

УДК 004.32+004.65  
DOI: 10.15827/0236-235X.129.091-095

Дата подачи статьи: 14.09.19  
2020. Т. 33. № 1. С. 091–095

## **Алгоритм и программная реализация поиска отклонений значений параметров от норм промышленного оборудования**

*А.Е. Колоденкова*<sup>1</sup>, д.т.н., доцент, зав. кафедрой «Информационные технологии»,  
anna82\_42@mail.ru

*С.С. Верецагина*<sup>1</sup>, старший преподаватель кафедры «Информационные  
технологии», werechaginass@mail.ru

<sup>1</sup> Самарский государственный технический университет, г. Самара, 443100, Россия

Предлагается алгоритм поиска отклонений значений параметров промышленного оборудования от норм в условиях статистических и нечетких исходных данных с целью дальнейшего диагностирования оборудования на этапе эксплуатации. Рассмотрена обобщенная схема поиска отклонений значений параметров промышленного оборудования с использованием БД (паспортные данные на оборудование, ГОСТы и нормативную документацию) и базы знаний, содержащей знания и опыт дежурного персонала о значениях параметров оборудования, факторах, способных повлиять на работоспособность оборудования, и т.д., представленных в виде словесных описаний и интервалов.

Предложен алгоритм поиска отклонений значений параметров промышленного оборудования от норм с использованием БД. Данный алгоритм в системах поддержки принятия решений по диагностированию оборудования не только позволяет ответить на вопрос, когда возникло отклонение значения параметра, но и дает возможность определить продолжительность и среднее значение отклонения.

Рассмотрены инфологическая модель БД, представляющая собой описание сущностей, с набором атрибутов и связей между ними, которые выявляются в процессе исследования как входных, так и выходных данных, а также даталогическая модель БД, отображающая логические связи между элементами данных. В качестве примера приведены экранные формы пользовательского интерфейса разработанной программной системы на языке программирования C# для поиска отклонений значений параметров.

Применение разработанной программной системы позволит, во-первых, дежурному персоналу не обращаться постоянно к паспортным данным на оборудование, ГОСТам и нормативной документации, представленной в бумажном виде, во-вторых, отказаться от перебора всевозможных причин отклонений при поиске, в-третьих, устранить необоснованные ремонты оборудования.

**Ключевые слова:** промышленное оборудование, алгоритм поиска отклонений значений параметров, база данных, программная реализация.

Отказы оборудования всех отраслей промышленности, возникающие на этапе эксплуатации в силу износа и старения, могут стать источником тяжелых повреждений самого оборудования, а также аварийных и чрезвычайных ситуаций, сопровождающихся значительным экономическим ущербом [1–3]. Для повышения производительности функционирования и уровня отказоустойчивости оборудования, предупреждения и уменьшения возможности отказов и аварий необходимо осуществлять поиск и диагностирование неисправностей оборудования с использованием современных интеллектуальных технологий и методов, позволяющих учесть основные факторы, влияющие на оборудование, многофакторность данного процесса, слабую структурированность теоретических и фактических знаний об оборудовании, неполноту исходных данных [4, 5]. Таким

образом, поиск и диагностирование неисправностей оборудования на этапе эксплуатации является весьма актуальной задачей.

Настоящая работа посвящена одной из труднорешаемых задач, требующих высокой квалификации дежурного персонала: поиску отклонений значений параметров промышленного оборудования от норм, направленному на повышение обоснованности и своевременности принимаемых решений, а также на дальнейшее диагностирование и прогнозирование технического состояния оборудования.

### **Алгоритм поиска отклонений значений параметров промышленного оборудования**

Представим обобщенную схему поиска отклонений значений параметров промышленного оборудования с использованием БД и БЗ.

На первом этапе осуществляются сбор данных (коэффициент временного перенапряжения, гармоники тока, тепловизионная съемка и другие) с множества приборов, а также сохранение этих данных в формат Excel (\*.xls) для дальнейшей обработки [6].

На втором этапе выбираются параметры оборудования, которые необходимо отследить за все время эксплуатации.

На третьем и четвертом этапах проверяются значения параметров оборудования на соответствие паспортным данным, ГОСТам, нормативной документации, хранящимся в БД. Алгоритм поиска отклонений значений параметров промышленного оборудования от норм с использованием БД подробно рассмотрен далее.

