

УДК 004.05

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА ЭЛЕКТРОРАДИО ИЗДЕЛИЙ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОТЫ ИНФОРМАЦИИ

^{1,2}Суслов А.А., ¹Садковская Н.Е., ^{1,3}Котлярова Н.Ю., ¹Анферова М.С., ^{2,4}Кузьмич А.Ю.

¹ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»,

Москва, e-mail: natsadkovskaya@rambler.ru, gludkina@yandex.ru;

²ПАО «НПО «АЛМАЗ», Москва, e-mail: alexsuslov@inbox.ru;

³ОАО НПК «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи», Москва,

e-mail: gamisoniyan@bk.ru;

⁴ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина»,

Рязань, e-mail: kuzmich.93@bk.ru

В данной статье была проанализирована проблема государственной программы импортозамещения в изделиях сложной наукоемкой продукции в части, касающейся замены электрорадио изделий импортного производства отечественными аналогами. Выявлена необходимость замен электрорадио изделий импортного производства отечественными аналогами на конкретных этапах жизненного цикла изделия. Поставлена задача применения интеллектуальной системы поиска допустимых замен с использованием баз данных, автоматизированного поиска и самоорганизующейся карты Кохонена. Проанализированы существующие на данный момент методы замен электрорадио изделий импортного производства отечественными аналогами. Применена структурная схема процесса принятия решения, алгоритм процесса принятия решения и алгоритм обучения для разработки алгоритма работы интеллектуальной системы. Используются псевдокод самоорганизующейся карты Кохонена и информационный граф алгоритма обучения для возможности разработки информационного графа алгоритма работы интеллектуальной системы. Разработан алгоритм функционирования и работы интеллектуальной системы поиска допустимых замен в условиях неполноты информации. Продемонстрированы результаты применения интеллектуальной системы поиска допустимых замен в условиях неполноты информации, реализованные в виде базы данных. Сделаны выводы об актуальности и важности реализации интеллектуальной системы поиска допустимых замен в условиях неполноты информации.

Ключевые слова: импортозамещение, электрорадио изделия импортного производства, жизненный цикл изделия, неопределенность и неполнота информации, автоматизированный поиск, интеллектуальная система, самоорганизующаяся карта Кохонена, выдача рекомендаций на разработку

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR THE OPERATION OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR SEARCHING FOR ELECTRICAL AND RADIO PRODUCTS IN CONDITIONS OF INCOMPLETE INFORMATION

^{1,2}Suslov A.A., ¹Sadkovskaya N.E., ^{1,3}Kotlyarova N.Yu., ¹Anferova M.S., ^{2,4}Kuzmich A.Yu.

¹Moscow Aviation Institute, Moscow, e-mail: natsadkovskaya@rambler.ru, gludkina@yandex.ru;

²PAO "NPO "ALMAZ", Moscow, e-mail: alexsuslov@inbox.ru;

³OAO NPK "Scientific and Research Institute for Long-Distance Radio Communications",

Moscow, e-mail: gamisoniyan@bk.ru;

⁴Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkina,

Ryazan, e-mail: kuzmich.93@bk.ru

In this article, the problem of the state program of import substitution in products of complex high-tech products was analyzed in terms of the replacement of electric radio products of imported production with domestic analogues. The necessity of replacing electric radio products of imported production with domestic analogues at specific stages of the product life cycle is revealed. The task of applying an intelligent search system for acceptable replacements using databases, automated search and a self-organizing Kohonen map is set. The currently existing methods of replacing electric radio products of imported production with domestic analogues are analyzed. A block diagram of the decision-making process, an algorithm of the decision-making process and a learning algorithm are applied to develop an algorithm for the operation of an intelligent system. The pseudocode of the Kohonen self-organizing map and the information graph of the learning algorithm were used to enable the development of an information graph of the algorithm for the operation of an intelligent system. An algorithm for the functioning and operation of an intelligent search system for acceptable replacements in conditions of incomplete information has been developed. The results of the application of an intelligent search system for acceptable substitutions in the conditions of incomplete information, implemented in the form of a database, are demonstrated. Conclusions are drawn about the relevance and importance of the implementation of an intelligent search system for acceptable replacements in conditions of incomplete information.

