ufa State Aviation Technical University, 2004). Candidate of Technical Sciences in Mathematical and software support of computers, complexes, and computer networks (ibid, 2016). Research in the field of intelligent control systems.

E-mail: almirafax@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3482-4169>