

УДК 004.6:006

DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-1-186-193

## Проектирование базы данных для метрологической службы

В. Л. Шмелев<sup>1✉</sup>, Е. Ю. Воронкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий,  
г. Новосибирск, Российская Федерация

e-mail: shmelevvl@mail.com

**Аннотация.** В статье рассматривается проектирование базы данных для метрологической службы с использованием семантического моделирования и ER-диаграмм. Представлен детальный анализ предметной области, выделены ключевые сущности, такие как средства измерений, эталоны, контрагенты, заказы и пользователи, а также определены их атрибуты и взаимосвязи. Особое внимание уделено концепции кардинальности, которая определяет ограничения на количество связей между сущностями и обеспечивает целостность данных. Разработанная ER-диаграмма наглядно демонстрирует структуру базы данных и служит основой для ее дальнейшей реализации. Предложенное решение позволяет автоматизировать процессы управления метрологической информацией, повысить эффективность работы службы и обеспечить прослеживаемость измерений.

**Ключевые слова:** метрологическая служба, база данных, семантическое моделирование, диаграмма «сущность – связь», ER-диаграмма, сущность, атрибут, экземпляр, ключ, связь, кардинальность, проектирование базы данных

### Для цитирования:

Шмелев В. Л., Воронкин Е. Ю. Проектирование базы данных для метрологической службы // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 1. – С. 186–193. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-1-186-193

### Введение

Метрологические службы играют важную роль в обеспечении точности и надежности измерений в различных областях, таких как промышленность, научные исследования, медицина и торговля. Эффективность работы метрологической службы напрямую зависит от организации и управления данными о средствах измерений, эталонах, поверках и прочей метрологической информации. В связи с этим проектирование базы данных для метрологической службы является актуальной и важной задачей.

В современных условиях стремительного развития информационных технологий базы данных становятся незаменимым инструментом для хранения, обработки и анализа больших объемов информации. Для метрологической службы база данных позволяет автоматизировать процессы учета и контроля средств

измерений, планирования и проведения поверок, анализа результатов измерений и обеспечения прослеживаемости измерений к эталонам.

Семантическое моделирование является одним из эффективных подходов к проектированию баз данных, основанном на анализе смыслового содержания данных и взаимосвязей между ними. Этот подход позволяет создать структуру базы данных, которая отражает реальные объекты и процессы предметной области, а также обеспечивает удобство и эффективность работы с данными.

Для реализации семантического моделирования широко используются диаграммы «сущность – связь» (ER-диаграммы), которые визуально представляют структуру базы данных, включая сущности, атрибуты, связи и кардинальность. ER-диаграммы позволяют разработчикам и пользователям базы данных легко понять ее структуру и взаимосвязи между дан-

ными, что способствует эффективному проектированию, разработке и использованию базы данных.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания эффективных и надежных систем управления метрологической информацией, которые способствуют повышению качества измерений и обеспечению единства измерений в различных сферах деятельности.

Цель исследования заключается в разработке структуры базы данных для метрологической службы с использованием семантического моделирования и ER-диаграмм.

Научная новизна исследования заключается в применении семантического моделирования и ER-диаграмм для проектирования базы данных, адаптированной к специфическим требованиям метрологической службы.

Практическая значимость исследования заключается в разработке структуры базы данных, которая может быть использована для создания информационной системы метрологической службы, способствующей повышению эффективности и качества ее работы.

В рамках данной статьи будут рассмотрены основные элементы ER-диаграмм, типы связей между сущностями, а также представлен пример проектирования базы данных для метрологической службы с подробным описанием сущностей, их атрибутов и взаимосвязей.

### Методы и материалы

Важно ознакомиться с ключевыми элементами ER-диаграмм: сущность, атрибут, экземпляр, ключ, связь и кардинальность. Сущность определяется как уникальный объект, информация о котором должна быть сохранена в базе данных. Атрибут, в свою очередь, является названной характеристикой сущности [1].

Экземпляр представляет собой конкретный пример данной сущности. Например, в контексте сущности «Пользователь» экземпляром будет конкретный пользователь, такой как сотрудник службы приема, обслуживающий клиента. Важно подчеркнуть, что каждая сущность должна быть уникальна и отличаться по ключевым атрибутам [2].

