

А. М. Гилева^{1}, П. Ю. Бугаков¹*

Разработка системы автоматизированного тестирования программного кода для учебного процесса по дисциплине «Языки программирования»

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: gileva_alexandra2001@mail.ru

Аннотация. В статье представлены основные результаты разработки системы автоматизированного тестирования программного кода для учебного процесса по дисциплине «Языки программирования». Выполнен анализ предметной области, определены проблематика, поставлены цель и задачи. Серверная часть системы представлена базой данных, функционирующей под управлением СУБД MySQL. Клиентская часть системы реализована в виде веб-приложения на языке программирования, написанного на языке PHP с использованием фреймворка Laravel. Верстка страницы веб приложения выполнена с помощью HTML, CSS, языка программирования JavaScript, фреймворка Bootstrap. Программный код, предназначенный для тестирования, загружается в систему и выполняется с помощью системы исполнения программного кода с открытым исходным кодом Judge0. Разработанная программная система может найти применение для тестирования консольных приложений студентов, созданных в рамках лабораторных работ по дисциплине «Языки программирования», а также для отслеживания преподавателями результатов работы обучающихся.

Ключевые слова: Тестирование программного кода, веб-приложение, Laravel, автоматизация, учебный процесс

А. М. Gileva^{1}, P. Yu. Bugakov¹*

Development of a System for Automated Testing of Program Code for the Educational Process in the Discipline "Programming Languages"

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: gileva_alexandra2001@mail.ru

Abstract. The article presents the main results of the development of a system of automated testing of program code for the educational process in the discipline "Programming languages". The analysis of the subject area is carried out, the problems are defined, the purpose and tasks are set. The server part of the system is represented by a database operating under the control of the MySQL database management system. The client part of the system is implemented as a web application in a programming language written in PHP using the Laravel framework. The layout of the web application page is made using HTML, CSS, JavaScript programming language, Bootstrap framework. The program code intended for testing is loaded into the system and executed using the open source program code execution system Judge0. The developed software system can be used for testing students' console applications created as part of laboratory work on the discipline "Programming Languages", as well as for teachers to track the results of students' work.

Keywords: Program code testing, web application, Laravel, automation, educational process

Введение

В настоящее время подготовка студентов в области информационных технологий и программирования является одним из наиболее приоритетных направлений в образовании. Нарботка у студентов профессионального навыка решения реальных задач в сфере разработки программного обеспечения предполагает интенсивную практику по написанию программ с использованием современных языков программирования. При этом проверка корректности кода и тестирование программ, написанных студентами в рамках выполнения лабораторных работ, составляет значительную часть работы преподавателя в процессе проведения учебной дисциплины. В связи с этим возникает необходимость в автоматизации тестирования программного кода с целью ускорения принятия практических работ у студентов очной и заочной формы обучения по дисциплинам, связанным с изучением языков программирования и технологиями разработки программного обеспечения.

Существует ряд программных решений, которые способны облегчить и, в некоторой степени, автоматизировать процесс проверки практических работ обучающихся.

Платформа Stepik позволяет создавать курсы, содержащие обучающий материал и задачи на языке программирования, который может выбрать создатель курса. Созданный курс становится доступным для прохождения пользователями платформы, при этом решения задач будут проверяться автоматически. Однако, в рамках бесплатного тарифа, предлагаемого платформой Stepik, преподаватель не сможет отследить прогресс прохождения курса обучающимися.

LeetCode предоставляет возможность автоматизировать проверку решений задач обучающихся, однако учебно-справочный материал, предоставляемый платформой, не доступен для редактирования. Платформа LeetCode является коммерческой, все сервисы, за исключением демонстрационных, предоставляются пользователям на платной основе. Поддержки русского языка нет.

Англоязычная платформа Project Euler имеет встроенную базу задач, которые могут проверяться автоматически, при этом создание собственных задач и просмотр результатов их решения обычным пользователям платформы не доступно.

Таким образом, поиск открытой платформы с поддержкой русского языка, обеспечивающей возможность самостоятельно формировать курсы по программированию и автоматизированно тестировать написанные обучающимися программы, не дал результатов.