На пятом этапе проверяются значения параметров оборудования на соответствие знаниям экспертов, хранящимся в БЗ. Поскольку ГОСТ регламентирует отклонения значений параметров, но не указывает причины их возникновения, используется опыт дежурного персонала. БЗ хранит ответы на вопрос, почему происходит отклонение конкретного параметра от нормального значения. Исходя из того, что на промышленных предприятиях используется аналогичное оборудование и причины отклонений, как правило, совпадают, целесообразно использовать опыт дежурного персонала при анализе причин отклонений параметров и давать рекомендации, например, по внеплановому осмотру оборудования на поиск неисправностей.

На шестом этапе осуществляется построение прогнозных моделей с использованием методов мягких вычислений и методологии нечеткого когнитивного моделирования [7].

На рисунке 1 представлен алгоритм поиска отклонений значений параметров промышленного оборудования от норм

с использованием БД. Здесь  $t_{\text{дов.}}$  и  $t_{\text{пред.}}$  – суммарное время выхода значения параметра оборудования за пределы доверительного и предельного интервалов;  $\Delta t$  – период времени между считыванием значений параметра с прибора, которое составляет 3 сек. Отметим, что границы доверительного и предельного интервалов для каждого параметра определены в

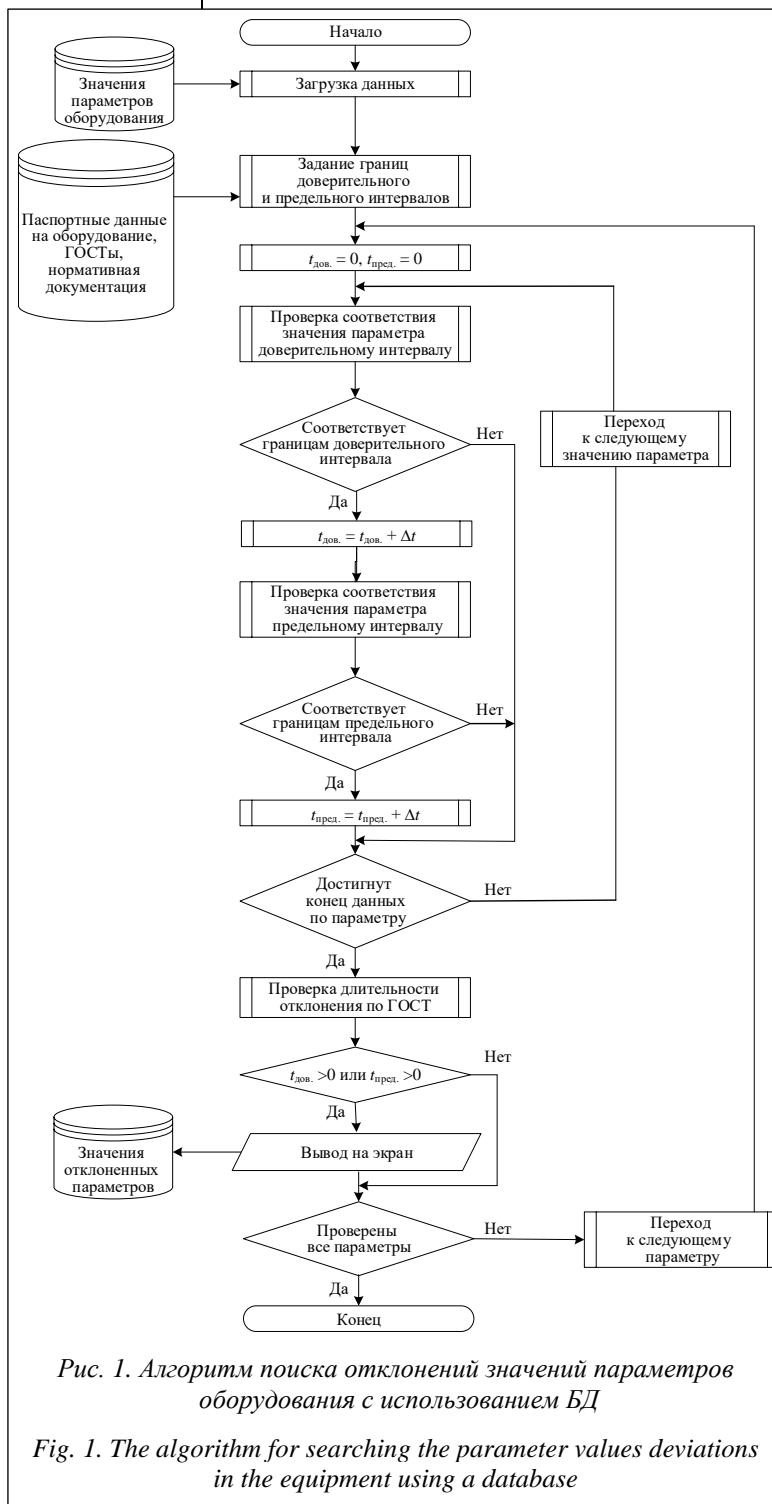


Рис. 1. Алгоритм поиска отклонений значений параметров оборудования с использованием БД