На ER-диаграммах сущность изображается в виде прямоугольника с именем в верхней части. Внутри прямоугольника перечислены атрибуты сущности, где ключевые атрибуты, определяющие уникальность сущности, подчеркиваются. На рис. 1 изображен пример сущности пользователя. Это позволяет создать понятную и эффективную структуру базы данных [3, 4].

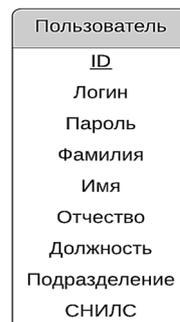


Рис. 1. Сущность

В процессе проектирования базы данных ключевым элементом является первичный ключ. Это уникальный идентификатор, который отличает одну сущность от другой. Рассмотрим его свойства более подробно:

- уникальность показывает, что ни одна сущность не может иметь тот же первичный ключ, что и другая. Например, использование фамилии как первичного ключа для сущности «Пользователь» в метрологической службе не будет работать, поскольку может быть несколько пользователей с одинаковыми фамилиями [5];

- компактность указывает, что первичный ключ должен быть максимально упрощенным, без лишних атрибутов, которые могут быть удалены без потери его уникальности. В большинстве случаев используется уникальный идентификатор или номер [6].

Следующий важный аспект – это связи между сущностями. Они представлены линиями и могут быть следующих типов:

- «один к одному» (One-to-One): в этом случае каждая сущность в одной таблице соответствует только одной сущности в другой таблице [7];

- «один ко многим» (One-to-Many): здесь каждая сущность в одной таблице может быть

связана с несколькими сущностями в другой таблице. Например, в контексте нашего проекта один пользователь может быть связан с несколькими контрагентами. На рис. 2 изображена связь «один ко многим» [8, 9];

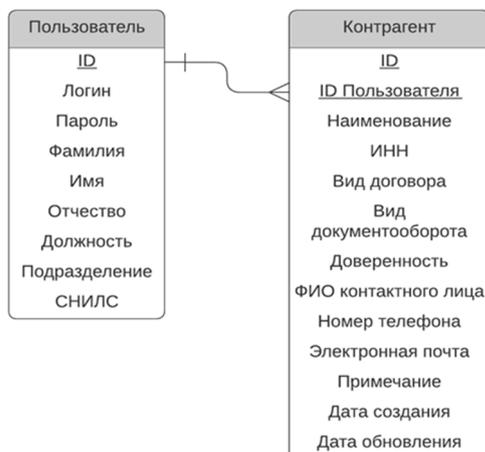


Рис. 2. Связь «один ко многим»

– «многие ко многим» (Many-to-Many): в этом случае одна сущность в определенной таблице может иметь соотношение с несколькими сущностями в другой таблице, и наоборот. Рассмотрим это на примере взаимосвязи между типом измерительного средства (СИ) и эталонными СИ. В данном контексте один тип СИ может быть связан с множеством эталонных СИ и, соответственно, одно эталонное СИ может быть связано с несколькими типами СИ. Таким образом, этот тип связи, изображенный на рис. 3, отражает возможность множественных соотношений между различными элементами в таблицах базы данных [10–12].

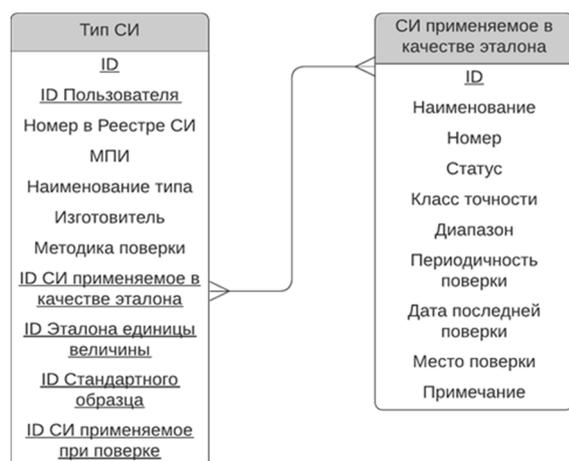


Рис. 3. Связь «многие ко многим»

Кардинальность в контексте ER-диаграммы определяет количество сущностей, которые могут быть связаны между собой в рамках конкретной связи. Она указывает на минимальное и максимальное количество сущностей, которые могут участвовать в связи [13, 14].