Keywords: import substitution, imported electrical and radio products, product life cycle, uncertainty and incompleteness of information, automated search, intelligent system, self-organizing Kohonen map, issuing recommendations for development

В настоящее время перед разными отраслями промышленности существует глобальная задача замены электрорадио изделий импортного производства (далее – ЭРИ ИП) отечественными аналогами в условиях государственной программы импортозамещения. Особенно сильно это проявляется в изделиях и оборудовании нового поколения [1, с. 14].

Необходимость замены ЭРИ ИП отечественными аналогами проявляется как на этапе научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (далее – НИОКР), так и на этапах серийного производства. Исходя из вышесказанного, необходимость замены ЭРИ ИП проявляется на этапах планирования, разработки и модернизации изделий [2, с. 111].

Оборудование нового поколения, как правило, содержит большое количество ЭРИ ИП. В настоящее время для реализа-

ции замены ЭРИ ИП используются базы данных (далее – БД), представленные в виде информационных массивов. В большинстве случаев в существующих БД импортный элемент одного производителя заменен на импортный элемент другого производителя [3, с. 163].

Как показано на рис. 1, замены ЭРИ ИП отечественными аналогами реализованы в незначительной степени. Данная проблематика возникает из-за трудоемкости поиска элемента, соответствующего необходимым характеристикам и параметрам. Для планирования, разработки и модернизации изделий нового поколения поиск замен в существующих БД не позволяет должным образом реализовать государственную программу импортозамещения. Возникает необходимость автоматизированного поиска ЭРИ в условиях неопределенности и неполноты информации.

| № п/п | Элемент | Допустимая замена | Рекомендации на разработку |
|-------------------------------|--|--|---|
| Изделия соединительные | | | |
| 1 | DIN 41612 85003-0555 (изготовитель Molex) | 09 03 196 6921 (изготовитель Harting) | НИОКР не разработан |
| 2 | DIN 41612 85009-0555 (изготовитель Molex) | 09 03 124 6901 (изготовитель Harting) | НИОКР не разработан |
| Резисторы | | | |
| 1 | P1-12 (изготовитель АО «НПО» Эркон) | P1-8B (изготовитель АО «НПО» Эркон) | НИОКР изготовителя на основе рекомендаций разработчиков |
| Индикаторы | | | |
| 1 | L-151GW-TR (изготовитель Vishay) | KP-2012SGC (изготовитель Kingbright) | НИОКР не разработан |
| Микропроцессоры | | | |
| 1 | SPARC v.8 (изготовитель Sun Microsystems) | Отсутствует | НИОКР не разработан |
| 2 | SPARC v.9 (изготовитель Sun Microsystems) | Отсутствует | НИОКР не разработан |
| Микроконтроллеры | | | |
| 1 | Atmega 8535 (изготовитель Atmega) | Отсутствует | НИОКР не разработан |
| 2 | Atmega 128 (изготовитель Atmega) | Отсутствует | НИОКР не разработан |

Рис. 1. Существующая БД допустимых замен ЭРИ ИП

Материалы и методы исследования

Для решения данной задачи можно использовать интеллектуальную систему (далее – ИС) поиска допустимых замен [4, с. 124]. Алгоритм работы ИС должен позволять осуществлять автоматизированный поиск замен ЭРИ ИП, автоматически ранжируя характеристики элемента в зависимости от технических требований изделия [5, с. 43]. Чтобы реализовать подобный алгоритм, можно использовать структурную схему процесса принятия решений, приведенную на рис. 2.



Рис. 2. Структурная схема процесса принятия решений

Применяя структурную схему процесса принятия решений для поиска элементов и замены ЭРИ ИП отечественными аналогами, получаем алгоритм процесса принятия решений, приведенный на рис. 3.

