

Научная статья
УДК 621.396
DOI: [10.34759/trd-2022-124-22](https://doi.org/10.34759/trd-2022-124-22)

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ADO.NET И SQLITE ДЛЯ РАЗРАБОТКИ БАЗЫ ДАННЫХ СТРУКТУРНО- ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ LTCC

Дмитрий Александрович Сударенко¹, Мария Сергеевна Какадей²✉,
Антон Александрович Языков³

^{1,2,3}ПАО «Радиофизика», Москва, Россия

¹sudar1977@gmail.com

²lady_mary_1602@mail.ru✉

Н

У

Аннотация. Рассмотрена технология низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (LTCC). Данная технология обеспечивает недорогое решение в массовом производстве электронных устройств в области телекоммуникации, медицины, автомобильной техники, военной техники, в авиационно-ракетной космической технике и других областей промышленности.

В процессе внедрения LTCC технологии были выявлены сложности, связанные с влиянием большого количества параметров, зависящих от используемых компонентов, времени использования и настройки оборудования на каждом этапе производства на качество выпускаемой продукции.

о

:

з

а

Выделены параметры технологических операций (ТО), сделана группировка по признакам параметров: ресурс, процесс, результат, контроль и управление. На базе этой классификации построены модели рабочих мест, а данные агрегированы в систему управления базами данных (СУБД) структурно параметрического описания (СПО) MS Access.

Поскольку Access обладает рядом недостатков и не является, по сути, полноценной базой данных, то в качестве СУБД были рассмотрены технологии ADO.NET от Microsoft (фреймворк языка C Sharp) и фреймворк Qt SQLite (на языке C++).

Произведен сравнительный анализ этих технологий, и даны рекомендации по выбору.

Ключевые слова: низкотемпературная совместно обжигаемая керамика, MS Access, технология ADO.NET, технология SQLite, структурно-параметрическое описание, система управления базами данных

Для цитирования: Сударенко Д.А., Какадей М.С., Языков А.А. Сравнение технологий ADO.NET и SQLite для разработки базы данных структурно-параметрического описания LTCC // Труды МАИ. 2022. № 124. DOI: [10.34759/trd-2022-124-22](https://doi.org/10.34759/trd-2022-124-22)

COMPARE OF TECHNOLOGY ADO.NET AND SQLITE FOR THE DEVELOPMENT OF LTCC STRUCTURAL-PARAMETRIC DESCRIPTION DATABASE

Dmitry A. Sudarenko¹, Maria S. Kakadei², Anton A. Yazykov³

^{1,2,3}Company «Radiofizika», Moscow, Russia

¹sudar1977@gmail.com

²lady_mary_1602@mail.ru✉

³anton199_999@mail.ru

Abstract. The technology of low-temperature co-fired ceramics (LTCC) is considered. This technology provides an inexpensive solution in the mass production of electronic devices in the field of telecommunications, medicine, automotive technology, military equipment, aerospace and other industries.

In the process of implementing LTCC technology, difficulties were identified associated with the influence of a large number of parameters depending on the components used, the time of use and configuration of equipment at each stage of production on the quality of products.

The parameters of technological operations (TO) are highlighted, grouping is made according to the characteristics of parameters: resource, process, result, control and management.

In real life, there is no system that would collect all of the above parameters together, compare them and give recommendations for improving quality.

In this paper, a method for creating, describing and modeling parameters in the form of information support based on a structural parametric description (SPO) according to

regulatory documentation is proposed to improve the quality of production of microwave components.

Based on this classification, workplace models are built, and the data is aggregated into the MS Access database management System (DBMS).

Since Access has a number of disadvantages and is not, in fact, a full-fledged database, technologies were considered as a DBMS ADO.NET from Microsoft (the Sharp C language framework) and the Qt SQLite framework (in C++).

ADO.NET manages both internal data (created in computer memory and used inside the application), and external, located outside the application – for example, in a database or text files.

