

Соловьев Виктор Владимирович – Южный федеральный университет; e-mail: vvsolovev@sfedu.ru; г. Таганрог, Россия; тел.: +79043438844; старший преподаватель кафедры систем автоматического управления; старший научный сотрудник КБ «АРК» ДГТУ.

Номерчук Александр Яковлевич – e-mail: aynomerchuk@sfedu.ru; тел.: +79185945894; старший преподаватель кафедры систем автоматического управления.

Филатов Роман Константинович – КБ «АРК» ДГТУ; e-mail: r.k.filatov@gmail.com; г. Таганрог, Россия; тел.: +79996965820; к.т.н.; руководитель.

Soloviev Viktor Vladimirovich – Southern Federal University; e-mail: vvsolovev@sfedu.ru; Taganrog, Russia; phone: +79043438844; senior lecturer the Department of Automatic Control Systems; senior researcher the CB “ARK” Don State Technical University.

Nomerchuk Alexandr Yakovlevich – e-mail: aynomerchuk@sfedu.ru; phone: +79185945894; senior lecturer the Department of Automatic Control Systems.

Filatov Roman Konstantinovich – CB “ARK” Don State Technical University; e-mail: r.k.filatov@gmail.com; Taganrog, Russia; cand. of eng. sc.; supervisor.

УДК 519.872

DOI 10.18522/2311-3103-2024-6-113-121

А.А. Богнюков, Д.Ю. Зорькин, Е.Г. Шведов

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Основное внимание уделяется системам автоматизации, применяемым в автосалонах для продажи и ремонта автомобилей. Это требует учета не только существующих процессов, но и их оптимизации с использованием современных технологий, что усложняет анализ таких систем. Внедрение подобных решений может привести к созданию более эффективных моделей, соответствующих реальным условиям работы автосалонов. Понимание ключевых концепций автоматизации помогает не только структурировать исследование, но и определить направления для дальнейшего развития. Изучение существующих моделей и систем позволяет выявить лучшие практики и возможные недостатки. Сравнительный анализ помогает не только адаптировать проверенные решения к новым условиям, но и избежать ошибок, допущенных в предыдущих исследованиях. Системный анализ и моделирование систем массового обслуживания представляют собой ключевые аспекты в управлении и оптимизации бизнес-процессов, включая такие сложные области, как автоматизация процесса продаж и ремонта автомобилей. В современном мире высоких технологий, где конкуренция на рынке товаров и услуг постоянно растет, применение системного анализа позволяет предприятиям находить эффективные решения для улучшения своих операций. Системы массового обслуживания (далее СМО) являются центральным элементом в различных отраслях экономики, включая автосалоны и сервисные центры. Они направлены на оптимизацию потоков клиентов и ресурсов с целью повышения качества обслуживания и минимизации времени ожидания. Основная задача системного анализа в данном контексте заключается в изучении структуры, поведения и взаимодействия компонент системы для выявления слабых мест и поиска оптимальных стратегий их преодоления. Для автоматизации работы автосалона была выбрана предметная область, включающая ключевые элементы: персонал, клиенты, автомобили, услуги и договора. Эти элементы взаимосвязаны и образуют основу для проектируемой базы данных. Каждый из элементов имеет свою сущность, а их взаимодействие через договоры становится основой для разработки реляционной базы данных.

Автоматизация; продажа; ремонт; автосалон; CRM-система; ERP-система; оптимизация; процесс; автомобиль; услуга; договор купли-продажи; договор услуги.

