

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2023.43.4.025](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.43.4.025)

## Систематизация и управление доступом к данным в многофункциональной цифровизированной системе

П.Ю. Гусев✉

*Воронежский государственный технический университет, Воронеж,  
Российская Федерация*

**Резюме.** Статья посвящена формированию принципов построения системы доступа к данным многофункциональной цифровизированной системы (МЦС). Описаны особенности формирования и хранения данных в МЦС. Показана значимость единого информационного пространства МЦС и описана особенность формирования единого информационного пространства. С учетом особенностей функционирования МЦС определены основные задачи, решение которых формирует модель доступа к данным в системе. Обозначена зависимость актуальности данных от закрепления ответственных за данные. Поставлена задача обеспечения информационной безопасности единого информационного пространства. Показано, что задача закрепления ответственности за данные в МЦС связана с задачей деагрегации ресурсов по видам деятельности, привлекаемым через функциональные направления. Показана зависимость показателей эффективности МЦС от видов деятельности, функциональных направлений и видов ресурсов. В работе рассмотрены мандатная, дискреционная и ролевая модели доступа к данным. Определены недостатки моделей доступа применительно к особенностям МЦС. Предложена архитектура регулирования доступа к данным средствами программных модулей и сервисов. Формирование мониторинговой среды предложено проводить на основе построения наборов данных, определяемых через показатели эффективности МЦС.

**Ключевые слова:** многофункциональная цифровая среда, управление, данные, права доступа, единое информационное пространство.

**Для цитирования:** Гусев П.Ю., Систематизация и управление доступом к данным в многофункциональной цифровизированной системе. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2023;11(4). URL: <https://moitvvt.ru/journal/pdf?id=1474> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.43.4.025

## Systematization and management of access to data in a multifunctional digitalized system

P.Y. Gusev✉

*Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation*

**Abstract.** The article is devoted to the formation of principles for constructing a data access system for a multifunctional digitalized system (MDS). The features of data generation and storage in the MDS are described. The importance of the unified information space of the MDS is shown and the peculiarity of the formation of a unified information space is described. Taking into account the peculiarities of the functioning of the MDS, the main tasks have been identified, the solution of which forms the model of access to data in the system. The dependence of the relevance of data on the assignment of those responsible for the data is indicated. The task has been set to ensure information security of a single information space. It is shown that the task of securing responsibility for data in the MDS is related to the task of disaggregating resources by type of activity attracted through functional areas. The dependence of MDS performance indicators on types of activities, functional areas and types of resources is shown. The paper examines mandatory, discretionary and role-based models of access to data. The shortcomings of access models in relation to the features of the MDS are identified. An

architecture for regulating access to data using software modules and services is proposed. It is suggested to create a monitoring environment based on the construction of data sets determined through the performance indicators of the MDS.

**Keywords:** multifunctional digital environment, management, data, access rights, common information space.

**For citation:** Gusev P.Y. Systematization and management of access to data in a multifunctional digitalized system. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(4). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1474> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.43.4.025 (In Russ.).

## Введение

Современная система управления представляет собой глубоко интегрированную с инструментами и методами цифровизации структуру. Цифровые инструменты выступают основой как для достижения целей работы системы, так и основой для управления системой в целом. Дополнительно цифровые инструменты непосредственно формируют и поддерживают функциональные направления деятельности системы. Подобный класс систем представлен и описан в работе [1].

Работа многофункциональной цифровизированной системы (МЦС) основана на сквозном использовании цифровых инструментов во всех слоях системы. Одним из важных факторов развития и масштабирования системы является использование данных. Особенностью формирования, актуализации и применения данных в МЦС является обязательное наличие единого информационного пространства. Все слои и компоненты МЦС формируют и являются неотъемлемой частью единого информационного пространства.

Формирование единого информационного пространства является естественным процессом развития информационных систем и интегрирует все потоки данных [2-4]. Однако для МЦС единое информационное пространство является не продолжением процесса формирования информационных систем, а основой построения цифрового пространства всей системы. Такой подход обеспечивает возможность решения множества задач управления [5] и принятия решений в различных сферах деятельности [6].