The Qt framework contains a universal interface for working with various databases. Databases in the Qt view are drivers for the QSql module. By default, when installing the framework, the SQLite database is available, for the rest of the databases, installation and assembly of drivers for Qt is required.

A comparative analysis of these databases has been carried out, on the basis of which it can be assumed that the SQLite DBMS is suitable for prototyping at the initial stage and cross-platform applications, and the DBMS ADO.NET it is more complex, but more promising in terms of commercial use.

Keywords: low-temperature co-fired ceramics, MS Access, ADO.NET technology, SQLite technology, structural-parametric description, database management system

For citation: Sudarenko D.A., Kakadei M.S., Yazykov A.A. Compare of technology ADO.NET and SQLite for the development of LTCC structural-parametric description database. *Trudy MAI*, 2022, no. 124. DOI: [10.34759/trd-2022-124-22](https://doi.org/10.34759/trd-2022-124-22)

Введение

Специалисты холдинга «Российские космические системы» разработали и начали производить новые бортовые приемо-передающие устройства для перспективных космических аппаратов. Обновленные средства связи повысят надёжность приема-передачи информации большого объема по линии «спутник-Земля».

Устройства состоят из модулей приемника и формирователя сигнала, коммутатора и усилителя, работающих в X-диапазоне частот. Модули созданы на основе технологии низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (Low Temperature Co-Fired Ceramic, LTCC), которая применяется передовыми производителями телекоммуникационного оборудования [20].

В процессе внедрения LTCC технологии были выявлены сложности, связанные с влиянием большого количества параметров, зависящих от используемых компонентов, времени использования и настройки оборудования на каждом этапе производства на качество выпускаемой продукции описанные в разделе постановка задачи и проблематика.

Для повышения качества производства СВЧ-компонентов были выделены параметры технологии LTCC и сведены в СПО [1-3], затем сгруппированы по признакам параметров: ресурс, процесс, результат, контроль и управление.

В разделе СУБД Access были предложены пути построения моделей рабочих мест и агрегирования данных в систему управления базами данных (СУБД)

структурно параметрического описания (СПО) MS Access на базе этой классификации.

В ходе разработки базы данных возникла необходимость выбора СУБД. Для этого было произведено сравнение технологий ADO.NET и Qt SQLite в соответствующем разделе статьи [4-5].

1. Постановка задачи, проблематика

В дальнейшем будем считать, что технология – это деятельность персонала, регламентируемая технологической документацией. В свою очередь, документация содержит описание процессов с указанием измеряемых параметров.

Объектом исследования является технологический процесс LTCC. Он состоит из технологических операций. Каждая технологическая операция выполняется на своем рабочем месте (PM). ТО имеет входные ресурсы X, технологические процессы Y и результаты Z.

В технологических операциях присутствуют операции контроля (контроль V) (проверка на соответствие полученных результатов с указанными) и корректирующее воздействие (управление U) (таблица 1).

Как видно из таблицы 1 на каждом этапе производства присутствует больше количество переменных параметров, зависящих от используемых компонентов, времени технологического процесса и точности настройки оборудования [5-8,19].

В реальной жизни отсутствует система, которая собирала бы все вышеперечисленные параметры вместе, сравнивала их и выдавала рекомендации по повышению качества.

В настоящей работе предлагается для повышения качества производства СВЧ-компонентов метод создания, описания и моделирования параметров в виде информационного обеспечения, основанного на СПО по данным регламентирующей документации.

В качестве информационного обеспечения используется совокупность планируемых и контролируемых показателей деятельности предприятия, его подразделений и персонала, предусмотренных регламентирующей документацией для объективной оценки качества и эффективности работы используемых ресурсов, процессов и результатов.