A.A. Bognyukov, D.Yu. Zorkin, E.G. Shvedov

SYSTEM ANALYSIS AND MODELING OF QUEUE SYSTEMS

This article focuses on automation systems used in car dealerships for the sale and repair of vehicles. This requires consideration not only of existing processes but also their optimization using modern technologies, which complicates the analysis of such systems. The implementation of such solutions can

lead to the creation of more efficient models that reflect the real operating conditions of car dealerships. Understanding the key concepts of automation helps not only to structure the research but also to identify directions for further development. Studying existing models and systems allows for the identification of best practices and potential shortcomings. Comparative analysis helps not only to adapt proven solutions to new conditions but also to avoid mistakes made in previous studies. System analysis and modeling of queuing systems represent key aspects in the management and optimization of business processes, including such complex areas as automation of the sales and repair process of cars. In the modern world of high technology, where competition in the market of goods and services is constantly growing, the use of system analysis allows enterprises to find effective solutions to improve their operations. Queuing systems (hereinafter referred to as QMS) are a central element in various sectors of the economy, including car dealerships and service centers. They are aimed at optimizing customer flows and resources in order to improve the quality of service and minimize waiting times. The main task of system analysis in this context is to study the structure, behavior and interaction of system components in order to identify weaknesses and find optimal strategies to overcome them. To automate the work of the car dealership, a subject area was selected, including key elements: staff, customers, cars, services and contracts. These elements are interconnected and form the basis for the projected database. Each of the elements has its own essence, and their interaction through contracts becomes the basis for the development of a relational database.

Automation; sale; repair; car dealership; CRM system; ERP system; optimization; process; car; service; purchase and sale agreement; service agreement.

Введение. Система массового обслуживания представляет собой важный элемент в современном мире, особенно когда речь идет о решении однотипных задач, требующих многократного повторения. Такая система служит для упрощения и оптимизации процессов, что позволяет достигать высоких показателей эффективности и точности в различных отраслях. В частности, системы массового обслуживания находят широкое применение в процессе автоматизации рабочих процессов автосалонов [1, с.230]. Автосалоны как специфическая коммерческая структура требуют оптимизированного подхода к управлению множеством элементов – таких как персонал, клиенты, автомобили, услуги и договора [2, с.259]. Все эти элементы принято называть сущностями и каждая из них играет ключевую роль в успешной работе салона. Внедрение систем массового обслуживания здесь обусловлено необходимостью не только ускорения работы, но и повышения точности обработки данных [3, с.246]. Это позволяет минимизировать временные потери и уменьшить количество ошибок при взаимодействии между сущностями.

Процесс автоматизации работы автосалонов при помощи систем массового обслуживания базируется на четкой интеграции всех элементов системы [4, с.24]. Персонал получает возможность более эффективно управлять временем, распределяя его между важными задачами без лишних задержек. Клиенты ощущают повышение качества сервиса благодаря ускорению процессов оформления и получения услуг [5, с.96]. Автомобили как центральный объект деятельности салона становятся доступнее для управления благодаря точному учету всех параметров и характеристик в единой системе [6, с.123].

Услуги и договора также подпадают под влияние системы массового обслуживания: их оформление становится быстрее и проще, что исключает возможность ошибок при заполнении документов или потере данных [7, с.141]. Взаимосвязь между всеми этими сущностями обеспечивает целостность процесса и способствует общей оптимизации деятельности автосалона [8, с.247].

Постановка задачи. На рис. 1 показана информационная схема работы автосалона.

Для автоматизации работы автосалона были разработаны SQL-запросы, которые позволяют эффективно управлять данными. Примеры запросов включают:

1. Поиск автомобиля по году выпуска (запрос на основе таблицы Автомобиль, который позволяет найти автомобили, выпущенные в определённый год) [10, с.404];
2. Поиск сотрудников по стажу (запрос на основе таблицы Персонал, который выводит сотрудников с определённым стажем работы);
3. Поиск номеров договоров купли-продажи, заключённых в определённый промежуток дат (запрос, который позволяет отслеживать все заключённые сделки в указанном периоде) [11, с.2401].



Рис. 1. Информационная схема процесса работы автосалона [9, с.176]

Эти запросы направлены на ускорение обработки информации и улучшение взаимодействия с клиентами и персоналом.

Концептуальная схема должна отражать состав и взаимодействие объектов будущей базы данных. Для этой цели разработано несколько систем соглашений о представлении информации, содержащейся в базе данных. Например, универсальный язык моделирования (UML) – промышленный стандарт создания моделей процессов и данных для объектно-ориентированных разработок информационных систем (ИС) [12, с.1609].