При формировании единого информационного пространства МЦС требуется решение задач автоматической интеграции областей информационного пространства [7]. Оперативная актуализация данных невозможна без использования автоматических средств интеграции, но при этом требуются модели определения ответственных за актуализацию информации. Дополнительную сложность в закреплении ответственности за актуализацию данных играет информационная безопасность [8].

Для формирования эффективной системы использования данных в МЦС требуется решить 3 задачи:

1. Определение ответственных за внесение и актуализацию данных по функциональным направлениям деятельности системы.
2. Определение доступности данных для исполнителей согласно выполняемому функционалу и используемым ресурсам.
3. Формирование составляющих мониторинговой среды, основанных на показателях эффективности системы, заданных управляющим центром, и обеспечивающих контроль привлечения ресурсов через функциональные направления для реализации видов деятельности.

## Определение ответственных за хранение и актуализацию данных по функциональным направлениям

Наличие актуальных данных обеспечивает стабильную работу всей МЦС. Это объясняется тем фактом, что данные используются как для работы в деятельностном слое, так и для выработки управленческих решений в управленческом слое. Ошибки в данных приводят к принятию неэффективных решений и невозможности выполнения показателей эффективности, задаваемых управляющим центром. Обеспечение достоверности данных в информационных системах является постоянной задачей, обеспечивающей возможность выполнения операций в деятельностном слое МЦС.

Для обеспечения достоверности данных требуется закрепление ответственного исполнителя, который должен контролировать внесение и поддержание данных в единой информационной системе в актуальном состоянии. Решение данной задачи связано с решением задачи 3 из статьи [1]: деагрегация планового объема деятельности  $X^0$  по видам деятельности с учетом  $n$ -го вида ресурсного обеспечения, привлекаемого через  $i$ -е функциональное направление  $X_{mn}^i, m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}$ .

Связка  $X^0$  – плановый объем деятельности,  $V^0$  – плановый объем ресурсного обеспечения и  $F_i$  – функциональное направление деятельности, где  $i = \overline{1, I}$ , представляет собой совокупность данных для обеспечения работы одного функционального направления. В том случае, когда функциональное направление  $i$  используется для единственного вида ресурса и для единственного вида деятельности, ответственный за данные определяется однозначно и общее количество ответственных за данные равняется количеству функциональных направлений. Однако, через  $i$ -ое функциональное направление могут привлекаться  $n$ -ые виды ресурсов для  $m$ -го вида деятельности. Таким образом,  $i$ -е функциональное направление уже не является монопольным пользователем  $n$ -го ресурса для  $m$ -го вида работ, т. к.  $i = \overline{1, I}$ .

В описанном случае возникает  $V * F * X$  связок видов ресурсного обеспечения, функциональных направлений и видов деятельности, где  $V * F * X$  – декартово произведение множеств видов ресурсного обеспечения, функциональных направлений и видов деятельности. Количество образуемых множеств равно  $M * N * I$ , где  $M$  – количество видов деятельности,  $N$  – количество видов ресурсов,  $I$  – количество функциональных направлений.

Для выбора ответственных за внесение и актуализацию данных необходимо также принимать во внимание показатель эффективности  $f$ , заданный управляющим центром. Показатель является составным и определяется как:

$$F_{nim}^j = f(V_1 \dots V_n, F_1 \dots F_i, X_1 \dots X_m), \quad (1)$$

где  $j = \overline{1, J}$  – количество показателей эффективности в системе,  $n = \overline{1, N}$  – виды ресурсов, задействованные при формировании показателя эффективности  $j$ ,  $i = \overline{1, I}$  – функциональные направления, задействованные при формировании показателя эффективности  $j$ ,  $m = \overline{1, M}$  – виды деятельности, задействованные при формировании показателя  $j$ .

Задача выбора ответственных за внесение и актуализацию данных заключается в определении наиболее значимых видов деятельности и их группировке по функциональным направлениям и зависит от цели функционирования системы в настоящий момент времени.