Кардинальность обычно представляется числовыми значениями или символами, указывающими на диапазон возможных связей. Некоторые распространенные символы, используемые для обозначения кардинальности, включают:

- «0» ноль сущностей (на диаграмме ○);
- «1» одна сущность (на диаграмме |);
- «\*» или «N» любое количество сущностей (на диаграмме \*);
- «1..\*» одна или более сущностей;
- «0..1» ноль или одна сущность.

В связи «один ко многим» (One-to-Many) кардинальность определяет, сколько сущностей из одной стороны связи может быть связано с несколькими сущностями из другой стороны связи. Например, в связи «один Пользователь ко многим Заказам» кардинальность «0..» – это означает, что пользователи вообще могут не иметь связей с заказами, так как создавать заказы могут только определенные подразделения. Пример такой связи представлен на рис. 4 [15–17].

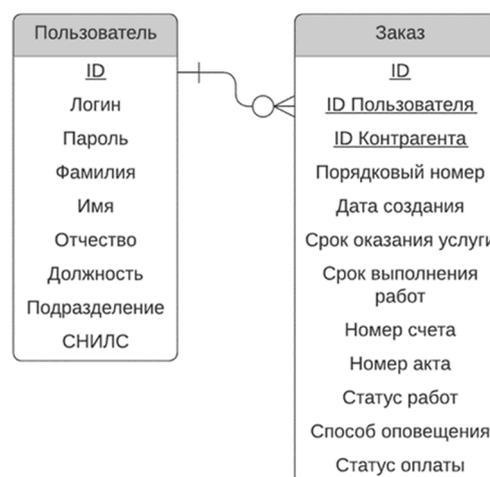


Рис. 4. Связь «один ко многим» с кардинальностью «0..»

В связи «многие ко многим» (Many-to-Many) кардинальность указывает, сколько сущностей из каждой стороны связи могут

быть связаны друг с другом. Например, в связи «многие Типы средств измерения ко многим Стандартным образцам» кардинальность может быть «0..» или «..\*», означающая, что каждый тип средства измерения может быть связан с нулем или более стандартными образцами, и каждый стандартный образец может быть связан с нулем или более типами средств измерения. Тип связи «многие ко многим» с кардинальностью «0..» представлен на рис. 5 [18].

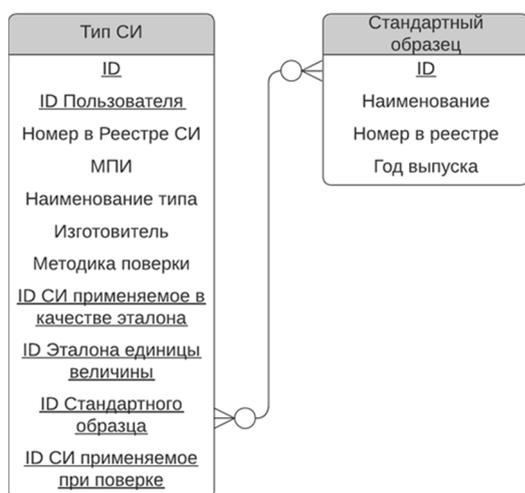


Рис. 5. Связь «многие ко многим» с кардинальностью «0..»

Кардинальность важна для определения правил и ограничений в базе данных. Она помогает разработчикам и администраторам баз данных определить, какие связи между сущностями разрешены и какие ограничения должны быть установлены. Например, кардинальность может определять, что каждый Заказ должен быть связан с одним клиентом [19].

Понимание кардинальности помогает лучше моделировать и планировать базу данных, чтобы она соответствовала требованиям и ограничениям конкретной предметной области, такой как метрологическая служба [20].

### Результаты

В ходе проведенного исследования и анализа предметной области метрологической службы были выделены девять ключевых сущностей, которые необходимо учитывать при проектировании базы данных.

1. Пользователь. Сущность представляет сотрудников метрологической службы, которые будут взаимодействовать с базой данных. Атрибуты этой сущности могут включать: идентификатор пользователя, имя, должность, права доступа и другие.

2. Контрагент. Сущность описывает организации или физических лиц, которые являются клиентами метрологической службы и заказывают услуги по проверке средств измерений. Атрибуты этой сущности могут включать: идентификатор контрагента, название организации, контактные данные, реквизиты и пр.