Для решения данной проблемы была поставлена цель: разработать систему автоматизированного тестирования программного кода для учебного процесса по дисциплине «Языки программирования», позволяющую преподавателям формировать комплекты заданий на написание программ и тестов для их проверки, а также отслеживать процесс прохождения учебного курса студентами.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:
– выполнить анализ предметной области;

- определить функционал системы;
- осуществить подбор инструментов для реализации системы;
- спроектировать базу данных;
- создать макеты дизайна системы;
- выполнить программную реализацию функционала системы.

Методы и материалы

Для реализации системы был выбран бесплатный фреймворк Laravel [7] для языка программирования PHP [9], который позволяет быстро создавать полнофункциональные веб-приложения [2, 3]. Основным преимуществом фреймворка является MVC архитектура, которая позволяет создавать модели и миграции для удобной и безопасной работы с базой данных, контроллеры для реализации бизнес-логики системы, и представления для отображения функционала пользователю. Также данный фреймворк имеет встроенный механизм аутентификации и валидации, что позволяет ускорить разработку. Проект, созданный с использованием Laravel, может легко масштабироваться, а шаблонизатор blade позволяет использовать один и тот же шаблон в разных компонентах приложения.

Для работы с базой данных была выбрана производительная бесплатная СУБД MySQL [1, 8], которая тесно связана с разработкой веб-приложений на языке программирования PHP.

Код обучающихся исполняется системой с открытым исходным кодом Judge0 [6], которая позволяет выполнять консольные приложения на различных языках программирования с входными данными, в том числе на языке C++. Judge0 возвращает результат работы программного кода, который можно сравнить с необходимым для правильного решения ответом.

Результаты

Процесс разработки веб-приложения был разделен на несколько этапов:

- 1) определение функционала пользователей системы;
- 2) формирование архитектуры базы данных
- 3) разработка пользовательского интерфейса;
- 4) реализация функционала для пользователей.

Рассмотрим принцип функционирования веб-приложения. Преподаватели и студенты регистрируются в системе. Преподаватели создают курс, выбирают язык программирования, добавляют теоретический материал, задачи и тесты к этим задачам – входные и выходные данные, которые являются необходимыми данными для проверки решений задач студентов. Студенты добавляют в изучение необходимые курсы, просматривают теоретический материал, решают задачи. Система проверяет правильность решения задач, выдает результат студентам. При правильном решении, в базу данных вносится информация о том, когда студент решил ту или иную задачу. Далее преподаватель просматривает результат прохождения созданных им курсов по группам студентов или персонально. Концептуальная модель функционирования системы показана на рис. 1.



Рис. 1. Концептуальная модель функционирования системы

Следующим шагом в реализации системы является создание архитектуры базы данных с помощью СУБД MySQL. ER-диаграмма базы данных представлена на рис. 2.

Таблица «groups» содержит информацию о списке групп университета. Таблица «users» содержит информацию о пользователях, таблица «courses» содержит информацию о данных о курсах, созданных преподавателями. «Languages» хранит информацию о списке языков программирования, которые могут использоваться для создания курса. «Student_courses» хранит информацию о курсах, которые проходят студенты. «Contents» содержит информацию о теории задачах, созданных преподавателями. «Student_course_tasks» хранит информацию о выполненных студентами задачах. «Tests» хранит информацию о тестах к задачам, созданным преподавателями.

Далее с помощью HTML, CSS [3], JavaScript [4] и фреймворка bootstrap [5] был разработан пользовательский интерфейс для преподавателей и студентов, а также реализован функционал системы. Примеры, показывающие общий вид пользовательского интерфейса клиентской части системы, а также некоторые элементы ее функционала показаны на рис. 3–7.