Подобные системы предназначены для автоматизации всего процесса разработки ИС.

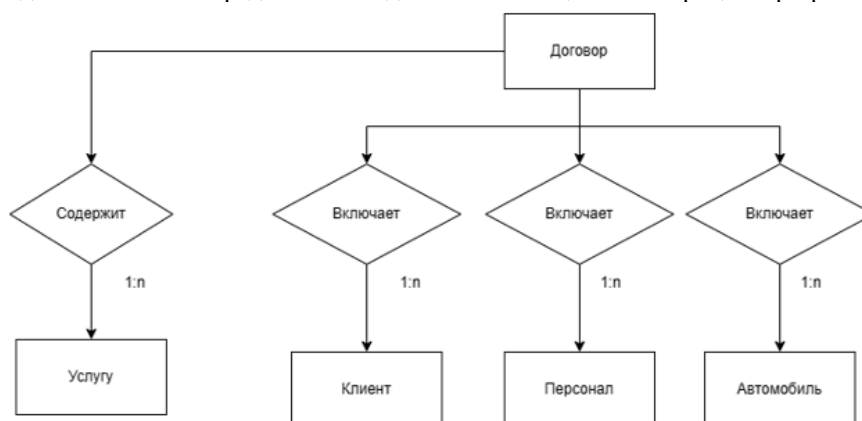


Рис. 2. Концептуальная схема автосалона [13, с.187]

Логическое проектирование основано на модели логического уровня и представляет собой описание и построение схем связей между элементами данных безотносительно к их содержанию и среде хранения. Логическая структура БД получается преобразованием концептуальной схемы в логическую схему (модель), ориентированную на выбранную СУБД [14, с.103]. Применительно к наиболее распространенной реляционной модели данных общий подход преобразования концептуальной схемы в логическую состоит в том, что каждую сущность, являющуюся представителем множества однотипных объектов, задают схемой отдельного отношения (таблицы), а атрибуты сущности образуют столбцы таблицы [15, с.8].

Первичный ключ сущности образует исходный первичный ключ таблицы, который в дальнейшем может быть изменен [16, с.35]. Проектирование логической структуры БД должно решать задачи выбора наиболее эффективной структуры данных, обеспечения быстрого доступа к данным; исключения дублирования данных, обеспечения целостности данных таким образом, чтобы при изменении одних объектов автоматически происходило соответствующее изменение связанных с ними объектов [17, с.48]. При непра-

вильно спроектированной схеме БД могут возникнуть аномалии модификации данных. Они обусловлены отсутствием средств явного представления типов множественных связей между объектами ПО и неразвитостью средств описания ограничений целостности на уровне модели данных [18, с.3117].

Процесс проектирования базы данных для автосалона начинается с анализа требований и построения информационной схемы [19, с.152]. На этом этапе было определено, какие процессы необходимо автоматизировать: поиск автомобилей по году выпуска, учет клиентов, управление договорами и услугами. Для этого были созданы схемы задач, отражающие взаимодействие различных объектов системы.

Проектирование реляционной базы данных начинается с создания концептуальной схемы. Эта схема включает сущности: Персонал, Клиент, Автомобиль, Услуга, Договор покупки и Договор услуги. Каждая сущность содержит определённые атрибуты, такие как фамилия, имя, должность для персонала или код автомобиля, VIN-номер и стоимость для автомобилей. В результате автором была создана реляционная модель, включающая таблицы с первичными ключами и внешними связями [20, с.139]. Так, Код сотрудника ссылается на таблицу Персонал, а Код автомобиля ссылается на таблицу Автомобиль.

Модель базы данных включает следующие ключевые элементы:



Рис. 3. Элементы базы данных [20, с.140]

На рис. 4. автором представлена схема отношений БД.