Таблица 1– Параметры технологии производства LTCC

СПО LTCC					
ТО	Ресурс X	Процесс Y	Результат Z	Контроль V	Управление U
Производство и резка заготовок	Хим. состав, масса компонентов (гр.)	Производство заготовок	Керамические листы: геом. разм. (X,Y), толщина листов (h), механ. повреждения	Контроль времени, температуры спекания, геом. р-ы листов, мех повреждений, хим. состава и массы компонентов	Изменение настроек установки, замена исходных компонентов, изменение соотношений компонентов
Формирование переходных отверстий	Керамические листы: геом. разм. (X,Y), толщина листов (h), механ. повреждения	Формирование переходных отверстий	Листы с отверстиями: (X отв, Y отв.)	Контроль точности пробивки отверстий (Xпр, Yпр), типоразмеры отверстий (a,b ...), механ. повреждения	Корректировка настроек и поверка установки, корректировка программы исполнения, замена матриц и пуансонов
Заполнение отверстий, трафаретная печать	Листы с отверстиями: (X отв, Y отв.)	Трафаретная печать	Листы с топологией рисунка (X,Y,h)	Контроль геометрии и точности нанесения рисунка, механические повреждения	Настройка точностей позиционирования, корректировка трафаретов, изменение количества проходов и типов ракелей, их жесткость, типа использования паст
Сборка слоев в пакет	Листы с топологией рисунка (X,Y,h)	Сборка слоев в пакет	Готовый стек (X,Y,h)	Контроль поз-ния, последовательности расположения листов, давления, времени сжатия	Изменение настроек установки, точностей позиционирования, изменение последовательности листов керамики, сторон установки листов, давление и время сжатия

Обрубка пакета	Готовый стек (X,Y,h)	Обрубка пакета	Отдельные элементы (X,Y,h)	Контроль точностей реза, механические повреждения	Изменение настроек установки, точностей позиционирования листов, настройка точности реза
Обжиг	Отдельные элементы (X,Y,h)	Обжиг	LTCC обожжённые компоненты	Контроль температуры, времени обжига	Изменение настроек установки, температуры, времени обжига

2. СУБД в Access

Работа по созданию СУБД в Access начинается с определения реляционных таблиц и полей, предназначенных для хранения данных, характеризующих информационное обеспечение. В СУБД СПО LTCC видна взаимосвязь таблиц, в которых хранятся данные [10].

Путь агрегирования данных в укрупненные показатели и портреты представлен на рисунке 1.