Fig. 1. The algorithm for searching the parameter values deviations in the equipment using a database

нормативной документации, в частности, в ГОСТ 11677-85, где предписано, что дежурному персоналу необходимо учитывать суммарное время отклонения значения параметра, если оно превышает 1 минуту.

На рисунке 2 показана инфологическая модель БД, представляющая собой описание сущностей, с набором атрибутов и связей между ними, которые выявляются в процессе исследования как входных, так и выходных данных [8].

На рисунке 3 изображена даталогическая модель БД, отображающая логические связи между элементами данных независимо от их содержания и среды хранения [9].

Отметим, что даталогическая модель БД разрабатывалась с учетом специфики конкретной предметной области на основе ее инфологической модели.

### Пример поиска отклонений значений параметра электротехнического оборудования нефтяного предприятия

Рассмотрим поиск отклонений значений параметра напряжения, которое подавалось на подстанцию по низкой стороне, с использованием разработанной программной системы, реализующей предложенный алгоритм. Для реализации программной системы был выбран объектно-ориентированный язык программирования C#, поскольку он имеет статическую типизацию, поддерживает полиморфизм, перегрузку операторов, анонимные функции с поддержкой замыканий, LINQ, исключения, комментарии в формате XML. Для хранения паспортных данных на оборудование, ГОСТов и нормативной документации была спроектирована БД с использованием Microsoft SQL Server Management Studio.

На рисунке показаны интерфейсы ввода исходных данных (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2020-1/2020-1-dop/12.jpg>).

Из рисунка видно, что может осуществляться поиск отклонений значений параметра не только напряжения, но и силы, и гармоника тока. Справочник необходим для хранения значений интервалов параметров различного вида электротехнического оборудования.

Отчет о результатах поиска выглядит следующим образом.

#### Отклонения по напряжениям

U<sub>а</sub> Доверительный интервал  
 Дата 20.09.2018 время 0:40.  
 Продолжительность: 120 мин.  
 Среднее число 5,9.  
 Предельно допустимый интервал  
 Дата 20.09.2018 время 0:40.  
 Продолжительность: 120 мин.  
 Среднее число 5,9.

U<sub>б</sub> Доверительный интервал  
 Дата 20.09.2018 время 0:40.  
 Продолжительность: 120 мин.  
 Среднее число 6,19.  
 Предельно допустимый интервал  
 Дата 20.09.2018 время 0:40.  
 Продолжительность: 120 мин.  
 Среднее число 6,19.

U<sub>с</sub> Доверительный интервал  
 Дата 20.09.2018 время 0:40.  
 Продолжительность: 120 мин.  
 Среднее число 4,92.