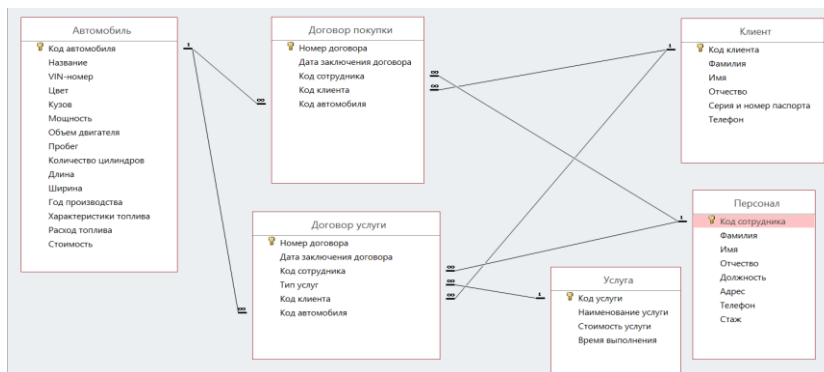


Рис. 4. Схема отношений БД

Для автоматизации работы автосалона были разработаны SQL-запросы, которые позволяют эффективно управлять данными. Запросы направлены на ускорение обработки информации и улучшение взаимодействия с клиентами и персоналом. Автор представил примеры запросов на рис. 5–7.

1 Поиск автомобилей по году выпуска

Автомобиль

- Код автомобиля
- Название
- VIN-номер
- Цвет
- Кузов
- Мощность
- Объем двигателя
- Пробег
- Количество цилиндров
- Длина
- Ширина
- Год производства
- Характеристики топлива
- Расход топлива
- Стоимость

Поле:	Название	Цвет	Год производства	Стоимость		
Имя таблицы:	Автомобиль	Автомобиль	Автомобиль	Автомобиль		
Сортировка:						
Вывод на экран:	☒	☒	☒	☒	☐	☐
Условие отбора:			[Введите год выпуска]			
или:						

Рис. 5. Запрос «Найти автомобиль по году выпуска»

3 Найти номера договоров покупки по дате

Договор покупки

- Номер договора
- Дата заключения дого
- Код сотрудника
- Код клиента
- Код автомобиля

Персонал

- Код сотрудника
- Фамилия
- Имя
- Отчество
- Должность
- Данные

Клиент

- Код клиента
- Фамилия
- Имя
- Отчество
- Семейное имя

Поле:	Номер договора	Дата заключения договора	ФИО клиента:	Клиент.Ф:	ФИО сотрудника:	Пер	Название автомобиля:
Имя таблицы:	Договор покупки	Договор покупки					Договор покупки
Сортировка:							
Вывод на экран:	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
Условие отбора:		Between [Введите начальную дату] And [Введите последнюю дату]					
или:							

Рис. 6. Запрос «Найти номера договоров покупки, заключенные в промежутке»

8 Поиск договоров услуг по наименованию услуги

Договор услуги

- Номер договора
- Дата заключения дого
- Код сотрудника
- Тип услуг
- Код клиента
- Код автомобиля

Услуга

- Код услуги
- Наименование услуги
- Стоимость услуги
- Время выполнения

Поле:	Номер договора	Дата заключения договора	ФИО сотрудника:	Код с	ФИО клиента:	Код клие	Название автомобиля:	Наименование услуги:	Стоимость услуги:
Имя таблицы:	Договор услуги	Договор услуги	Договор услуги	Договор услуги	Договор услуги	Договор услуги	Договор услуги	Услуга	Услуга
Сортировка:									
Вывод на экран:	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
Условие отбора:								[Введите тип услуги]	
или:									

Рис. 7. Запрос «Найти договора услуг по наименованию услуги»

В результате процесса разработки базы данных автором был проведен анализ получившихся отношений с помощью функциональных зависимостей (рис. 8).

