

УДК 65.011.56:622.3 © И.С. Полевщиков^{1,2}, В.А. Каргин¹,
Е.М. Бесфамильная¹, 2026

UDC 65.011.56:622.3 © I.S. Polevshchikov^{1,2}, V.A. Kargin¹,
E.M. Besfamilnaya¹, 2026

¹ ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет»,
125080, г. Москва, Россия

¹ Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH),
Moscow, 125080, Russian Federation

² ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет» (ПНИПУ), 614990, г. Пермь, Россия

² Perm National Research Polytechnic University,
Perm, 614990, Russian Federation,

✉ e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru

✉ e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru

Автоматизация контроля обучения персонала промышленных объектов навыкам работы на электромеханических установках*

Automation of training control for industrial facility personnel regarding their skills in operating electromechanical equipment

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-5-104-109>

ПОЛЕВЩИКОВ И.С.

Канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры «Информатика и вычислительная
техника пищевых производств»,
доцент кафедры «Автоматизированные системы
управления биотехнологическими процессами»,
ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет»,
125080, г. Москва, Россия,
доцент кафедры «Информационные технологии
и автоматизированные системы»,
ФГАОУ ВО «ПНИПУ»,
614990, г. Пермь, Россия,
e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru

КАРГИН В.А.

Доктор техн. наук, доцент, профессор кафедры
«Автоматизированные системы управления
биотехнологическими процессами»,
ФГБОУ ВО «Российский
биотехнологический университет»,
125080, г. Москва, Россия

БЕСФАМИЛЬНАЯ Е.М.

Канд. пед. наук, доцент кафедры
«Информатика и вычислительная
техника пищевых производств»,
ФГБОУ ВО «Российский
биотехнологический университет»,
125080, г. Москва, Россия

Исследование посвящено развитию средств автоматизации контроля навыков у персонала промышленных объектов, в частности в горнодобывающей отрасли. Разработана методика моделирования предметной области деятельности персонала на электрооборудовании для реализации универсальной автоматизированной системы контроля (АСК) знаний и навыков в форме упражнений. Методика основана на построении диаграмм объектов и состояний UML для формализации и визуализации представления работы персонала на электрооборудовании с целью создания соответствующих упражнений в АСК. Показаны модели в общем виде и примеры моделей упражнения по установке или выполнению последовательности действий с электромеханическим оборудованием погрузочно-разгрузочной машины. Методика моделирования позволяет гибко настраивать упражнения в АСК с учетом аспектов профессиональной деятельности специалистов применительно к конкретным изучаемым дисциплинам и специфике работы определенных предприятий в условиях возможных изменений, связанных с импортозамещением и постоянным развитием технологий. В зависимости от целей и методик обучения персонала производится выбор платформы для программно-аппаратной реализации АСК на базе описанной методики. Рассмотрен пример реализации в форме веб-приложения статического тренажера по работе на электромеханическом оборудовании перегрузочной ма-

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-79-10162, <https://rscf.ru/project/23-79-10162/>.

шины. Подобный тренажер в простейшем случае не подразумевает применение компьютерной графики для имитации реальных процессов на электрооборудовании. Более сложный вариант реализации, но максимально реалистичный с точки зрения реального производственного процесса, включает применение 3D-моделей и технологий VR/AR для воспроизведения работы на электрооборудовании.

Ключевые слова: электромеханические установки, автоматизированные системы контроля (АСК), диаграммы UML, автоматизация обучения персонала, погрузочно-разгрузочные машины, горная промышленность, угольная промышленность.

Для цитирования: Полевщиков И.С., Каргин В.А., Бесфамильная Е.М. Автоматизация контроля обучения персонала промышленных объектов навыкам работы на электромеханических установках // Уголь. 2026;(5):104-109. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-5-104-109.