Для разработки ИС поиска допустимых замен, при условиях неполноты и неопределенности информации, на основе структурной схемы процесса принятия решений и используя алгоритм процесса принятия решений, можно применить алгоритм обучения интеллектуальной системы, приведенный на рис. 4.

Для реализации работы ИС, необходимой для поиска и замены ЭРИ ИП, можно применить алгоритм обучения самоорганизующейся карты Кохонена [6, с. 333].

В основе алгоритма обучения самоорганизующейся карты Кохонена используется основной псевдокод, приведенный на рис. 5, и информационный граф алгоритма обучения, приведенный на рис. 6 [7, с. 12].

Применяя информационный граф алгоритма обучения с использованием псевдокода самоорганизующейся карты Кохонена для поиска допустимых замен ЭРИ ИП отечественными аналогами в условиях неполноты и неопределенности информации, получаем информационный граф алгоритма работы ИС, показанный на рис. 7 [8, с. 420].



Рис. 3. Алгоритм процесса принятия решений

Результаты исследования и их обсуждение

Алгоритм обучения ИС, псевдокод самоорганизующейся карты Кохонена и информационный граф алгоритма рабо-

ты можно использовать для разработки алгоритма работы ИС автоматизированного поиска и замены ЭРИ ИП отечественными аналогами, приведенный на рис. 8 [9, с. 17]. Применимо к наукоемким изделиям и продукции нового поколения разных отраслей промышленности, с учетом технических требований и особенностей изделий, а также на разных стадиях жизненного цикла изделия, можно получить унифицированный автоматизированный алгоритм работы ИС

поиска и замены ЭРИ ИП отечественными аналогами.

Алгоритм работы интеллектуальной системы позволяет осуществлять автоматизированный поиск и замену элементов [10, с. 1]. Применяя его к существующим БД, представленным в виде информационных массивов, содержащих в большей степени ЭРИ ИП, данный алгоритм позволяет реализовать замену комплектующих отечественными аналогами, как показано на рис. 9.