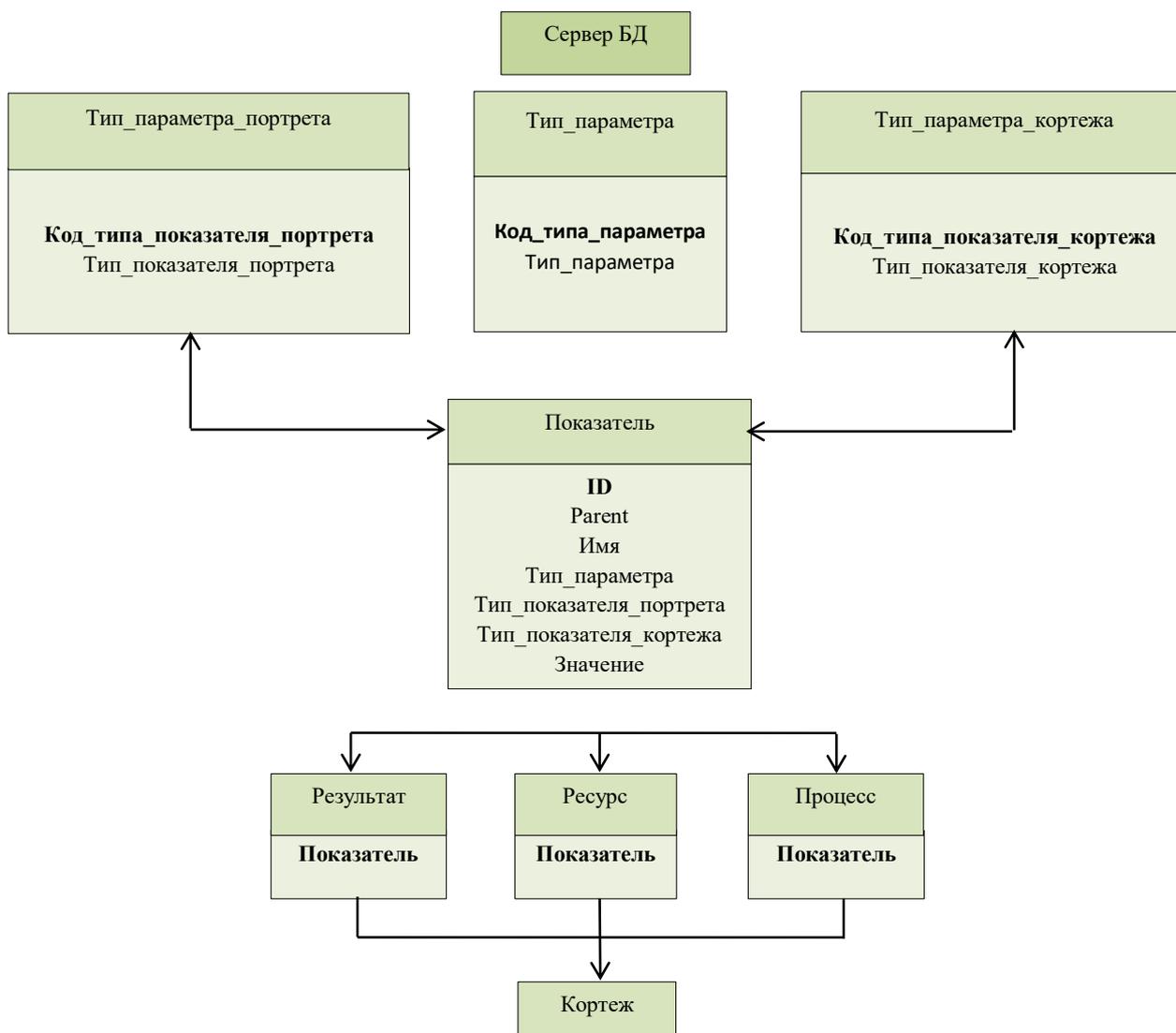


Рисунок 1 – База данных в MS Access

При составлении СУБД в MS Access были выявлены следующие достоинства и недостатки [11-12].

Достоинства MS Access:

1. Трансляция данных СПО в СУБД MS Access не требует проведения предварительных трудоемких и сложных процедур проверки корректности, непротиворечивости и целостности данных ИО.

2. Постановка данных СПО в СУБД Access позволяет использовать широкие возможности этой системы как для предварительной обработки исходных данных (агрегирование, структуризация, распределение по уровням управления), так и для оперативной и статистической обработки данных технологических процессов.

3. Поскольку данные СУБД MS Access легко конвертируются во все современные СУБД, можно утверждать, что СПО и портретное описание ТО легко портируется (встраивается) в другие СУБД.

4. Наличие средств для проектирования приложения БД без знания языка программирования.

Недостатками СУБД MS Access является:

1. Технология Access не позволяет создавать многопользовательские системы.

2. Нет технологии «клиент-сервер».

Для решения этих проблем предложены подходы к СУБД ADO.NET и SQLite.

3. Сравнение технологий

3.1. ADO.NET

ADO.NET – это семейство технологий, которые позволяют разработчикам .NET-приложений взаимодействовать с данными, используя стандартные и структурированные подходы [12-18].

ADO.NET осуществляет управление как внутренними данными (созданными в памяти компьютера и используемыми внутри приложения), так и внешними, находящимися вне приложения – например, в базе данных или текстовых файлах.

Библиотека ADO.Net подключается к проекту добавлением ссылки на пространство имен System.Data.