3. Заказ. Сущность представляет собой запрос на оказание метрологических услуг со стороны контрагента. Атрибуты этой сущности могут включать: идентификатор заказа, дату заказа, перечень средств измерений, вид поверки, сроки выполнения и др.

4. Прибор. Сущность описывает конкретное средство измерения, которое подлежит поверке. Атрибуты этой сущности могут включать: идентификатор прибора, название, тип, заводской номер, дату выпуска, метрологические характеристики и пр.

5. Тип СИ. Сущность классифицирует средства измерений по их назначению, принципу действия и метрологическим характеристикам. Атрибуты этой сущности могут включать: идентификатор типа СИ, наименование типа, описание, область применения и др.

6. СИ, используемое как эталон, выступает в роли сущности, описывающей средства измерений, которые применяются в качестве эталонов для поверки других средств измерений. Атрибуты этой сущности могут включать: идентификатор эталона, метрологические характеристики, класс точности и др.

7. Стандартный образец. Сущность представляет собой вещество или материал с установленными значениями определенных физико-химических свойств, используемый для калибровки средств измерений. Атрибуты этой сущности могут включать: идентификатор образца, наименование, описание, значения свойств и др.

8. Эталон единицы величины. Сущность представляет собой средство измерения высшей точности, воспроизводящее единицу физической величины с наименьшей погрешно-

стью. Атрибуты этой сущности могут включать: идентификатор эталона, наименование единицы величины, класс точности и др.

9. СИ, применяемое при поверке, выступает в роли сущности, описывающей средства измерений, которые используются для проведения проверок других средств измерений. Атрибуты этой сущности могут включать: идентификатор прибора, метрологические характеристики, диапазон измерений и др.

Взаимосвязи между этими сущностями можно представить следующим образом.

– Пользователь создает Контрагента и на основе информации о Контрагенте формирует Заказ;

– в рамках Заказа Пользователь добавляет информацию о Приборах, которые нуждаются в поверке;

– Прибор связывается с определенным Типом СИ, который характеризует его функциональность и метрологические свойства;

– Тип СИ может быть связан с различными сущностями, такими как СИ, используемое как эталон, Эталон единицы величины, Стандартные образцы и СИ, применяемое при поверке, в зависимости от методики поверки и используемых эталонов.

На рис. 6 представлена ER-диаграмма, демонстрирующая структуру базы данных для метрологической службы с учетом всех выделенных сущностей и взаимосвязей между ними. Эта диаграмма наглядно показывает, как данные организованы и связаны друг с другом, обеспечивая целостное представление о базе данных.