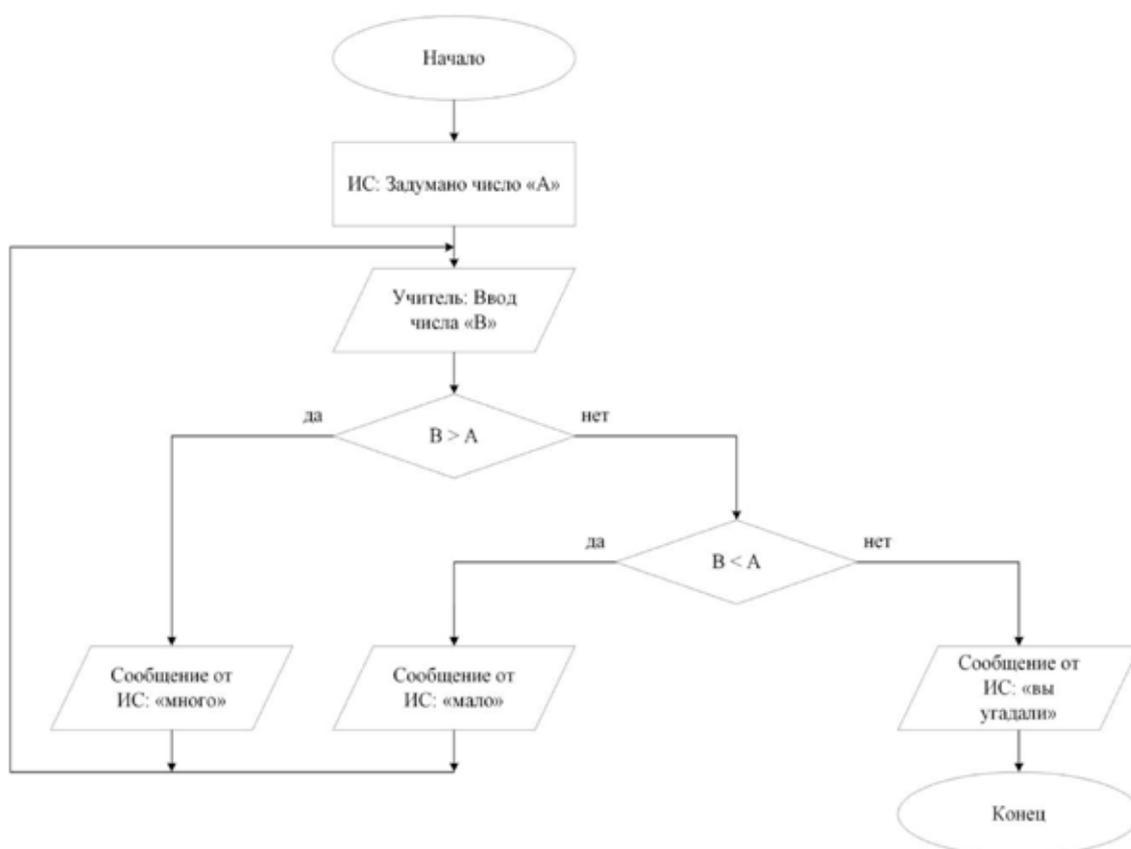


Рис. 4. Алгоритм обучения интеллектуальной системы

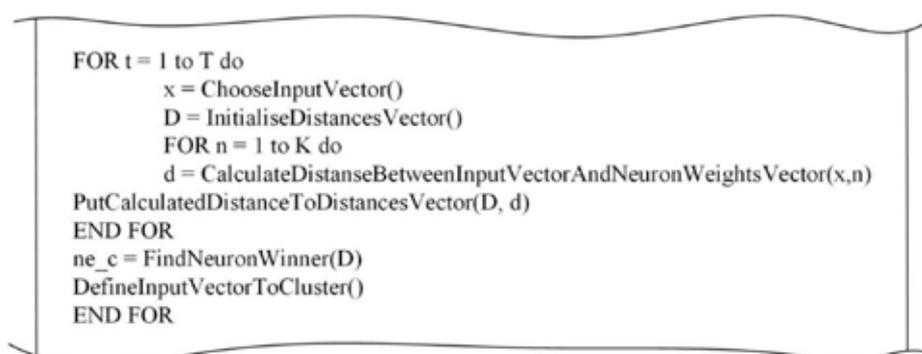


Рис. 5. Псевдокод самоорганизующейся карты Кохонена

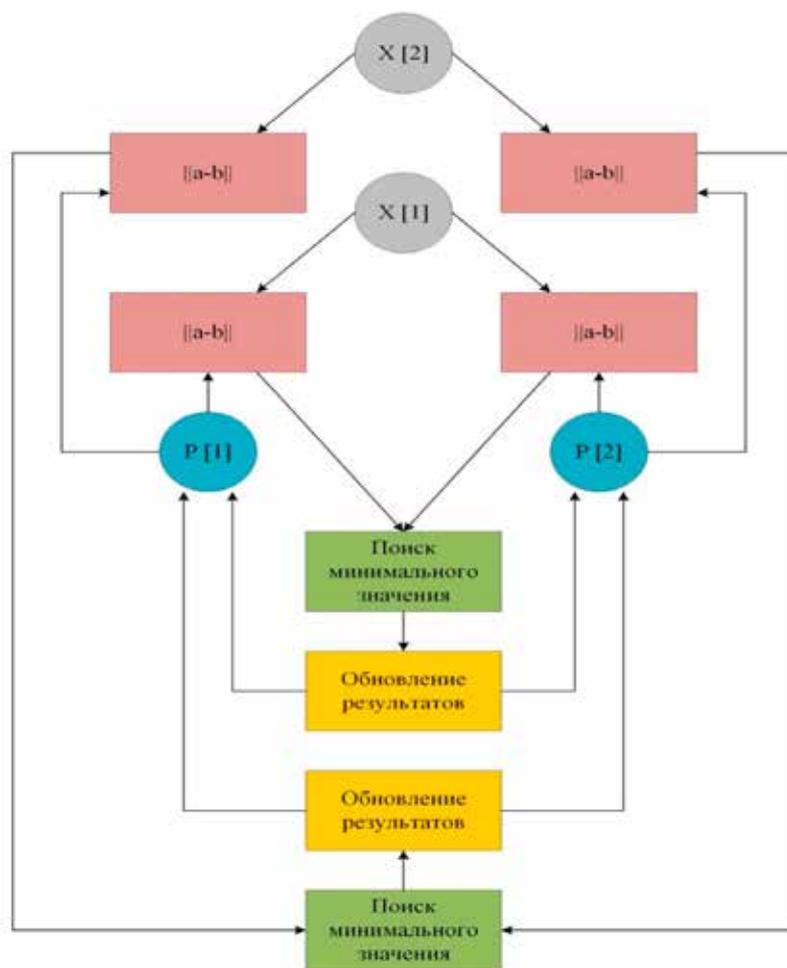


Рис. 6. Информационный граф алгоритма обучения

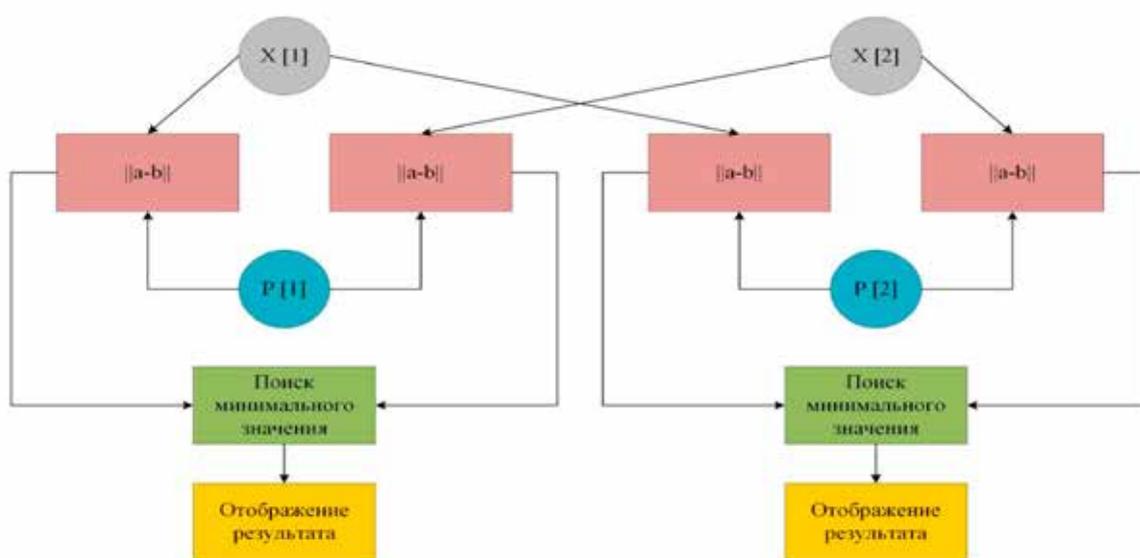


Рис. 7. Информационный граф алгоритма работы ИС