Abstract

This study focuses on the development of tools for automating the personnel skill control at industrial facilities, particularly in the mining industry. A methodology has been developed for modeling the domain of personnel activities related to electrical equipment to implement a universal Automated Control System (ACS) to assess knowledge and skills through exercises. The methodology is based on construction of the UML object and state diagrams to formalize and visualize the representation of personnel work on electrical equipment with the aim to create corresponding exercises in the ACS. General models and examples of the exercise models are presented for setting up or performing a sequence of actions with the electromechanical equipment of a load-haul-dump machine (LHD). The modeling methodology provides flexible configuration of exercises in the ASC, taking into account aspects of specialists' professional activities as they relate to specific areas of study and the specific features of operation at certain companies in conditions of potential changes associated with the import substitution and continuous development of technologies. Depending on the objectives and methods of personnel training, a platform is selected for the hardware and software implementation of the Automated Control System based on the described methodology. This paper discusses an example of a web application designed as a static simulator for operating electromechanical equipment of a load-haul-dump machine (LHD). In its simplest form, such a simulator does not envisage the use of computer graphics to simulate real-world processes in the electrical equipment. A more complex implementation, but one that is as realistic as possible in terms of the actual production process, involves the use of 3D models and VR/AR technologies to simulate operations on electrical equipment.

Keywords

Electromechanical devices, Automated Control Systems (ACS), UML diagrams, automation of personnel training, load-haul-dump machines, mining industry, coal industry.

Acknowledgements

The research was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 23-79-10162, <https://rscf.ru/project/23-79-10162/>.

For citation

Polevshchikov I.S., Kargin V.A., Besfamlnaya E.M. Automation of training control for industrial facility personnel regarding their skills in operating electromechanical equipment. *Ugol*. 2026;(5):104-109. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-5-104-109.

ВВЕДЕНИЕ

Решение задач импортозамещения и технологического суверенитета во многих отраслях экономики, в частности в горной промышленности, включает как одну из важных подзадач качественное обучение и профессиональную переподготовку кадров за ограниченное время. Существенным аспектом с учетом обозначенных факторов является снижение трудоемкости составления и модернизации учебных курсов, в том числе при изменении методики обучения и используемого на предприятии электрооборудования.

Информационные системы (ИС) различного назначения, применяемые для автоматизации профессиональной подготовки специалистов технических профилей, в том числе для освоения и контроля знаний и навыков работы на электрооборудовании, позволяют улучшить определенные аспекты учебного процесса. Среди подобных ИС отметим платформу дистанционного обучения Moodle, обладающую широкими функциональными возможностями для тестирования знаний обучаемых [1, 2, 3], а также тренажеры для освоения специалистами и контроля навыков работы на определенном оборудовании в области электротехники и энергетики [4, 5, 6].

Актуальной задачей является разработка методики моделирования предметной области деятельности персонала промышленных объектов на электрооборудовании для реализации универсальной автоматизированной системы контроля (АСК) знаний и навыков в форме упражнений. Методика моделирования должна быть инвариантна к требуемой платформе реализации программного обеспечения АСК и аспектам профессиональной деятельности специалистов применительно к конкретным изучаемым дисциплинам и специфике работы определенных предприятий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения задач исследования были использованы: методы построения диаграмм объектов и состояний UML [7, 8, 9] для формализации представления работы персонала промышленных объектов на электрооборудовании и моделирования упражнений в АСК; методы программной реализации АСК на основе веб-приложений.

В общем виде онтологическую модель работы персонала для упражнения в АСК, заключающегося в выполнении последовательности задач, представим графом

$G_{ont.} = \langle U_{ont.}, E_{ont.} \rangle$, где $U_{ont.} = \{u_i \mid i = \overline{1, N_{obj.}}\}$ – множество

элементов упражнения, $E_{ont.} = \{e_j \mid j = \overline{1, N_{rel.}}\}$ – множество связей (дуг) между элементами упражнения.