Принципиальная схема функционирования ответственных за данные представлена на Рисунке 1.

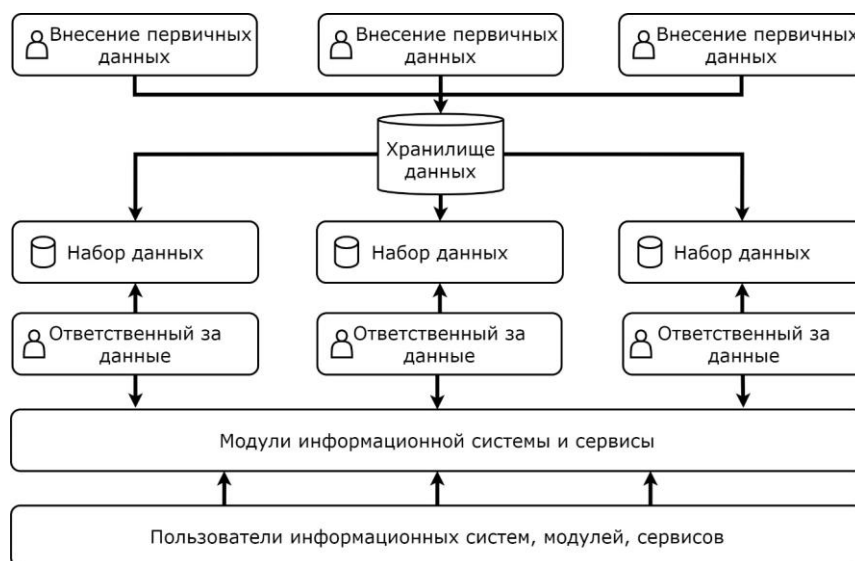


Рисунок 1 – Принципиальная схема функционирования ответственных за данные  
Figure 1 – Schematic diagram of the data stewards functioning

### Регламентация доступа к информации средствами цифровой среды для реализации всех видов деятельности

Разграничение доступа к данным – одна из наиболее важных политик информационной безопасности. В процессе функционирования МЦС накопленные данные обеспечивают принятие эффективных решений, но эти же данные могут негативно влиять на исполнение функционала при несанкционированном доступе. Таким образом, политика информационной безопасности является важной неотъемлемой частью всей системы управления.

При осуществлении разграничения прав доступа следует принимать во внимание, что информационные системы, обеспечивающие функционирование МЦС, являются сквозными, то есть используются во всех уровнях МЦС и не могут быть связаны только с одним уровнем. Принимая во внимание сквозной принцип построения информационных систем, можно сделать вывод о том, что данные также могут быть использованы на всех уровнях МЦС без ограничений. Таким образом, задача управления доступом к данным в МЦС представляется задачей выбора модели доступа. При этом требуется учитывать особенности МЦС как системы в целом, а не только информационной системы:

1. Многослойность. Несмотря на сквозной принцип формирования информационных систем ограничение доступа к данным может быть построено на основе слоев системы.

2. Компоненты каждого слоя МЦС. Разнообразие компонентов каждого слоя МЦС накладывает обязательства по разграничению доступа не только на основе слоев системы, но и на основе разных компонентов системы.

3. Формирование управляющим центром исходных данных для принятия и реализации управленческих решений. Управляющий центр имеет приоритетный доступ к данным.

Существует 3 основных модели доступа к данным [9]: мандатная, дискреционная, ролевая.

Мандатное управление доступом основывается на назначении атрибута конфиденциальности для информации, записанной в объектах, и предоставлении допусков субъектам на использование информации определенного уровня

конфиденциальности [10]. При мандатном управлении доступом реализуется многоуровневая политика безопасности. Мандатное управление доступом является одним из наиболее используемых для больших систем. Однако применительно к информационным системам, имеющим сложное интеграционное взаимодействие, данная политика не обладает достаточной гибкостью.