Анализ получившихся отношений с помощью функциональных зависимостей	Код сотрудника => {Фамилия, Имя, Отчество, Должность, Адрес, Телефон, Адрес}
	Код клиента => {Фамилия, Имя, Отчество, Серия и номер паспорта, Телефон}
	Код автомобиля => {VIN-номер, Название, Цвет, Кузов, Мощность, Объем двигателя, Пробег, Количество цилиндров, Длина, Ширина, Год производства, Характеристики топлива, Расход топлива, Стоимость}
	Код услуги => {Наименование услуги, Стоимость услуги, Время выполнения}
	Номер договора => {Дата заключения договора, Код сотрудника, Код клиента, Код автомобиля}
	Номер договора => {Дата заключения договора, Код сотрудника, Тип услуг, Код клиента, Код автомобиля}

Рис. 8. Анализ получившихся отношений с помощью функциональных зависимостей

В процессе проектирования была проведена проверка на нормальные формы (1НФ, 2НФ, 3НФ). Все таблицы были проанализированы на предмет избыточности и аномалий данных. В результате (рис. 9).

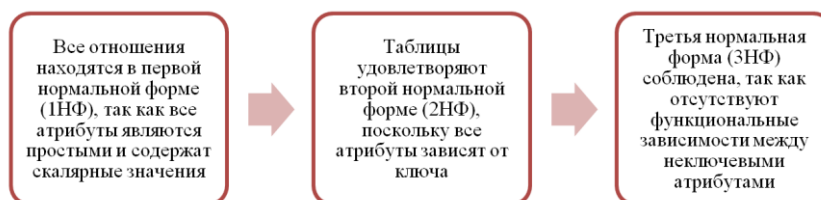


Рис. 9. Проверка нормальных форм

Это гарантирует, что база данных будет эффективной и не будет содержать избыточных данных, что улучшает её производительность.

Выводы. В результате проведённой работы была разработана реляционная база данных для автосалона, которая позволяет автоматизировать процессы продаж, обслуживания клиентов и управления договорами. В процессе проектирования были использованы методы нормализации данных, что обеспечило минимизацию избыточности и повышенную эффективность работы базы данных. Разработанная система позволяет улучшить организацию работы автосалона, ускорить процессы обработки информации и повысить качество обслуживания клиентов. В дальнейшем можно внедрять дополнительные функциональные возможности, такие как анализ продаж, управление складом и интеграция с другими бизнес-процессами автосалона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анисимова Г.Б., Фролов Р.А. Разработка информационной системы автоматизации деятельности автосалона // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 5 (89). – С. 223-230.
2. Арханчева М.В., Трипош В.А., Акимов С.С. Инфологическое моделирование базы данных для организации // Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности. – 2023. – С. 259-262.