Вне зависимости от источника данных, ADO.NET представляет данные в коде приложения в табличном виде, в виде строк и столбцов.

При взаимодействии с внешними источниками данных ADO.NET может использовать технологию работы с отсоединенными данными. При использовании более ранних технологий разработчики обычно создавали постоянное подключение к БД и использовали различные способы блокировки записей, чтобы безопасно и корректно изменять данные. Но с приходом эры Интернета стратегия поддержания открытых соединений для каждого из множества одновременных HTTP-запросов к веб-приложению показала свою нежизнеспособность. Для ADO.NET предпочтительной стратегией является открытое подключение до запроса к базам данных и его моментальное закрытие после выполнения запроса.

3.2. Qt SQLite

SQLite — это библиотека фреймворка Qt на языке C++, которая реализует небольшой, быстрый, автономный, высоконадежный, полнофункциональный механизм базы данных SQL [9,11].

SQLite читает и пишет напрямую в обычные файлы на диске: полная база данных с несколькими таблицами, индексами, триггерами и представлениями содержится в одном файле. Формат файла базы данных кроссплатформенный — вы можете свободно копировать БД между 32-разрядными и 64-разрядными системами или между архитектурами с прямым и обратным порядком байтов.

Фреймворк Qt содержит универсальный интерфейс по работе с различными БД. БД в представлении Qt являются драйверами к модулю QSql. По умолчанию при установке фреймворка доступна БД SQLite, для остальных БД необходима установка и сборка драйверов под Qt.

Qt обеспечивает обширную совместимость с базами данных, с поддержкой как открытых, так и проприетарных продуктов. Поддержка SQL интегрирована с архитектурой «модель — представление» Qt, что упрощает интеграцию GUI приложений с базами данных.

3.3. Сравнительный анализ

Базы данных делятся на: 1) серверные СУБД, к которым можно подключаться с разных устройств, а сами данные хранятся на специально выделенном сервере

(MySQL, MS SQL, PostgreSQL); 2) автономные СУБД, к которым и относятся SQLite и MS Access.

Таблица 2 – Сравнение основных параметров Qt и ADO.NET

	Qt	ADO.NET
1	Код открыт	Код предоставляется по обращению
2	Автономная БД	Серверная БД
3	Читает и пишет напрямую в обычные файлы на диске	Читает и пишет на сервер
4	Больше подходит для прототипирования	Больше подходит для бизнес процессов
5	Кросс-платформенность	–
6	Фреймворк Qt системы SQLite (для остальных БД необходима установка и сборка драйверов под Qt)	Фреймворк ADO.NET системы Microsoft Visual Studio

4. Заключение

В статье предложен подход к разработке программно-методического комплекса информационного обеспечения производства СВЧ-компонентов на основе технологии низкотемпературной совместно обжигаемой керамики.

Предложена методология создания информационного обеспечения и базы данных MS Access СПО, выявлены достоинства и недостатки этой базы данных.

Для решения проблемы, выявленной в Access, предложены подходы к базам данных ADO.NET и SQLite.

Проведен сравнительный анализ баз данных ADO.NET и SQLite, на основе которого можно предположить, что СУБД SQLite подходит для прототипирования на начальном этапе и кросс-платформенных приложений, а СУБД ADO.NET

является более сложной, но более перспективной в плане коммерческого использования.