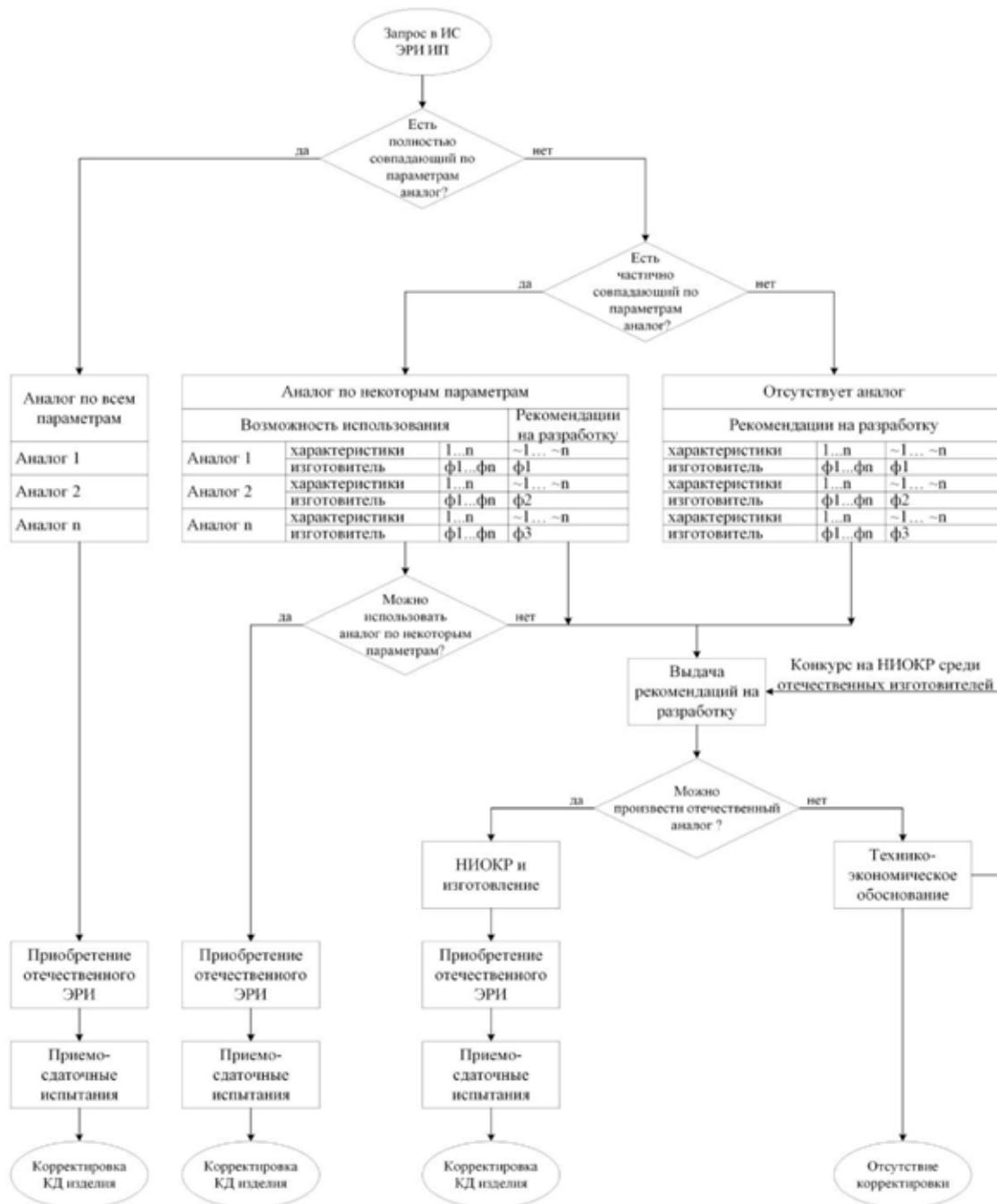


Рис. 8. Алгоритм работы интеллектуальной системы

Заключение

В условиях неопределенности и неполноты информации данный алгоритм не только позволяет реализовать замену ЭРИ ИП отечественными аналогами, а также выдает рекомендацию на разработку новых отечественных комплектующих. Поиск и выдача рекомендаций на разработку изделий отече-

ственного производства позволяет решить проблему импортозамещения на разных стадиях жизненного цикла изделия, существенно сократить трудоемкость планирования, разработки, модернизации изделий нового поколения и в дальнейшем способствует конкурентоспособности отечественного производства на мировом рынке.