3. *Беляева И.А., Козловский В.Н., Васин С.А.* Инструменты моделирования в обеспечении качества новых конструкций автомобилей в процессе проектирования // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 1. – С. 246-250.
4. *Бибик Я.Н.* Жизненный цикл приложения баз данных // Сб. научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2023. – № 70. – С. 24-30.
5. *Ежова Г.П.* Задачи систем автоматизированного проектирования технологических процессов обработки деталей ГТД // Инновационные научные исследования в современном мире: теория, методология, практика. – 2023. – С. 96-100.
6. *Ермакова Е.И., Пьянкова Н.Г.* Математические методы в маркетинговой деятельности автодилеров // Математическое моделирование и информационные технологии при исследовании явлений и процессов в различных сферах деятельности. – 2023. – С. 123-128.
7. *Загидуллина Э.Г.* Проектирование системы сбора данных // Инновационные научные исследования 2023: естественные и технические науки: Сб. материалов XXVI-ой международной очно-заочной научно-практической конференции, 19 апреля, 2023. – М.: Изд-во НИЦ «Империя», 2023. – С. 58.
8. *Игнатьева В.М., Таренко Л.Б.* Базы данных и их применение в сфере автосервиса // Общество, государство, личность: молодёжное предпринимательство в поведенческой экономике. – 2020. – С. 247-251.
9. *Ишмаева В.З.* Технологии цифровой трансформации автобизнеса // Современные подходы к трансформации концепций государственного регулирования и управления в социально-экономических системах. – 2022. – С. 174-178.
10. *Кириллов В.С., Кондратьев В.Ю.* Применение системы Agile для проектирования и разработки информационных систем // Ц75 Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты: сборник материалов V всероссийской научно-практической конференции. – Краснодар: КубГАУ, 2023. – С. 404.
11. *Кузниченко М.А.* Выбор СУБД в учебном процессе подготовки специалистов среднего звена // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. – 2023. – С. 2401-2404.
12. *Куракин С.З., Онуфрей А.Ю., Разумов А.В.* Исследование вариантов построения информационно-управляющих систем на основе сетевых моделей систем массового обслуживания // Информатика и автоматизация. – 2024. – Т. 23, № 6. – С. 1609-1642.
13. *Новикова Н.В.* Жизненный цикл информационной системы базы данных // Перспективные научные исследования: опыт, проблемы и перспективы развития. – 2023. – С. 187-192.
14. *Серик М.С., Копыльцов А.В., Жумагулова С.К.* Технология разработки приложений с использованием баз данных // Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем. – 2023. – С. 103-105.
15. *Стукало Р.Е., Сафин М.А.* Эффективная организация баз данных в промышленных системах // Проблемы современной науки и образования. – 2024. – № 1 (188). – С. 7-10.
16. *Урмашев Н.А., Сакен Г.* Проектирование и реализация Web-приложения для автоматизации автосалона // Национальная ассоциация ученых. – 2022. – № 81. – С. 35-36.
17. *Хорошев Е.В., Гусева В.В.* Создание базы данных для автосалона // Научные перспективы-2023. – 2023. – С. 48-49.
18. *Шаповалов А.А., Суворова А.В.* Эволюция бизнес-процессов в российском авторитейле // Экономика. – 2024. – Т. 14, № 6. – С. 3117-3134.
19. *Шарафиева Н.Х., Мурзин С.З.* Информационные системы и базы данных: организация, хранение и управление информацией // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации. – 2023. – С. 150-154.
20. *Шаталова Ю.Г., Жиглов Я.В.* Разработка системы репликации для распределенной базы данных предприятия // Символ науки. – 2019. – Т. 2, № 3. – С. 137-141.

REFERENCES

1. *Anisimova G.B., Frolov R.A.* Razrabotka informatsionnoy sistemy avtomatizatsii deyatelnosti avtosolona [Development of an information system for automating the activities of a car dealership], *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2022, No. 5 (89), pp. 223-230.
2. *Arkhopcheva M.V., Tripkosh V.A., Akimov S.S.* Infologicheskoe modelirovanie bazy dannykh dlya organizatsii [Infological modeling of a database for an organization], *Vyzovy sovremennosti i strategii razvitiya obshchestva v usloviyakh novoy real'nosti* [Challenges of our time and strategies for the development of society in the context of a new reality], 2023, pp. 259-262.