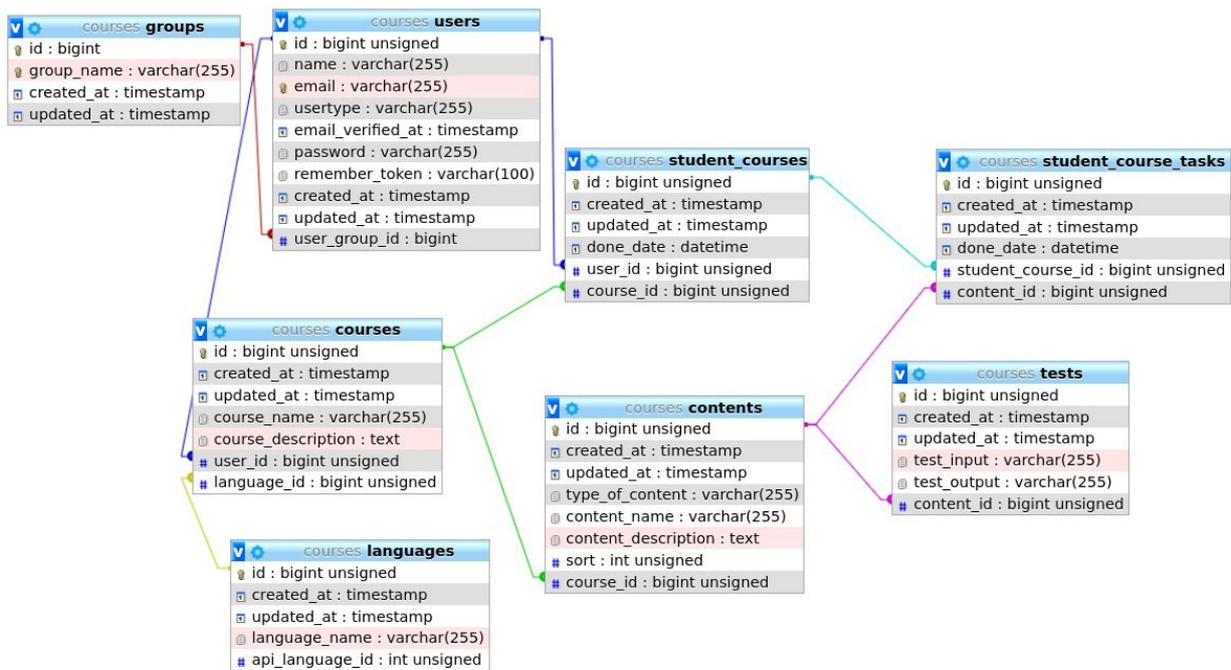


Рис. 2. ER-диаграмма базы данных

The screenshot shows the registration interface for SSUGT Courses. The form is titled "Регистрация" and includes the following fields:

- ФИО (Full Name)
- Email
- Вы являетесь (You are): Студентом (Student) - dropdown menu
- Ваша группа: (Your group): Выберите значение (Select value) - dropdown menu
- Пароль (Password)
- Повторите пароль (Repeat password)

A "Регистрация" button is located at the bottom of the form. The top right corner of the page contains a "Войти" (Login) link.