Здесь $U_{ont.} = U_{act.} \cup U_{sub.} \cup U_{par.} \cup U_{ch.}$

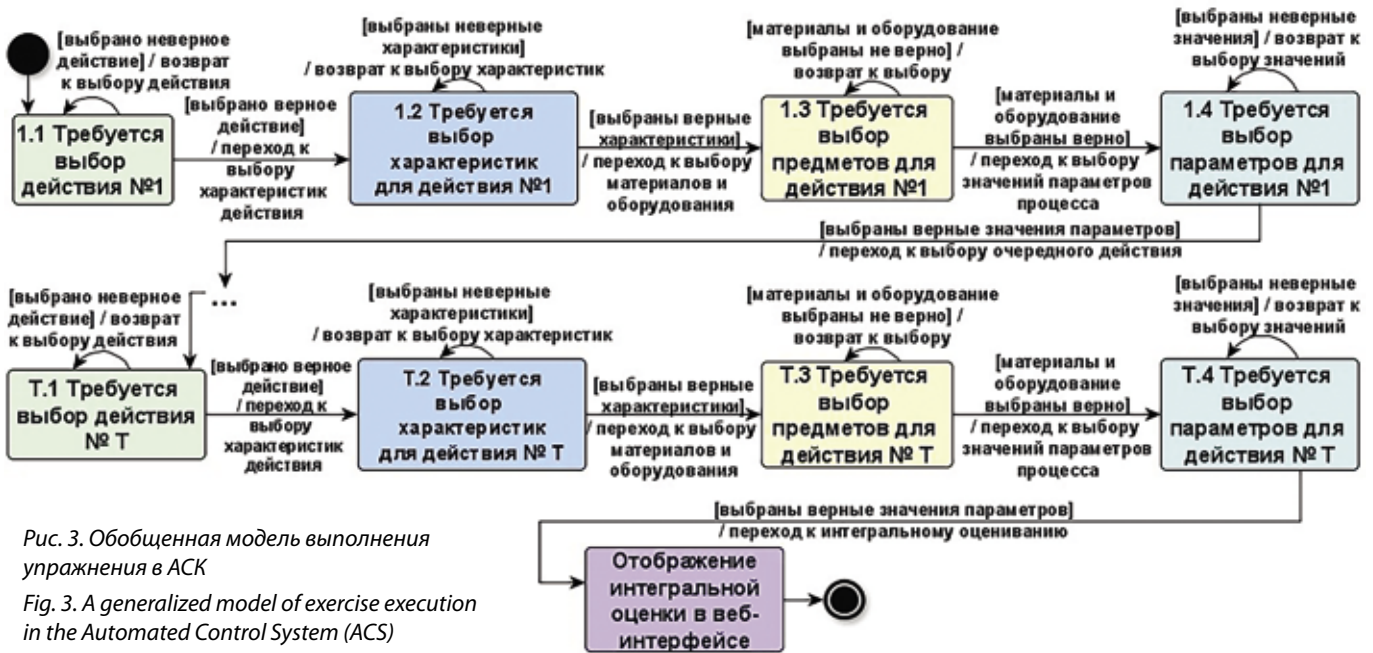


Рис. 3. Обобщенная модель выполнения упражнения в АСК

Fig. 3. A generalized model of exercise execution in the Automated Control System (ACS)