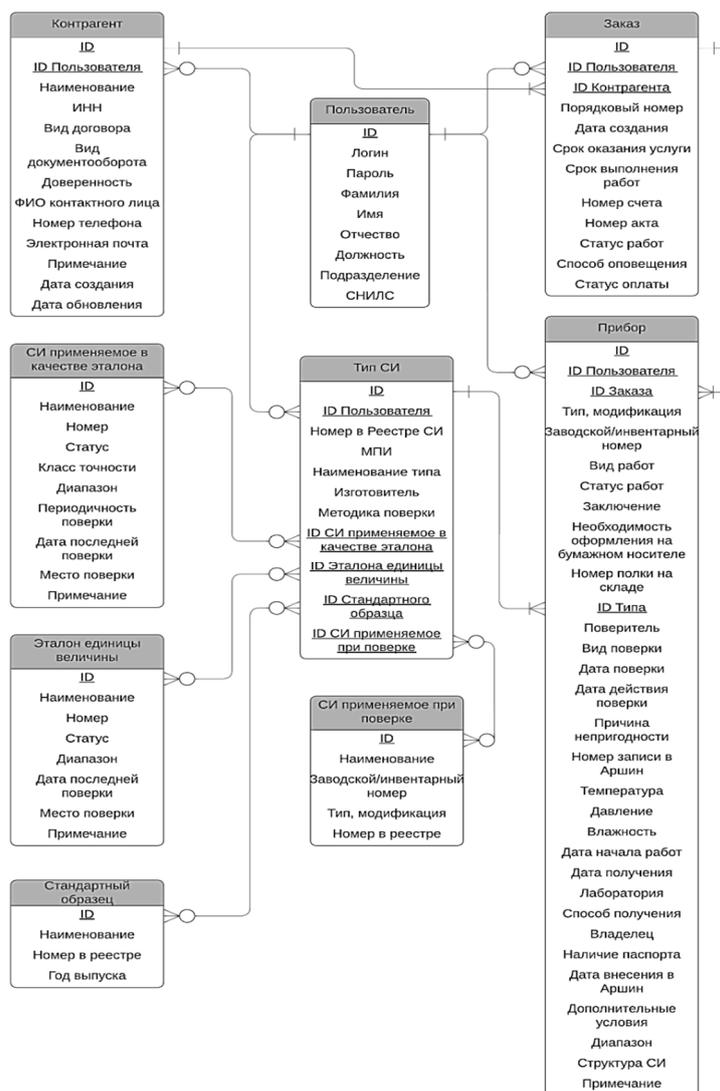


Рис. 6. Итоговая ER-диаграмма

ER-диаграмма является основой для дальнейшего проектирования и разработки базы данных. На ее основе можно определить таблицы базы данных, их поля и типы данных, а также ограничения целостности, которые обеспечат согласованность и достоверность данных.

### Заключение

В статье было предложено использование семантического моделирования, основанного на смысле данных, для проектирования структуры базы данных. Для этого были использованы различные варианты диаграмм «сущность – связь» (ER-диаграмм).

Были описаны основные понятия ER-диаграмм, такие как сущность, атрибут, экземпляр, ключ, связь и кардинальность. Сущность представляет отдельный объект, информацию о котором необходимо хранить в базе данных. Атрибуты являются характеристиками сущности, а экземпляр представляет конкретный представитель сущности. Ключ (первичный) однозначно идентифицирует экземпляр сущности.

Также были рассмотрены типы связей между сущностями: «один к одному», «один ко многим» и «многие ко многим». Кардинальность определяет количество сущностей, которые могут быть связаны между собой в рамках конкретной связи. Кардинальность важна для определения правил и ограничений в базе данных.

Для базы данных метрологической службы были определены девять основных сущностей. Описаны связи между ними и их кардинальность.

Результатом работы статьи является ER-диаграмма, визуально представляющая структуру базы данных для метрологической службы. Эта диаграмма помогает лучше моделировать и планировать базу данных, учитывая требования и ограничения предметной области.

Статья представляет полезную информацию о проектировании базы данных для метрологической службы с использованием семантического моделирования и ER-диаграмм. Результаты работы могут быть использованы разработчиками и администраторами баз данных для создания эффективной и структурированной системы хранения и управления данными в метрологической службе.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волк В. К. Базы данных. Проектирование, программирование, управление и администрирование : учебник для вузов. – 4-е изд. – СПб. : Лань, 2023. – С. 39. – ISBN 978-5-507-47243-7.
2. Остроух А. В. Проектирование информационных систем : монография. – 2-е изд. – СПб. : Лань, 2021. – С. 164. – ISBN 978-5-8114-8377-8.
3. Токмаков Г. П. Базы данных: Модели и структуры данных, язык SQL, программирование баз данных : учебное пособие. – Ульяновск : УлГТУ, 2021. – С. 362. – ISBN 978-5-9795-2184-8.
4. Горожанина Е. И. Проектирование баз данных и баз знаний : учебное пособие. – Самара : ПГУТИ, 2021. – С. 108.
5. Чистякова М. А., Иванова И. А., Котилевец И. Д. Проектирование и эксплуатация баз данных : учебно-методическое пособие. – М. : РТУ МИРЭА, 2021. – С. 112.
6. Гутгарц Р. Д. Анализ особенностей формулирования функциональных требований к автоматизированной информационной системе : журнал № 3. – Лань, 2019. – С. 358–367. – ISSN 2311-2735.
7. Фомичева С. Г. Разработка, проектирование и сопровождение приложений баз данных : учебное пособие. – Норильск : ЗГУ им. Н. М. Федоровского, 2021. – С. 185. – ISBN 978-5-89009-744-6.
8. Хомоненко А. Д., Басыров А. Г., Бубнов В. П. Модели и методы исследования информационных систем : монография. – СПб. : Лань, 2022. – С. 204. – ISBN 978-5-8114-3675-0.
9. Кумратова А. М., Василенко И. И. Методы хранения и анализа данных : учебное пособие. – Краснодар : КубГАУ, 2021. – 183 с. – ISBN 978-5-907474-28-4.
10. Котлинский С. В. Разработка моделей предметной области автоматизации : учебник для вузов. – СПб. : Лань, 2021. – С. 412. – ISBN 978-5-8114-8035-7.
11. Реснянская Е. А. Автоматизация и управление бизнес-процессами в компании: проблемы и решения // Вестник Российского нового университета. Сер. Человек и общество. № 3. – Лань, 2021. – С. 87–95. – DOI: 10.25586/RNU.V9276.21.03.P.087. – EDN: BSALHI. – ISSN 2414-9276.