3. Belyaeva I.A., Kozlovskiy V.N., Vasin S.A. Instrumenty modelirovaniya v obespechenii kachestva novykh konstruktivnykh avtomobiley v protsesse proektirovaniya [Modeling tools in ensuring the quality of new car designs during the design process], *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Bulletin of Tula State University. Technical sciences], 2024, No. 1, pp. 246-250.
4. Bibik Ya.N. Zhiznennyy tsikl prilozheniya baz dannykh [life cycle of database applications], *Sb. nauchnykh trudov Donetskogo instituta zheleznodorozhnogo transporta* [Collection of scientific papers of the Donetsk Institute of Railway Transport], 2023, No. 70, pp. 24-30.
5. Ezhova G.P. Zadachi sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov obrabotki detaley GTD [Tasks of automated design systems for technological processes of processing gas turbine engine parts], *Innovatsionnye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire: teoriya, metodologiya, praktika* [Innovative scientific research in the modern world: theory, methodology, practice], 2023, pp. 96-100.
6. Ermakova E.I., Pyankova N.G. Matematicheskie metody v marketingovoy deyatel'nosti avtodilerov [Mathematical methods in the marketing activities of car dealers], *Matematicheskoe modelirovanie i informatsionnye tekhnologii pri issledovanii yavleniy i protsessov v razlichnykh sferakh deyatel'nosti* [Mathematical modeling and information technology in the study of phenomena and processes in various fields of activity], 2023, pp. 123-128.
7. Zagidullina E.G. Proektirovanie sistemy sbora dannykh [Design of a data collection system], *Innovatsionnye nauchnye issledovaniya 2023: estestvennye i tekhnicheskie nauki: Sb. materialov XXVI-oy mezhdunarodnoy ochno-zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 19 aprelya, 2023* [Innovative scientific research 2023: natural and technical sciences: Collection of materials of the XXVI-th international in-person and correspondence scientific and practical conference, April 19, 2023]. Moscow: Izd-vo NITS «Imperiya», 2023, pp. 58.
8. Ignat'eva V.M., Tarenko L.B. Bazy dannykh i ikh primeneniye v sfere avtoservisa [Databases and their application in the field of car service], *Obshchestvo, gosudarstvo, lichnost': molodezhnoye predprinimatel'stvo v povedencheskoy ekonomike* [Society, state, personality: youth entrepreneurship in behavioral economics], 2020, pp. 247-251.
9. Ishmaeva V.Z. Tekhnologii tsifrovoy transformatsii avtobiznesa [Technologies of digital transformation of the auto business], *Sovremennye podkhody k transformatsii kontseptsiy gosudarstvennogo regulirovaniya i upravleniya v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh* [Modern approaches to the transformation of concepts of state regulation and management in socio-economic systems], 2022, pp. 174-178.
10. Kirillov V.S., Kondrat'ev V.Yu. Primeneniye sistemy Agile dlya proektirovaniya i razrabotki informatsionnykh sistem [Application of the Agile system for the design and development of information systems], *TS75 TSifrovizatsiya ekonomiki: napravleniya, metody, instrumenty: sbornik materialov V vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [C75 Digitalization of the economy: directions, methods, tools: collection of materials of the V all-Russian scientific and practical conference]. Krasnodar: KubGAU, 2023, pp. 404.
11. Kuznichenko M.A. Vybory SUBD v uchebnom protsesse podgotovki spetsialistov srednego zvena [Selection of DBMS in the educational process of training mid-level specialists], *Universitetskii kompleks kak regional'nyy tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury* [University complex as a regional center of education, science and culture], 2023, pp. 2401-2404.
12. Kurakin S.Z., Onufrey A.Yu., Razumov A.V. Issledovanie variantov postroeniya informatsionno-upravlyayushchikh sistem na osnove setevykh modeley sistem massovogo obsluzhivaniya [Research of options for constructing information and control systems based on network models of queuing systems], *Informatika i avtomatizatsiya* [Computer Science and Automation], 2024, Vol. 23, No. 6, pp. 1609-1642.
13. Novikova N.V. Zhiznennyy tsikl informatsionnoy sistemy bazy dannykh [Life cycle of the information database system], *Perspektivnye nauchnye issledovaniya: opyt, problemy i perspektivy razvitiya* [Advanced scientific research: experience, problems and development prospects], 2023, pp. 187-192.
14. Serik M.S., Kopyl'tsov A.V., Zhmagulova S.K. Tekhnologiya razrabotki prilozheniy s ispol'zovaniem baz dannykh [Technology of developing applications using databases], *Modelirovanie i situatsionnoye upravlenie kachestvom slozhnykh sistem* [Modeling and situational quality management of complex systems], 2023, pp. 103-105.
15. Stukalo R.E., Safin M.A. Effektivnaya organizatsiya baz dannykh v promyshlennykh sistemakh [Efficient organization of databases in industrial systems], *Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya* [Problems of modern science and education], 2024, No. 1 (188), pp. 7-10.
16. Urmashev N.A., Saken G. Proektirovanie i realizatsiya Web-prilozheniya dlya avtomatizatsii avtosalona [Design and implementation of a Web application for automating a car dealership], *Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh* [National Association of Scientists], 2022, No. 81, pp. 35-36.