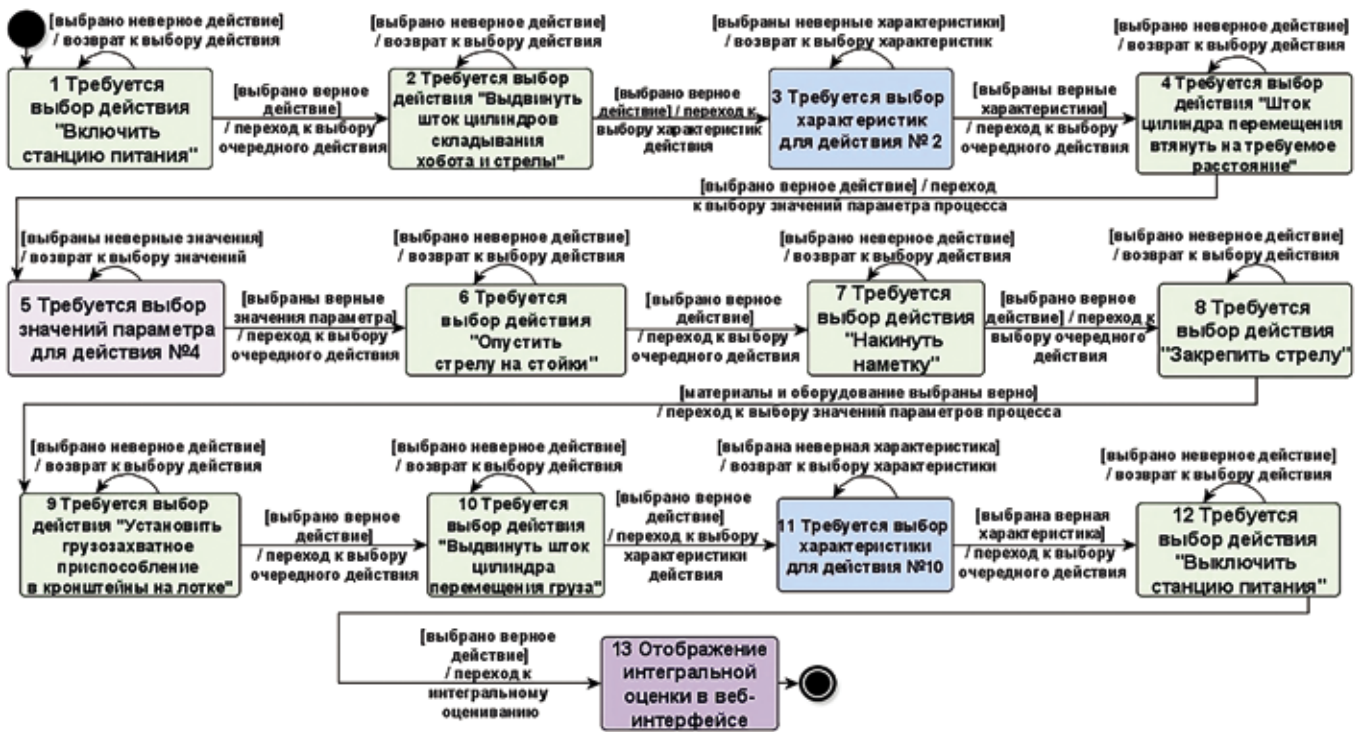


Рис. 4. Модель выполнения упражнения по работе на электромеханической установке (на примере погрузочно-разгрузочной машины)

Fig. 4. A model of exercise execution on electromechanical equipment (using a load-haul-dump machine (LHD) as an example)

В модели учтены требования (см. рис. 4) к повторению задач, выполненных полностью или частично некорректно (с отличиями от эталонной последовательности действий, их параметров и характеристик). Различные вариации числа и содержания состояний в моделях, подобных рис. 4, их взаимосвязей, условий переходов из состояния в состояние определяются требованиями к методике контроля персонала, рекомендуемому уровню сложности выполнения упражнений.

Модели выполнения упражнений, подобные (см. рис. 2, 4), могут использоваться для программной реализации в АСК упражнений различных уровней сложности и степени подобию реальным производственным процессам на электрооборудовании. Для оперативного проведения контроля знаний последовательности действий на оборудовании и специфики этих действий подходящей формой программно-аппаратной реализации является мобильное приложение или веб-приложение [8].

Для достижения эффекта погружения в реальную рабочую среду и лучшего формирования навыков требуется реализация программного приложения на основе технологий 3D-моделирования, VR/AR [10, 11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одной из возможных форм программной реализации АСК, выбранной для разработанного прототипа ПО, является веб-приложение, позволяющее оперативно провести контроль знаний и начальных навыков, если не требуется применение макетов и моделей реального электрооборудования. Функциональные возможности прототипа рассмотрим на примере упражнения согласно визуальной модели (см. рис. 4).