| № п/п | Элемент | Допустимая замена | Рекомендации на разработку |
|-------------------------------|--|--|---|
| Изделия соединительные | | | |
| 1 | DIN 41612 85003-0555 (изготовитель Molex) | СНП394-50PO22-2-B (изготовитель Электродеталь) | По НИОКР, предложенной ИС |
| 2 | DIN 41612 85009-0555 (изготовитель Molex) | СНП395-15PO22-1-B (изготовитель Электродеталь) | По НИОКР, предложенной ИС |
| Резисторы | | | |
| 1 | P1-12 (изготовитель АО «НПО» Эркон) | P1-8B (изготовитель АО «НПО» Эркон) | Замена осуществлена по НИОКР изготовителя |
| Индикаторы | | | |
| 1 | L-151GW-TR (изготовитель Vishay) | ИПД148В-Л (изготовитель АО Протон) | По НИОКР, предложенной ИС |
| Микропроцессоры | | | |
| 1 | SPARC v.8 (изготовитель Sun Microsystems) | МЦСТ R500 (1891ВМ2) (изготовитель АО «МЦСТ») МЦСТ R500S (1891ВМ3Я) (изготовитель АО «МЦСТ») | По НИОКР, предложенной ИС |
| 2 | SPARC v.9 (изготовитель Sun Microsystems) | МЦСТ R1000 (1891ВМ6Я) (изготовитель АО «МЦСТ») | По НИОКР, предложенной ИС |
| Микроконтроллеры | | | |
| 1 | Atmega 8535 (изготовитель Atmega) | 1887BE4У (изготовитель ОАО «НИИЭТ») | По НИОКР, предложенной ИС |
| 2 | Atmega 128 (изготовитель Atmega) | 1887BE7Т (изготовитель ОАО «НИИЭТ») | По НИОКР, предложенной ИС |

Рис. 9. БД допустимых замен ЭРИ ИП с применением ИС

Список литературы

- Бетелин В.Б. О проблеме импортозамещения и альтернативной модели экономического развития России // Стратегические приоритеты. 2016. № 1 (9). С. 11–21.
- Сарычев А.В., Суслов А.А., Грапененко О.Ф. Управление жизненным циклом продукции // Гагаринские чтения – 2018: XLIV Международная молодежная научная конференция. 2018. № 1. С. 393.
- Анимца Е.Г., Анимца П.Е., Глузов А.А. Импортозамещение в промышленном производстве региона: концептуально-теоретические и прикладные аспекты // Экономика региона. 2015. № 3. С. 163–164.
- Флах П. Машинное обучение. М.: ДМК Пресс, 2015. 400 с.
- Одинцов Б.Е. Роботизация процесса актуализации баз знаний интеллектуальных информационных систем предприятия. М.: ИС-Публишинг, 2020. 45 с.
- Сулов А.А., Сарычев А.В., Сокова Е.А. Самообучающиеся интеллектуальные поисковые системы // Гагаринские чтения – 2018: XLIV Международная молодежная научная конференция. 2018. № 1. С. 333.
- Барышникова Н.Ю. Обучение языку запросов на основе использования базы знаний шаблонов программного кода // Сборник трудов: сборник. 2018. С. 12.
- Николенко С.А., Кадурин А.А., Архангельская Е.В. Глубокое обучение нейросети. М. – СПб.: Питер, 2018. 480 с.
- Манжула В.Г., Федяшов Д.С. Нейронные сети Кохонена и нечеткие нейронные сети в интеллектуальном анализе данных. М.: ДМК Пресс, 2011. 73 с.
- Гореликов Р.С., Гореликова Ю.С. Разработка базы знаний для сопровождения работы с порталом знаний // Научный журнал Дальневосточного федерального университета им. Г.В. Плеханова. 2018. № 4. С. 1.