17. Khoroshev E.V., Guseva V.V. Sozдание bazy dannykh dlya avtosalona [Creation of a database for a car dealership], *Nauchnye perspektivy-2023* [Scientific prospects-2023], 2023, pp. 48-49.
18. Shapovalov A.A., Suvorova A.V. Evolyutsiya biznes-protsessov v rossiyskom avtoriteyle [Evolution of business processes in Russian auto retail], *Ekonomika* [Economy], 2024, Vol. 14, No. 6, pp. 3117-3134.
19. Sharafieva N.Kh., Murzin S.Z. Informatsionnye sistemy i bazy dannykh: organizatsiya, khranenie i upravlenie informatsiy [Information systems and databases: organization, storage and management of information], *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i mirovogo soobshchestva v epokhu tsifrovizatsii* [Modern trends in the development of science and the world community in the era of digitalization], 2023, pp. 150-154.
20. Shatalova Yu.G., Zhiglov Ya.V. Razrabotka sistemy replikatsii dlya raspredelennoy bazy dannykh predpriyatiya [Development of a replication system for a distributed enterprise database], *Simvol nauki* [Symbol of Science], 2019, Vol. 2, No. 3, pp. 137-141.

Богнюков Александр Алексеевич – Волгоградский государственный технический университет; e-mail: bogniukovv@gmail.com; г. Волгоград, Россия; студент.

Зорькин Дмитрий Юрьевич – e-mail: mosh285@gmail.com; кафедра ПМ; преподаватель.

Шведов Евгений Геннадьевич – e-mail: esheg@rambler.ru; кафедра ПМ; к.ф.-м.н.; доцент.

Bognyukov Alexander Alekseevich – Volgograd State Technical University; e-mail: bogniukovv@gmail.com; Volgograd, Russia; student.

Zorkin Dmitry Yuryevich – e-mail: mosh285@gmail.com; the Department of Applied Mathematics; teacher.

Shvedov Evgeny Gennadievich – e-mail: esheg@rambler.ru; the Department of Applied Mathematics; cand. of phys. and math. sc.; associate professor.

УДК 004:681.518

DOI 10.18522/2311-3103-2024-6-121-131

М.А. Георгиева, И.М. Першин

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ГИДРОЛИТОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Данная статья посвящена исследованию влияния атмосферных осадков на гидролитосферные процессы с использованием математического моделирования. Гидролитосферные процессы включают взаимодействие между водой, атмосферой и земной корой, играя важную роль в формировании ландшафта, круговороте воды и климате Земли. Используя исторические данные об осадках и гидролитосферных процессах, авторы калибруют и проверяют свою модель. Результаты показывают, что модель может точно предсказывать изменения в стоке воды, эрозии почвы и качестве воды в ответ на изменения в режиме осадков. В работе представлена разработка и применение математических моделей для изучения влияния осадков на формирование стока, эрозию почвы, изменение уровня грунтовых вод, а также на геоморфологические процессы, происходящие в гидролитосфере. В статье анализируются различные типы моделей, включая: – модели поверхностного стока, которые описывают формирование и движение стока по поверхности земли; – модели эрозии почвы, которые предсказывают интенсивность эрозионных процессов, обусловленных воздействием атмосферных осадков; – модели грунтовых вод, которые изучают влияние осадков на уровень грунтовых вод и их движение в подземных горизонтах; – модели геоморфологических процессов, которые исследуют влияние осадков на формирование рельефа, образование оврагов, склонов и других геоморфологических элементов. Были рассмотрены и изучены проблемы валидации и калибровки моделей, а также факторы неопределенности, связанные с вариабельностью атмосферных осадков. Результаты исследования позволяют лучше понять взаимодействие атмосферных осадков с гидролитосферой и представить возможности использования математического моделирования для прогнозирования гидролитосферных процессов и разработки стратегий управления водными ресурсами. Статья имеет важное значение для понимания и управления гидролитосферными процессами в условиях изменяющегося климата. Математическая модель, разработанная в статье, может быть использована для оценки потенциальных последствий изменения количества и характера осадков, а также для разработки стратегий адаптации для смягчения этих последствий.

Гидролитосферные процессы; атмосферные осадки; математическое моделирование; грунтовые воды; эрозионные процессы.