Первое действие в последовательности, а именно включение станции питания, выбрано обучаемым верно, что отображено в веб-интерфейсе на рис. 5, слева. Доступен

выбор из восьми оставшихся действий. После верного выбора второго действия, дополнительно требуется указать две характеристики действия, как показано на рис. 5, справа.

Интерактивное взаимодействие АСК и обучаемого включает индикацию неверного решения задач, в частности выбора неверных действий (рис. 6, слева), неверных значений параметров или характеристик действий (рис. 6, справа). При интегральном оценивании результатов подобных упражнений учитывается «информационный след» обучаемого в АСК, а именно число верно и неверно выполненных итераций (попыток) выполнения каждой задачи в упражнении [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана методика моделирования предметной области деятельности персонала промышленных объектов (в частности, в горнодобывающей отрасли) на электрооборудовании для реализации универсальной АСК знаний и навыков в форме упражнений. Методика основана на построении диаграмм объектов и состояний UML для формализации и визуализации представления работы персонала на электрооборудовании с целью создания соответствующих упражнений в АСК. Показаны модели упражнения по установке или выполнению последовательности действий с электромеханическим оборудованием погрузочно-разгрузочной машины.

Методика моделирования позволяет гибко настраивать упражнения в АСК с учетом аспектов профессиональной деятельности специалистов применительно к конкретным изучаемым дисциплинам и специфике работы определенных предприятий в условиях возможных изменений, связанных с импортозамещением и постоянным развитием технологий.

В зависимости от целей и методик обучения персонала производится выбор платформы для программно-аппаратной реализации АСК на базе описанной методики. Рассмотрен пример реализации в форме веб-приложения статического тренажера по работе на электромеханическом оборудовании перегрузочной машины. Подобный тренажер в простейшем случае не подразумевает применение компьютерной графики для имитации реальных процессов на электрооборудовании. Более сложный вариант реализации, но максимально реалистичный с точки зрения реального производственного процесса, включает применение 3D-моделей и тех-



Рис. 5. Веб-интерфейсы с корректным выбором действий и их характеристик
 Fig. 5. Web interfaces with correct selection of actions and their characteristics



Рис. 6. Веб-интерфейсы с некорректным выбором действий и их характеристик
 Fig. 6. Web interfaces with incorrect selection of actions and their characteristics

нологий VR/AR для воспроизведения работы на электрооборудовании. Наиболее эффективным решением при разработке программного обеспечения АСК является интеграция ее программных модулей с действующей информационной системой для автоматизации учебного процесса в вузе, техникуме или другой организации.