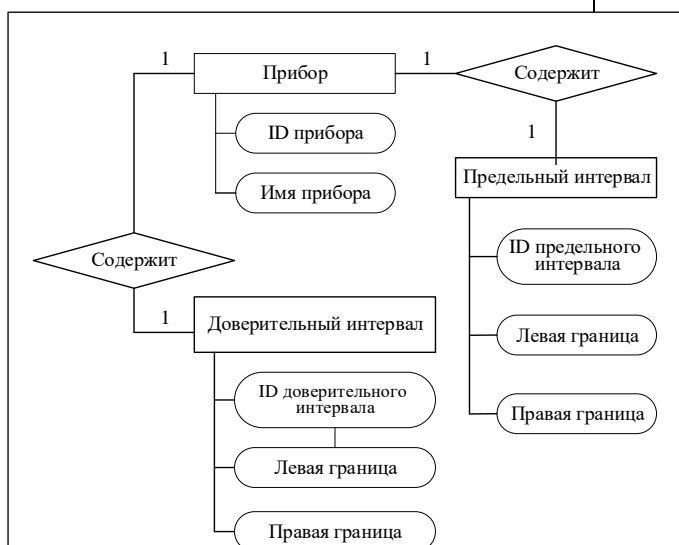


Рис. 2. Инфологическая модель БД

Fig. 2. Infological data model

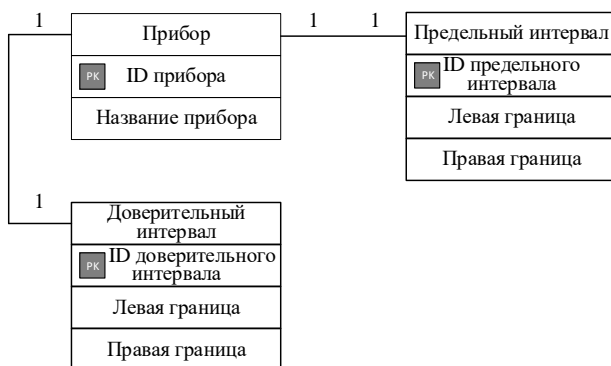


Рис. 3. Даталогическая модель БД

Fig. 3. Datalogical data model

Предельно допустимый интервал  
Дата 20.09.2018 время 0:40.  
Продолжительность: 120 мин.  
Среднее число 4,92.

Здесь под продолжительностью понимается время отклонения, под средним числом – среднее отклонение напряжения.

### Заключение

Авторами предложен алгоритм поиска отклонений значений параметров промышленного оборудования от норм с целью дальнейшего диагностирования оборудования на этапе эксплуатации. Данный алгоритм не только позволяет ответить на вопрос, в какое время

возникло отклонение значения параметра, но и дает возможность определить продолжительность отклонения и среднее значение отклонения параметра. Разработанная программная система, реализующая предложенный алгоритм, позволяет дежурному персоналу не обращаться постоянно к паспортным данным на оборудование, ГОСТам и нормативной документации, представленной в бумажном виде, отказаться от перебора всевозможных причин при поиске, устранить необоснованные ремонты оборудования. Дальнейшие исследования авторов будут направлены на разработку этапа проверки значений параметров оборудования на соответствие знаниям дежурного персонала.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 19-08-00152.*

### Литература

1. Хорошев Н.И., Елтышев Д.К. Интегральная оценка и прогнозирование технического состояния оборудования электротехнических комплексов // Информатика и системы управления. 2016. № 4. С. 58–68. DOI: 10.22250/isu.2016.50.58-68.
2. Yan Y. Research on electrical equipment's fault diagnosis based on the improved support vector machine and fuzzy clustering. Chemical Engineering Transactions, 2017, vol. 59, pp. 865–870.
3. Саушев А.В., Шерстнев Д.А., Широков Н.В. Анализ методов диагностики аппаратов высокого напряжения // Вестн. ГУМРФ. 2017. Т. 9. № 5. С. 1073–1085. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1073-1085.
4. Перфильев О.В., Рыжаков С.Г., Должиков В.А. Интеллектуальная система поиска неисправности на самолете // Изв. СамНЦ РАН. 2018. № 4. С. 326–331.
5. Андриевский-Герберг С.Н., Новосельцев В.В. Разработка интерактивной системы поиска и устранения неисправностей двигателей семейства ЯМЗ-530 // Инженерный журнал: наука и инновации. 2015. Т. 9. С. 1–11.
6. Колоденкова А.Е., Верещагина С.С., Мунтян Е.Р. Разработка единой интеллектуальной системы поддержки принятия решений для диагностирования электротехнического оборудования промышленности // Труды XIII ВСПУ. 2019. С. 1–5.
7. Колоденкова А.Е., Верещагина С.С. Интеллектуальный метод прогнозирования технического состояния электротехнического оборудования в условиях нечеткости исходных данных // Вестн. РГУПС. 2019. № 1. С. 76–81.
8. Павленко В.И., Баташова А.Ф., Беленченко В.М., Игнатенко С.П. Информационные технологии в экономике. Создание базы данных. Новочеркасск: Изд-во ЮРГТУ, 2006. 83 с.
9. Кириллов В.В., Громов Г.Ю. Введение в реляционные базы данных. СПб: БХВ-Петербург, 2009. 464 с.