Рис. 3. Регистрация пользователей

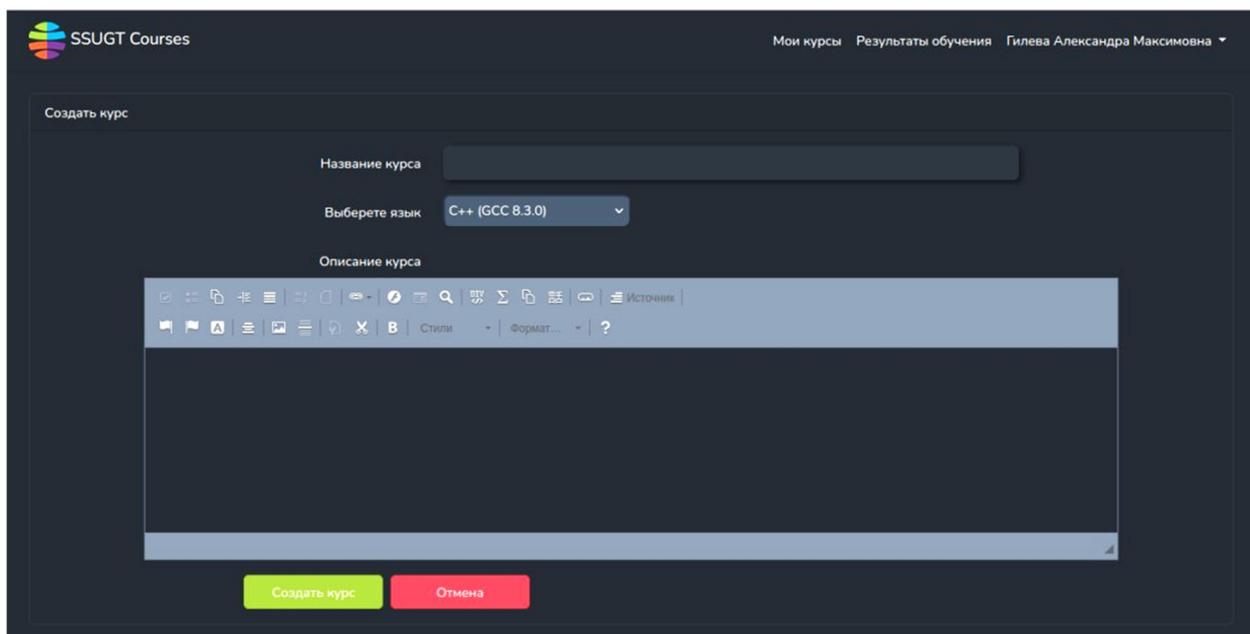


Рис. 4. Окно создания курса

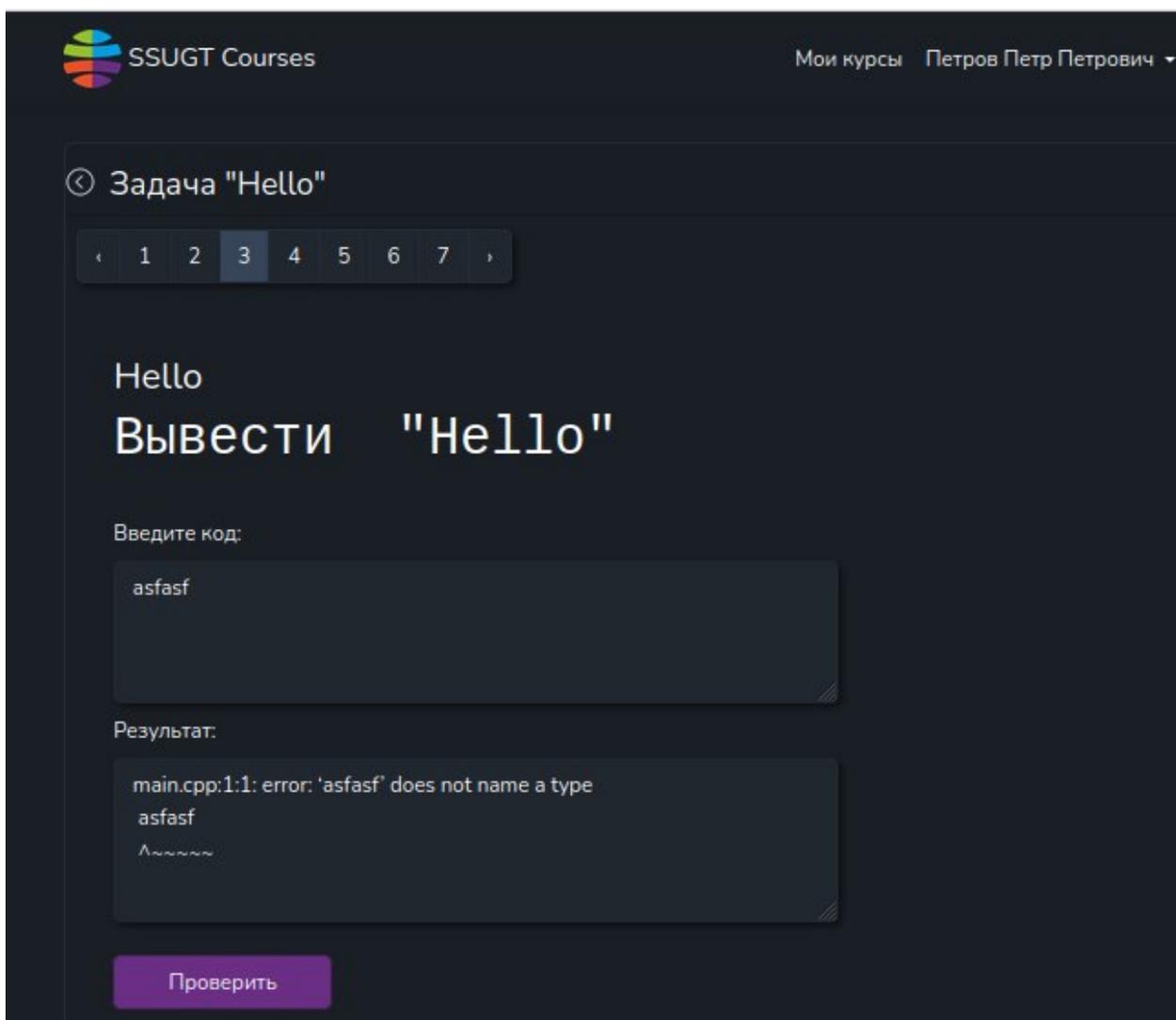


Рис. 5. Пример тестирования решения элементарной задачи

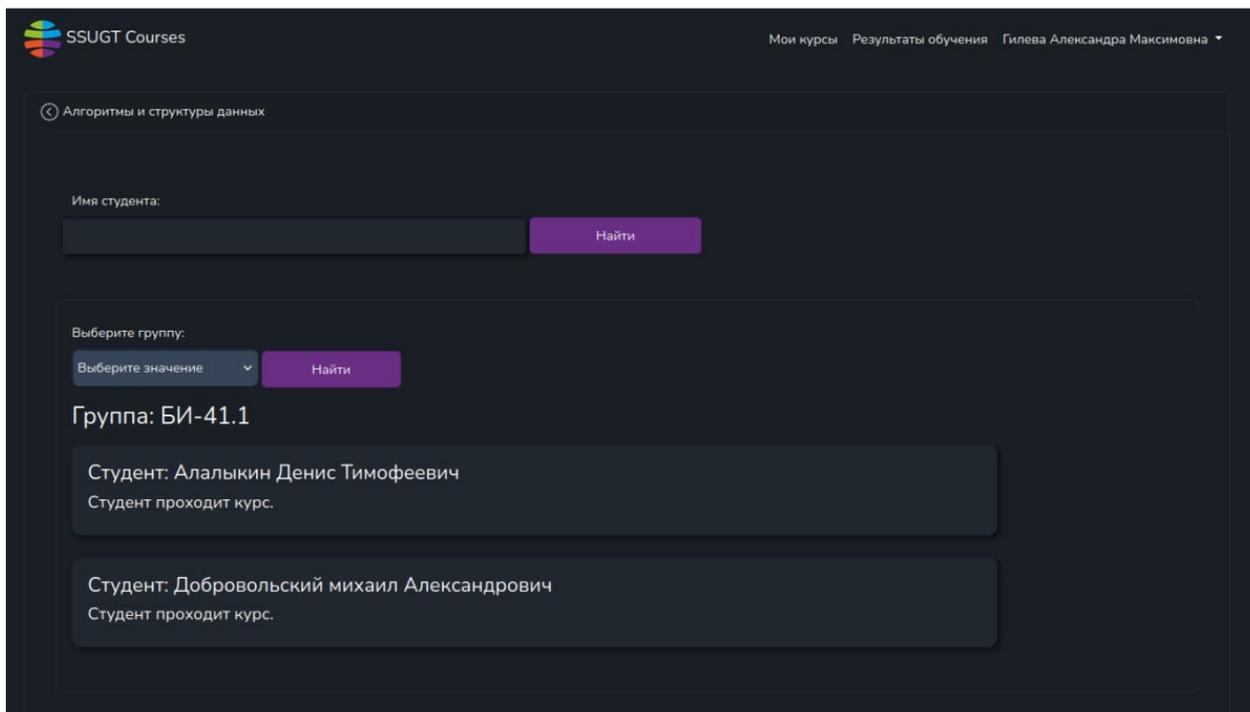


Рис. 6. Просмотр успеваемости группы

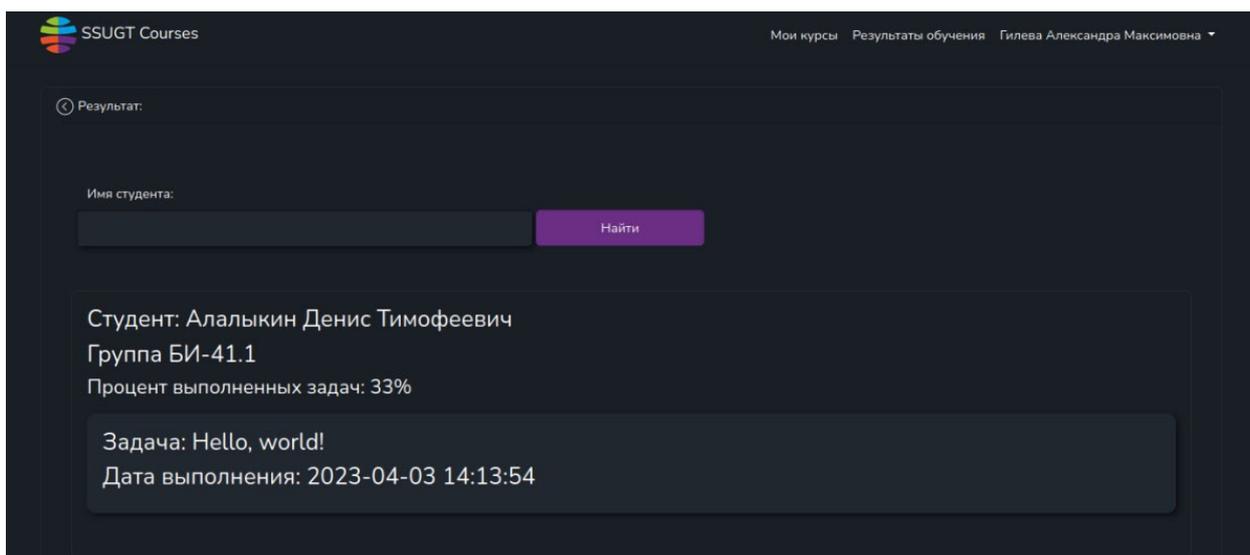


Рис. 7. Просмотр успеваемости одного студента

Заключение

В результате выполненных работ была разработана система автоматизированного тестирования программного кода для учебного процесса по дисциплине «Языки программирования» путем решения следующих задач:

- определен функционал пользователей системы;
- сформирована архитектура базы данных;
- разработан пользовательский интерфейс;

– реализован функционал для пользователей.