12. Милтон М., Доннеллан Э. Метрология в эпоху цифровизации // Компетентность. – № 3. – 2022. – С. 56. – ISSN 1993-8780.
13. Чирков А. П. Влияние метрологии на экономику. Статистика и методы оценки // Компетентность. – № 7. – 2023. – С. 18–21. – DOI: 10.24412/1993-8780-2023-7-18-2. – EDN: IPDNDS. – ISSN 1993-8780.
14. Silberschatz A., Korth H. F., Sudarshan S Database System Concepts : науч. журнал. – 6-е изд. – McGraw-Hill Education, 2019. – 1376 с.
15. Hoffer J. A., Venkataraman R., Topi H. Modern Database Management : науч. журнал. – 13-е изд. – Pearson, 2020. – 600 с.
16. Coronel C., Morris S., Rob P. Database Systems: Design, Implementation, and Management : науч. журнал. – 13-е изд. – Cengage Learning, 2018. – 816 с.
17. Ramakrishnan R., Gehrke J. Database Management Systems : науч. журнал. – 4-е изд. – McGraw-Hill, 2020. – 1104 с.
18. Kroenke D. M., Auer D., Vandenberg R Database Concepts : науч. журнал. – 8-е изд. – Boston : Pearson, 2018. – 552 с.
19. Павлов А. В., Кочетков А. В., Ткачев С. Б. Метрология и информационные технологии // Вестник. – 3-е изд. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – С. 386.
20. Вершков И. А. Проектирование базы данных для диспетчеризации пожарного гарнизона // Вестник ПГУТИ. – № 7 (38). – Экономика и социум, 2017. – С. 261–264.

### Об авторах

Валентин Леонидович Шмелев – магистрант.

Евгений Юрьевич Воронкин – старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных систем.

Получено 17.04.2024

© В. Л. Шмелев, Е. Ю. Воронкин, 2025

### Designing a database for a metrological service

V. L. Shmelev<sup>1</sup>✉, E. Y. Voronkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

e-mail: shmelevvl@mail.com

**Abstract.** The article discusses the design of a database for a metrological service using semantic modeling and ER diagrams. A detailed analysis of the subject area is presented, key entities such as measuring instruments, standards, contractors, orders and users are highlighted, as well as their attributes and relationships are identified. Special attention is paid to the concept of cardinality, which defines limits on the number of relationships between entities and ensures data integrity. The developed ER diagram clearly demonstrates the structure of the database and serves as the basis for its further implementation. The proposed solution makes it possible to automate the management of metrological information, increase the efficiency of the service and ensure the traceability of measurements.

**Keywords:** metrological service, database, semantic modeling, entity-relationship diagram, ER diagram, entity, attribute, instance, key, relationship, cardinality, database design

### REFERENCES

1. Volk, V. K. Databases. (2023). *Bazy dannyh. Proektirovanie, programmirovaniye, upravleniye i administrirovaniye [Design, programming, management and administration]*. St.Petersburg: Lan, p. 39. ISBN 978-5-507-47243-7.
2. Ostroukh, A.V. (2021). *Proektirovaniye informacionnyh system [Designing information systems]*. St. Petersburg: Lan. p. 164. ISBN 978-5-8114-8377-8. [in Russian].