Дискреционная модель позволяет осуществлять произвольное управление доступом субъектов к объектам [11]. При этом обеспечивается контроль за распространением прав доступа. В дискреционной модели существует матрица прав доступа, что в значительной степени повышает гибкость управления. Однако уменьшается роль правил доступа к данным, что снижает защищенность.

Наиболее часто используемой в информационных системах является ролевая модель управления доступом [12]. Ролевая модель наиболее применима при построении модели прав доступа к данным в МЦС. Это объясняется многослойностью и многокомпонентностью системы – для каждой связки слой-компонент имеется возможность создать роль доступа и гибко управлять ролями. При этом остается возможность управлять правами доступа на основе правил, регламентирующих межслойные коммуникации.

Большую роль при реализации политики безопасности доступа к данным играет архитектура информационных систем. Предлагается для каждого функционального направления  $F_i$ , где  $i = \overline{1, I}$ , проектировать отдельный модуль информационной системы, для каждого вида деятельности  $X_m$ , где  $m = \overline{1, M}$ , проектировать отдельный пользовательский сервис. Предлагаемая схема архитектуры построения информационных систем МЦС представлена на Рисунке 2.

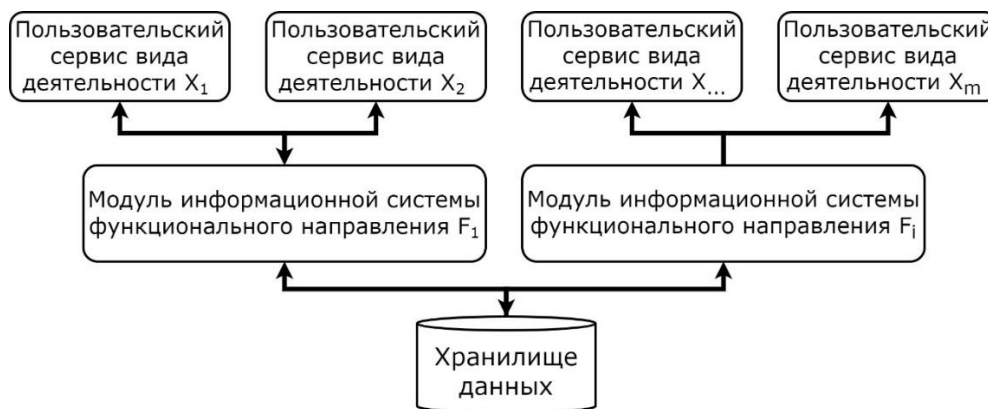


Рисунок 2 – Предлагаемая схема архитектуры построения информационных систем  
 Figure 2 – Proposed architecture diagram for building information systems

### Формирование наборов данных составляющих мониторинговой среды

Формирование мониторинговой среды является задачей обеспечения достоверной обратной связи от всех сред для управляющего центра. На основе информации, полученной от мониторинговой среды, управляющий центр корректирует управленческие решения и критерии эффективности работы МЦС.

Одна из возможных реализаций мониторинговой среды представляет собой перечень наборов данных, описывающих ресурсы, функциональные направления и виды деятельности, и представлена в графическом виде для визуальной оценки работы МЦС. В данной интерпретации возникает задача выбора наборов данных для формирования составляющих мониторинговой среды, которые обеспечат контроль привлечения ресурсов через функциональные направления для реализации видов деятельности.

Наиболее адекватным способом формирования наборов данных для мониторинга деятельности МЦС представляется формирование наборов данных согласно показателям эффективности (1). При этом, общее количество наборов данных составит  $J$  – количество показателей эффективности МЦС.

На Рисунке 3 представлена схема формирования мониторинговой среды согласно наборам данных, описывающим показатели эффективности.