Список источников

1. Потапов Ю.В. Особенности технологии LTCC проектирования и производства LTCC-модулей // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 3. С. 59-64.
2. Сударенко Д.А., Лютов А.В. Пути повышения качества СВЧ-компонентов на основе технологии низкотемпературной совместно обжигаемой керамики // Радиотехника. 2016. № 4. С. 45-48.
3. Сударенко Д.А., Лютов А.В. Создание базы данных структурно-параметрического описания технологии LTCC в СУБД ACCESS // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 10(15). С. 58-64. DOI: [10.18127/j00338486-201910\(15\)-10](https://doi.org/10.18127/j00338486-201910(15)-10)
4. Anne Boehm, Ged Mead. Murach's ADO.NET 4 Database Programming with C# 2010 (Murach: Training and Reference), 4th Edition, 756 p.
5. Litschke O., Simon W., Holzwarth S. A 30 GHz highly integrated LTCC antenna element for digital beam forming arrays // Conference proceedings APS 2006. Washington, 2006. DOI:[10.1109/APS.2005.1552498](https://doi.org/10.1109/APS.2005.1552498)
6. Кондратюк Р.И. Низкотемпературная совместно обжигаемая керамика (LTCC). Преимущества. Технология. Материалы // Информационный бюллетень «Степень интеграции». 2011. №5. С. 14-18.
7. Uhlig P., Holzwarth S., Litschke O., Simon W., Baggen R. A Digital Beam-Forming Antenna Module for a Mobile Multimedia Terminal in LTCC Multilayer Technique // EMPS 2005, 12 — 15 June 2005, Belgium, Brugge, pp. 467-470.

8. Uhlig P., Manteuffel D., Malkmus S. High Layer Count in LTCC Dual Band Antenna for Galileo GNSS/CICMT // Journal of Microelectronics and Electronic Packaging, 2008, no. 5 (4), pp. 156-160. DOI:10.4071/1551-4897-5.4.156
9. Макс Шлее. Qt 5.10. Профессиональное программирование на C++. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. С. 601-613.
10. Дудаков Н.С., Макаров К.В., Тимошенко А.В. Методика проектирования баз данных для автоматизированных систем управления специального назначения // Труды МАИ. 2016. № 90. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=74844>
11. Сударенко Д.А. Разработка базы данных структурно-параметрического описания технологии LTCC с применением Qt SQLite // Труды МАИ. 2021. № 121. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=162670>. DOI: [10.34759/trd-2021-121-23](https://doi.org/10.34759/trd-2021-121-23)
12. Сударенко Д.А., Лютов А.В. Разработка базы данных структурно-параметрического описания технологии LTCC с применением ADO.NET // Труды МАИ. 2020. № 120. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=161428>. DOI: [10.34759/trd-2021-120-14](https://doi.org/10.34759/trd-2021-120-14)
13. Advantages of Database Management System. URL: <https://www.tutorialspoint.com/Advantages-of-Database-Management-System>
14. Breaking changes in .NET 5. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/core/compatibility/5.0>
15. ADO.NET. URL: <https://docs.microsoft.com/enus/dotnet/framework/data/adonet>
16. Лагута А.С. Решение для эффективного хранения больших объемов данных // Студенческий форум. 2021. № 13-2 (149). С. 32-33.

17. Брехов О.М., Тин М.А. Обработка запросов к базе данных посредством ассоциативной вычислительной системы // Труды МАИ. 2015. № 84. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=63151>
18. Кузнецов С.Д. Основы современных баз данных. – М.: Интернет-университет информационных технологий, 2007. – 484 с.
19. Айман Д.А., Красный И.Б., Данилов В.С. Кумачева С.А. Исследование технологических аспектов формирования трехмерных структур с маталлизационными слоями из LTCC керамики // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. 2017. № 1 (34). С. 31-45. DOI: [10.17212/1727-2769-2017-1-31-45](https://doi.org/10.17212/1727-2769-2017-1-31-45)
20. Баскин В.А., Брюнин А.В., Брюнин В.Н., Моренко А.В., Сударенко Д.А. Терминология по информатизации предприятий и технологий электроники // Электронная техника. Сер. 3. Нано- и микроэлектроника. 2005. №1 (157). С. 5-8.