Список литературы • References

1. Тугашова Л.Г. Разработка электронного учебного курса по моделированию систем управления // Системный анализ в науке и образовании. 2021. № 4. С. 107-112.
Tugashova L.G. Development of an electronic training course on control system modeling. *Sistemnyj analiz v nauke i obrazovanii*. 2021;(4):107-112. (In Russ.).
2. Использование современных интерактивных образовательных технологий при подготовке кадров для электроэнергетики / Ю.В. Коновалов, А.Е. Вайгачев, А.Е. Тихонова и др. // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2019. № 13. С. 295-298.
Konovalov Yu.V., Vaigachev A.E., Tikhonova A.E., Baranov V.B. Use of modern interactive educational technologies in preparation of personnel for electric power. *Vestnik Angarskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*. 2019;(13):295-298. (In Russ.).
3. Ткачева Т.М., Смык А.Ф. Опыт использования «LMS Moodle» для обучения физике // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2021. № 4. С. 60-75.
Tkacheva T.M., Smyk A.F. Experience of the LMS Moodle use for teaching physics. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: pedagogika*. 2021;(4):60-75. (In Russ.).
4. Тренажер виртуальной реальности для обучения персонала проведению работ в электроустановках / А.Н. Бронников, Т.Ф. Коноплев, И.С. Токарев и др. // Газовая промышленность. 2023. № 53. С. 88-90.
Bronnikov A.N., Konoplev T.F., Tokarev I.S., Ivashchenko V.A., Zakharov G.A. A virtual reality simulator for training personnel to perform work on electrical installations. *Gazovaya promyshlennost'*. 2023;(53):88-90. (In Russ.).
5. Хисматуллин А.С., Фахуртдинов И.Р., Сафиканов Э.И. Разработка виртуального тренажера синхронного электродвигателя // Components of Scientific and Technological Progress. 2025. № 4(106). С. 58-64.
Khismatullin A.S., Fahurtdinov I.R., Safikanov E.I. Development of a virtual simulator for a three-phase synchronous electric motor. *Components of Scientific and Technological Progress*. 2025;4(106): 58-64. (In Russ.).
6. Путилова И.В., Ленева С.Н., Куприянов С.Г. Использование технологий 3D-моделирования и виртуальной реальности для повышения эффективности обучения персонала ПАО «Мосэнерго» // Газовая промышленность. 2024. № 10(872). С. 68-73.
Putilova I.V., Lenev S.N., Kupriyanov S.G. Using 3D modeling and virtual reality technologies to improve the efficiency of personnel training at Mosenergo. *Gazovaya promyshlennost'*. 2024;10(872): 68-73. (In Russ.).
7. Николаенко Д.В., Николаенко В.Л., Сеница В.С. Информационные системы и технологии в управлении транспортным потоком // Вести Автомобильно-дорожного института. 2021. № 1. С. 56-66.
Nikolaenko D.V., Nikolaenko V.L., Sinitsa V.S. Information systems and technologies in the traffic control. *Vesti Avtomobil'no-dorozhnogo instituta*. 2021;(1):56-66. (In Russ.).
8. Полевщиков И.С. Моделирование и автоматизированный контроль выполнения упражнений на тренажерном комплексе для обучения операторов технологических установок на основе объектно-ориентированного подхода // Уголь. 2025;(7):62-70. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-7-62-70.
Polevshchikov I.S. Modeling and automated control of exercise performance in a training complex for training process plant operators based on an object-oriented approach. *Ugol'*. 2025;(7):62-70. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-7-62-70.
9. Полевщиков И.С., Таирова Л.Р. Концептуальные основы тренажерной системы для обучения специалистов по автоматизации производственных процессов решения оптимизационных задач // Уголь. 2025;(9):49-55. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-9-49-55.
Polevshchikov I.S., Tairova L.R. Conceptual foundations of an information system for training specialists in automation of production processes to solve optimization problems. *Ugol'*. 2025;(9):49-55. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-9-49-55.
10. Применение AR/VR-технологий при подготовке персонала в области промышленной безопасности в горном деле / П.А. Дианов, О.М. Зиновьева, А.М. Меркулова и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № S1-1. С. 3-15.
Dianov P.A., Zinovieva O.M., Merkulova A.M., Smirnova N.A. Application of AR/VR technologies in the training staff on industrial safety in mining. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2021; (S1-1):3-15. (In Russ.).
11. Вавенков М.В. VR/AR-технологии и подготовка кадров для горной промышленности // Горные науки и технологии. 2022. Т. 7. № 2. С. 180-187.
Vavenkov M.V. VR/AR technologies and staff training for mining industry. *Gornye nauki i tehnologii*. 2022;7(2):180-187. (In Russ.).

Authors Information

Polevshchikov I.S. – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Informatics and Computer Engineering for Food Production, Associate Professor of the Department of Automated Control Systems for Biotechnological Processes, Russian Biotechnological University, Moscow, 125080, Russian Federation, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Automated Systems, Perm National Research Polytechnic University, Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru

Kargin V.A. – Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Automated Systems for Biotechnology Process Control, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, 125080, Russian Federation

Besfamilnaya E.M. – PhD (Pedagogical), Associate Professor of the Department of Informatics and Computer Engineering for Food Production, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, 125080, Russian Federation

Информация о статье

Поступила в редакцию: 28.10.2025

Поступила после рецензирования: 16.04.2026

Принята к публикации: 30.04.2026

Paper info

Received October 28, 2025

Reviewed April 16, 2026

Accepted April 30, 2026