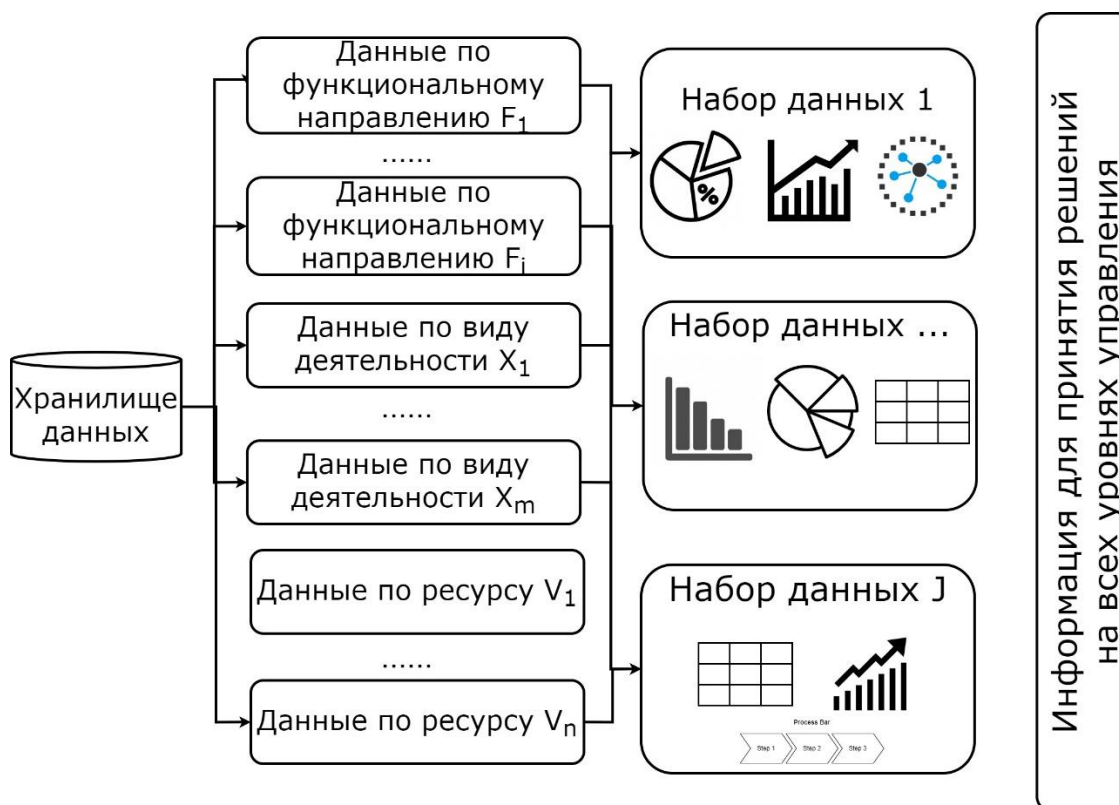


Рисунок 3 – Схема формирования мониторинговой среды  
Figure 3 – Scheme for forming a monitoring environment

Таким образом, представляется возможным описать общую схему доступа к данным всех сред МЦС. Принимая во внимание, что МЦС изначально подразумевает существование единого информационного пространства – цифровая многофункциональная среда охватывает деятельность всех других сред.

Основная задача управленческой среды – внесение информации о показателях эффективности МЦС в единое информационное пространство. Показатели эффективности агрегируют информацию, вносимую другими средами, для осуществления управления системой и контроля эффективности деятельности.

Ресурсная среда интегрирована с единым информационным пространством для постоянной актуализации данных об имеющихся ресурсах для реализации всех видов деятельности. Ресурсная среда как передает информацию напрямую в единое информационное пространство, так и обменивается информацией с деятельностной средой через цифровые функциональные направления.

Цифровая среда, как отмечено выше, охватывает деятельность всех сред МФЦ. Отдельной задачей цифровой среды при осуществлении обмена данными с единым информационным пространством выступает регламентация доступа к данным.

Цифровая среда регулирует доступ из деятельностной и ресурсной сред к данным, хранящимся в едином информационном пространстве.

Деятельностная среда получает и записывает данные в единое информационное пространство в соответствии с разрешенным доступом. Актуализация сведений из деятельностной среды – одна из наиболее приоритетных задач, т. к. актуальность сведений ключевым образом влияет на данные, используемые мониторинговой средой. Мониторинговая среда получает данные из единого информационного пространства согласно наборам данных, формируемым показателями эффективности, и предоставляет информацию для выработки управленческих решений в ресурсную среду.