3. Tokmakov, G. P. (2021). *Bazy dannyh: Modeli i struktury dannyh, jazyk SQL, programmirovaniye baz dannyh [Databases: Models and data structures, SQL language, database programming]*. Ulyanovsk: UISTU, p. 362. ISBN 978-5-9795-2184-8. [in Russian].
4. Gorozhanina, E. I. (2021). *Proektirovaniye baz dannyh i baz znaniy [Database and knowledge base design]*. Samara: PGUTI, p. 108. [in Russian].
5. Chistyakova, M. A., Ivanova, I. A., & Kotilevets, I. D. (2021). *Proektirovaniye i jekspluatatsiya baz dannyh [Database design and operation : educational and methodical manual]*. Moscow : RTU MIREA, p. 112. [in Russian].
6. Gutgartz, R. D. (2019). *Analiz osobennostey formulirovaniya funkcional'nyh trebovaniy k avtomatizirovannoy informacionnoy sisteme [Analysis of the features of the formulation of functional requirements for an automated information system]*. Lan, pp. 358-367. ISSN 2311-2735. [in Russian].
7. Fomicheva, S. G. (2021). *Razrabotka, proektirovaniye i sprovozhdeniye prilozheniy baz dannyh [Development, design and maintenance of database applications]*. Norilsk : N.M. Fedorovsky State University, p.185. ISBN 978-5-89009-744-6. [in Russian].
8. Homonenko, A. D., Basyrov, A. G., & Bubnov, V. P. (2022). *Modeli i metody issledovaniya informacionnyh system [Models and methods of information systems research]*. Saint Petersburg: Lan, p.204. ISBN 978-5-8114-3675-0. [in Russian].
9. Kumratova, A. M., & Vasilenko, I. I. (2021). *Metody hraneniya i analiza dannyh [Methods of data storage and analysis]*. Krasnodar : KubGAU, p. 183 p. ISBN 978-5-907474-28-4. [in Russian].
10. Kotlinsky, S. V. (2021). *Razrabotka modelej predmetnoj oblasti avtomatizatsii [Development of models of the subject area of automation]*. St. Petersburg : Lan, p.412. ISBN 978-5-8114-8035-7. [in Russian].
11. Resnyanskaya, E.A. (2021). *Avtomatizatsiya i upravleniye biznes-processami v kompanii: problemy i resheniya [Automation and management of business processes in the company: problems and solutions]*. Lan, pp. 87-95. DOI 10.25586/RNU.V9276.21.03.P.087. EDN BSALHI. ISSN 2414-9276. [in Russian].
12. Milton, M., & Donnellan, E. (2022). *Metrologiya v jepohu cifrovizatsii. Kompetentnost' [Metrology in the era of digitalization. Competence]*. Academy of Standardization, Metrology and Certification., p. 56. ISSN 1993-8780. [in Russian].
13. Chirkov, A. P. (2023). *Vliyanie metrologii na jekonomiku. Statistika i metody ocenki. Kompetentnost' [The impact of metrology on the economy. Statistics and assessment methods. Competence]*. Academy of Standardization, Metrology and Certification, pp. 18-21., DOI: 10.24412/1993-8780-2023-7-18-21. EDN: IPDNDS. ISSN 1993-8780. [in Russian].
14. Silberschatz, A., Korth, H. F., & Sudarshan, S. (2019). *Database System Concepts*. McGraw-Hill Education, 1376 p.
15. Hoffer, J. A., Venkataraman, R., & Topi, H. (2020). *Modern Database Management*. Pearson, 600 p. [in Russian].
16. Coronel C., Morris S., Rob P. (2018). *Database Systems: Design, Implementation, and Management*. Cengage Learning, 816 p.
17. Ramakrishnan, R., & Gehrke, J. (2020). *Database Management Systems*. McGraw-Hill, 1104 p.
18. Kroenke, D. M., Auer, D., & Vandenberg, R. (2018). *Database Concepts*. Boston: Pearson, 552 p.
19. Pavlov A. V., Kochetkov, A. V., & Tkachev, S. B. (2018). *Metrologiya i informacionnye tehnologii [Metrology and information technologies]*. Moscow: Bauman Moscow State Technical University, p. 386. [in Russian].
20. Vershkov, I. A. (2017). *Proektirovaniye bazy dannyh dlja dispetcherezatsii pozharnogo garnizona [Designing a database for dispatching a fire garrison]*. Economics and Society, pp. 261-264. [in Russian].

### Author details

Valentin L. Shmelev – Graduate.

Evgeny Y. Voronkin – Senior Lecturer, Department of Applied Informatics and Information Systems.

Received 17.04.2024

© V. L. Shmelev, E. Y. Voronkin, 2025