Software & Systems  
DOI: 10.15827/0236-235X.129.091-095

Received 14.09.19  
2020, vol. 33, no. 1, pp. 091–095

### Algorithm and software implementation for searching the parameter values deviations from industrial equipment norms

*A.E. Kolodenkova*<sup>1</sup>, Dr.Sc. (Engineering), Associate Professor, Head of the Chair of Information Technologies, [anna82\\_42@mail.ru](mailto:anna82_42@mail.ru)

*S.S. Vereshchagina*<sup>1</sup>, Senior Lecturer, Chair of Information Technologies, [werechaginass@mail.ru](mailto:werechaginass@mail.ru)

<sup>1</sup> Samara State Technical University, Samara, 443100, Russian Federation

**Abstract.** The paper proposes an algorithm for searching the parameters values deviations from industrial equipment norms in the context of statistical and fuzzy source data to further equipment diagnosing at the operational stage. The authors proposes generalized search pattern deviations of the industrial facility parameters with database using (technical data sheets, GOST standards and regulatory documentation), as well as the knowledge base containing the staff's knowledge and experience of the equipment parameters values, factors that may affect the equipment performance presented in the form of verbal descriptions and intervals.

The authors proposed the algorithm, which searches the mistakes of parameters from the industrial facility norms with using of database. This algorithm in the decision support systems decision support systems for equipment diagnostics makes it possible not only to identify the time when the parameter value deviation occurred, but the duration and the average value of the parameter deviation as well. This paper describes an infological data model (a description of entities) with a set of attributes and relationships among them, which are in the process of researching both input and output data, as well as a logical data model (a display of logical relationships among data elements). As an example, there are the screen forms of the user interface of the developed software system in the C # programming language for searching deviations of parameter values.

Using of the developed software will provide the staff on duty with the following: 1) lack of necessity to constantly access the technical data sheets, GOST standards and regulatory documentation presented in paper form; 2) rejection of an option to choose possible causes of deviations; 3) elimination of unreasonable equipment repairs.

**Keywords:** industrial equipment, algorithm for searching parameter values deviations, database, software implementation.

**Acknowledgements.** The research was with the financial support of RFFP within the frame of a science project № 19-08-00152.

### References

1. Khoroshev N.I., Eltyshv D.K. Integral assessment and forecasting of the technical condition of electrotechnical complexes equipment. *Information Science and Control Systems*. 2016, no. 4, pp. 58–68. DOI: 10.22250/isu.2016.50.58-68.
2. Yan Y. Research on electrical equipment's fault diagnosis based on the improved support vector machine and fuzzy clustering. *Chemical Engineering Transactions*. 2017, vol. 59, pp. 865–870.
3. Saushev A.V., Sherstnev D.A., Shirokov N.V. Analysis of methods of diagnostics of high voltage apparatus. *Vestn. Gos. Univ. Morskogo i Rechnogo Flota im. Admirala S.O. Makarova*. 2017, vol. 9, no. 5, pp. 1073–1085. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1073-1085 (in Russ.).
4. Perfilov O.V., Ryzhakov S.G., Dolzhikov V.A. Intelligent airplane troubleshooting. *Izv. of RAS SamSC*. 2018, no. 4, pp. 326–331 (in Russ.).
5. Andrievsky-Gerberg S.N., Novoseltsev V.V. The development of an interactive system for troubleshooting engines of the YMZ-530 family. *Eng. J.: Science and Innovation*. 2015, vol. 9, pp. 1–11 (in Russ.).
6. Kolodenkova A.E., Vereshchagina S.S., Muntyan E.R. Development of an intelligent decision support system for the diagnosis of electrical equipment industry. *Proc. XIII All-Russian Meeting on Management Issues*. Moscow, IPU RAN Publ., 2019, pp. 1–5 (in Russ.).
7. Kolodenkova A.E., Vereshchagina S.S. Intelligent method for forecasting of electrical equipment technical condition in illegibility of basic data. *Bull. RGUPS*. 2019, no. 1, pp. 76–81 (in Russ.).
8. Pavlenko V.I., Batashova A.F., Belenchenko V.M., Ignatenko S.P. *Information Technology in Economics. Database Creation*. Novocherkassk, SRSPU Publ., 2006, 83 p. (in Russ.).
9. Kirillov V.V., Gromov G.Yu. *Introduction to Relational Databases*. St. Petersburg, BHV-Petersburg, 2009, 464 p. (in Russ.).

### Для цитирования

Колоденкова А.Е., Верещагина С.С. Алгоритм и программная реализация поиска отклонений значений параметров от норм промышленного оборудования // Программные продукты и системы. 2020. Т. 33. № 1. С. 091–095. DOI: 10.15827/0236-235X.129.091-095.

### For citation

Kolodenkova A.E., Vereshchagina S.S. Algorithm and software implementation for searching the parameter values deviations from industrial equipment norms. *Software & Systems*. 2020, vol. 33, no. 1, pp. 091–095 (in Russ.). DOI: 10.15827/0236-235X.129.091-095.