На Рисунке 4 представлена схема доступа к данным сред МЦС.

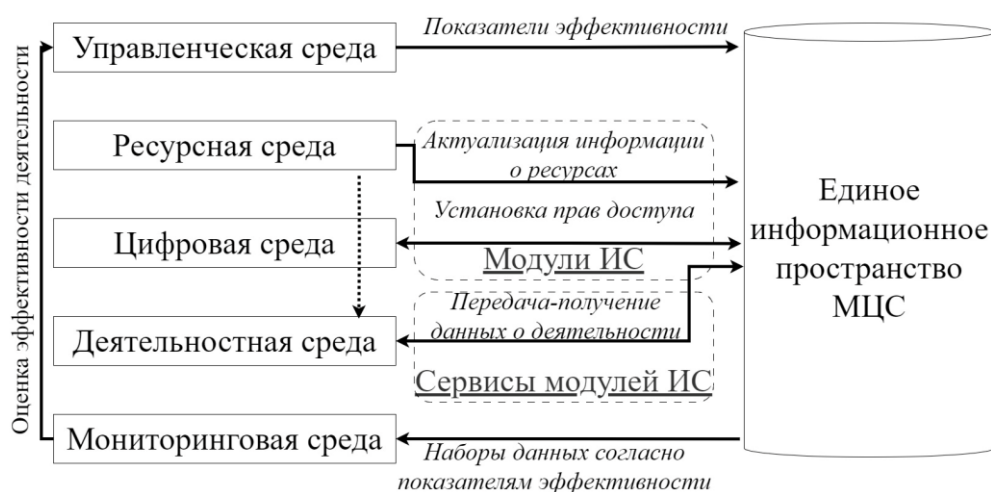


Рисунок 4 – Схема доступа к данным  
Figure 4 – Data access scheme

### Заключение

МЦС представляет собой многослойную многокомпонентную систему, требующую разработки новых подходов к управлению данными. Единое информационное пространство класса многофункциональных цифровизированных систем позволяет осуществлять сквозное управление данными во всех слоях системы.

Назначение ответственности за актуализацию данных и распределение прав доступа к данным – важные задачи, обеспечивающие эффективное функционирование системы в целом. Разграничение прав доступа посредством программных модулей и программных сервисов обеспечит оперативность накопления данных и их передачу в мониторинговую среду.

Мониторинговая среда МЦС ввиду особенностей цифровизированной системы является интегрированной в единое информационное пространство, что обеспечивает возможность управления системой на основе данных.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гусев П.Ю. Львович Я.Е. Структуризация многофункциональной цифровизированной системы и управление ею на основе оптимизационных моделей дезагрегации ресурсов и объемов деятельности. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2023;11(4). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=1441> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.43.4.004 (дата обращения: 09.11.2023).

2. Черданцев В.П., Кобелев П.Е. Формирование единого информационного пространства. *Аграрный вестник Урала*. 2010;77(11-1):102–103.
3. Эмилова О.А., Сержантова М.В. Единое информационное пространство университета. *Решетневские чтения*. 2013;17(2):168–170.
4. Шнепс-Шнеппе М.А., Намиот Д.Е., Сухомлин В.А. О создании единого информационного пространства общества. *International Journal of Open Information Technologies*. 2015;3(2):1–8.
5. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. [и др.] *Оптимизация цифрового управления в организационных системах: коллективная монография*. Воронеж: Научная книга; 2021. 191 с.
6. Львович И.Я. Принятие решений на основе оптимизационных моделей и экспертной информации. Воронеж: Научная книга; 2023. 232 с.
7. Лохвицкий В.А., Калиниченко С.В., Нечай А.А. Подход к построению системы автоматизированной интеграции информации в базу данных для её своевременной актуализации. *Мир современной науки*. 2014;24(2):8–12.
8. Назарова Д., Башимова Н. Важность информационной безопасности в цифровой экономике. *Символ науки*. 2023;5(1):84.
9. Медведев Н.В., Гришин Г.А. Модели управления доступом в распределенных информационных системах. *Машиностроение и компьютерные технологии*. 2011;(1):1.
10. Чернов Д.В. ДП-модель мандатного управления доступом с контролем целостности СУБД MySQL. *Прикладная дискретная математика. Приложение*. 2014;(7):103–105.
11. Смит И.В. О программной реализации алгоритмов замыкания базовой ДП-модели компьютерной системы с дискреционным управлением доступом. *Прикладная дискретная математика. Приложение*. 2009;(1):54–55.
12. Семенова Н.А. Семантическая ролевая модель управления доступом. *Прикладная дискретная математика*. 2012;16(2):50–64.