Разработка поможет преподавателям качественно оценить работы студентов и сэкономить время на проверку кода обучающихся на занятии.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Сибирскому государственному университету геосистем и технологий, в частности, кафедре прикладной информатики и информационных систем, а также центру трансфера и технологий за информационную поддержку и предоставление возможности проведения разработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных, 8-е издание.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. — 1328 с.: ил. — Парал. тит. англ.
2. Дэвид Скляр. Изучаем PHP 7: руководство по созданию интерактивных веб-сайтов. : Пер. с англ. — СПб. : ООО «Альфа-книга», 2017. — 464 с. : ил. — Парал. тит. Англ.
3. Никсон Р. Создаем динамические веб-сайты с помощью PHP, MySQL, JavaScript, CSS и HTML5. 4-е изд. — СПб.: Питер, 2016. — 768 с.: ил. — (Серия «Бестселлеры O'Reilly»).
4. Эрик Фримен, Элизабет Робсон. Изучаем программирование на JavaScript. — СПб.: Питер, 2015. — 640 с.: ил. — (Серия «Head First O'Reilly»).
5. Bootstrap // Bootstrap team. – Режим доступа: <https://getbootstrap.com/docs/5.3/getting-started/introduction/> (дата обращения: 15.04.2023).
6. Judge0 // Judge0. – Режим доступа: <https://ce.judge0.com/> (дата обращения: 10.03.2023).
7. Laravel // Laravel LLC. – Режим доступа: <https://laravel.com/docs/10.x> (дата обращения: 14.02.2023).
8. MySQL Documentation // Oracle. – Режим доступа: <https://dev.mysql.com/doc/> (дата обращения: 20.02.2023).
9. PHP Manual // The PHP Group. – Режим доступа: <https://www.php.net/manual/en/> (дата обращения: 05.01.2023).

© А. М. Гилева, П. Ю. Бугаков, 2023