References

1. Potapov Yu.V. *Tekhnologii v elektronnoi promyshlennosti*, 2008, no. 3, pp. 59-64.
2. Sudarenko D.A., Lyutov A.V. *Radiotekhnika*, 2016, no. 4, pp. 45-48.
3. Sudarenko D.A., Lyutov A.V. *Radiotekhnika*, 2019, vol. 83, no. 10 (15), pp. 58-64. DOI: [10.18127/j00338486-201910\(15\)-10](https://doi.org/10.18127/j00338486-201910(15)-10)
4. Anne Boehm, Ged Mead. *Murach's ADO.NET 4 Database Programming with C# 2010* (Murach: Training amp; Reference), 4th Edition, 756 p.

5. Litschke O., Simon W., Holzwarth S. A 30 GHz highly integrated LTCC antenna element for digital beam forming arrays, *Conference proceedings APS 2006*. Washington, 2006. DOI:[10.1109/APS.2005.1552498](https://doi.org/10.1109/APS.2005.1552498)
6. Kondratyuk R.I. *Informatsionnyi byulleten' «Stepen' integratsii»*, 2011, no. 5, pp. 14-18.
7. Uhlig P., Holzwarth S., Litschke O., Simon W., Baggen R. A Digital Beam-Forming Antenna Module for a Mobile Multimedia Terminal in LTCC Multilayer Technique, *EMPS 2005*, 12 — 15 June 2005, Belgium, Brugge, pp. 467-470.
8. Uhlig P., Manteuffel D., Malkmus S. High Layer Count in LTCC Dual Band Antenna for Galileo GNSS/CICMT, *Journal of Microelectronics and Electronic Packaging*, 2008, no. 5 (4), pp. 156-160. DOI:[10.4071/1551-4897-5.4.156](https://doi.org/10.4071/1551-4897-5.4.156)
9. Maks Shlee. *Qt 5.10. Professional'noe programmirovaniye na C++* (Professional programming on C++), Saint Petersburg, BKhV-Peterburg, 2018, pp. 601-613.
10. Dudakov N.S., Makarov K.V., Timoshenko A.V. *Trudy MAI*, 2016, no. 90. URL: <http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=74844>
11. Sudarenko D.A. *Trudy MAI*, 2021, no. 121. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=162670>. DOI: [10.34759/trd-2021-121-23](https://doi.org/10.34759/trd-2021-121-23)
12. Sudarenko D.A., Lyutov A.V. *Trudy MAI*, 2020, no. 120. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=161428>. DOI: [10.34759/trd-2021-120-14](https://doi.org/10.34759/trd-2021-120-14)
13. *Advantages of Database Management System*. URL: <https://www.tutorialspoint.com/Advantages-of-Database-Management-System>
14. *Breaking changes in .NET 5*. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/core/compatibility/5.0>
15. *ADO.NET*. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/data/adonet>

16. Laguta A.S. *Studencheskii forum*, 2021, no. 13-2 (149), pp. 32-33.
17. Brekhov O.M., Tin M.A. *Trudy MAI*, 2015, no. 84. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=63151>
18. Kuznetsov S.D. *Osnovy sovremennykh baz dannykh* (Fundamentals of modern databases), Moscow, Internet-universitet informatsionnykh tekhnologii, 2007, 484 p.
19. Aiman D.A., Krasnyi I.B., Danilov V.S. Kumacheva S.A. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii*, 2017, no. 1 (34), pp. 31-45. DOI: [10.17212/1727-2769-2017-1-31-45](https://doi.org/10.17212/1727-2769-2017-1-31-45)
20. Baskin V.A., Bryunin A.V., Bryunin V.N., Morenko A.V., Sudarenko D.A. *Elektronnaya tekhnika. Ser. 3. Nano- i mikroelektronika*, 2005, no. 1 (157), pp. 5-8.

Статья поступила в редакцию 27.04.2022

Статья после доработки 28.04.2022

Одобрена после рецензирования 23.05.2022

Принята к публикации 21.06.2022

The article was submitted on 27.04.2022; approved after reviewing on 23.05.2022; accepted for publication on 21.06.2022