## REFERENCES

1. Gusev P.Yu., Lvovich Ya.E. Structuring of a multifunctional digitalized system and managing it using optimization models of disaggregation of resources and volumes of activity. *Modelirovanie, optimizacija i informacionnye tehnologii = Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(4). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=1441> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.43.4.004 (accessed on 09.11.2023). (In Russ.).
2. Cherdancev V.P., Kobelev P.E. Formation of a unified information space. *Agrarnyj vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2010;77(11-1):102–103. (In Russ.).
3. Emilova O.A., Serzhantova M.V. Unified information space of the university. *Reshetnevskie chtenija = Reshetnev readings*. 2013;17(2):168–170. (In Russ.).
4. Shneps-Sneppe M.A., Namiot D.E., Sukhomlin V.A. On the creation of a unified information space of society. *International Journal of Open Information Technologies*. 2015;3(2):1–8. (In Russ.).
5. Lvovich I.Ya, Lvovich Ya.E., Choporov O.N. [et all.] *Optimizatsiya tsifrovogo upravleniya v organizatsionnykh sistemakh: kollektivnaya monografiya*. Voronezh, Nauchnaya kniga; 2021. 191 p. (In Russ.).
6. Lvovich I.Ya. *Prinyatie reshenii na osnove optimizatsionnykh modelei i ekspertnoi informatsii*. Voronezh, Nauchnaya kniga; 2023. 232 p. (In Russ.).



7. Lohvitskii V.A., Kalinbchenko S.V., Nechai A.A. An approach to building a system for automated integration of information into a database for its timely updating. *Mir sovremennoj nauki = World of modern science*. 2014;24(2):8–12. (In Russ.).
8. Nazarova D., Bashimova N. The importance of information security in the digital economy. *Science symbol*. 2023;5(1):84. (In Russ.).
9. Medvedev N.V., Grishin G.A. Access control models in distributed information systems. *Mashinostroenie i komp'yuternye tehnologii = Mechanical engineering and computer technology*. 2011;(1):1. (In Russ.).
10. Chernov D.V. DP model of mandatory access control with integrity control of the MySQL DBMS. *Prikladnaja diskretnaja matematika. Prilozhenie. = Applied discrete mathematics. Application*. 2014;(7):103–105. (In Russ.).
11. Smit I.V. On the software implementation of closure algorithms for the basic DP model of a computer system with discretionary access control. *Prikladnaja diskretnaja matematika. Prilozhenie. = Applied discrete mathematics. Application*. 2009;(1):54–55. (In Russ.).
12. Semenova N.A. Semantic role model of access control. *Prikladnaja diskretnaja matematika = Applied discrete mathematics*. 2012;16(2):50–64. (In Russ.).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Гусев Павел Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой систем автоматизированного проектирования и информационных систем, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.

*e-mail*: [gusevpvl@gmail.com](mailto:gusevpvl@gmail.com)

ORCID: [0000-0002-3752-0152](https://orcid.org/0000-0002-3752-0152)

**Pavel Y. Gusev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of Computer-Aided Design and Information Systems, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

*Статья поступила в редакцию 09.11.2023; одобрена после рецензирования 04.12.2023; принята к публикации 21.12.2023.*

*The article was submitted 09.11.2023; approved after reviewing 04.12.2023; accepted for publication 21.12.2023.*