

Научная статья

УДК 377.169.3

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-3-37-43

**РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ
УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКОЙ****Иван Иванович Курбаков¹, Александр Павлович Иншаков²✉, Алексей Николаевич Кувшинов³,****Виталий Олегович Дронов⁴, Мария Сергеевна Курбакова⁵**^{1, 2, 3, 4} Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, Саранск, Россия⁵ ООО «Комплексные методы измерения», Саранск, Россия¹ mrsu2@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1877-1896>² kafedra_mes@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-2397-5826>³ mesmgu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5367-264X>⁴ dekameron2002@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-0629-7487>⁵ kmisaransk@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-7149-2536>

Резюме. Целью исследования является разработка многофункционального тренажера, построенного на модульной основе с высокой степенью унификации, способствующего росту эффективности и повышению качества подготовки специалистов агропромышленного комплекса. Для решения поставленной цели исследована специфика формирования технологических умений и навыков в условиях сельскохозяйственного производства, проведен анализ функциональных свойств существующих тренажеров для подготовки специалистов в АПК, обоснован оптимальный вариант построения учебного тренажера и реализована совместная работа технических средств и специализированных компьютерных программ. При разработке тренажера использовались штатные блоки управления сельскохозяйственными машинами кормоуборочного комбайна Дон-680М, РСМ F2650 и зерноуборочного комбайна ACROS 530/580, устройства Logitech G923, в Logitech G Saitek Pro Flight Throttle Quadrant, персональный компьютер HP 255. Для проектирования конструктивной схемы использована программа КОМПАС-3D. В качестве специализированного программного обеспечения были применены программы «SIM CRAFT» и Farming Simulator. Для реализации совместной работы компьютера тренажера и модулей управления был разработан механизм их взаимодействия. Разработан экспериментальный образец тренажера для подготовки специалистов рабочих профессий и отработке навыков эффективного производства. Проведена работа по тестированию тренажера в учебном центре подготовки специалистов института механики и энергетики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», студентами, осваивающими направление подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» в рамках освоения рабочей профессии по программе подготовки «Тракторист-машинист сельскохозяйственного производства категории ВСДФ». В результате использования тренажера было достигнута лучшая адаптация обучающихся к практическим упражнениям, более уверенное управление тракторов и комбайнов на реальном трактородроме.

Ключевые слова: тренажер, функциональные свойства, компоновочная схема, конструктивная схема, сельскохозяйственная техника, технологические умения, компетенции вождения

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке федерального государственного бюджетного учреждения «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям). Договор № 15375ГУ/2020.

Для цитирования: Курбаков И. И., Иншаков А. П., Кувшинов А. Н., Дронов В. О., Курбакова М. С. Разработка тренажера для формирования компетенций управления мобильной сельскохозяйственной техникой // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 3. С. 37-43 DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-3-37-43

Original article

**DEVELOPMENT OF A SIMULATOR FOR THE FORMATION OF MOBILE AGRICULTURAL MACHINERY
MANAGEMENT COMPETENCIES****Ivan I. Kurbakov¹, Alexander P. Inshakov²✉, Alexey N. Kuvshinov³, Vitaly O. Dronov⁴, Maria S. Kurbakova⁵**^{1, 2, 3, 4} Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk, Russia⁵ Complex Measurement Methods LLC, Saransk, Russia¹ mrsu2@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1877-1896>² kafedra_mes@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-2397-5826>³ mesmgu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5367-264X>⁴ dekameron2002@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-0629-7487>⁵ kmisaransk@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-7149-2536>

Abstract. The purpose of the research is to develop a multifunctional simulator built on a modular basis with a high degree of unification, contributing to increased efficiency and improved quality of training for specialists in the agro-industrial complex. To achieve this goal, the specifics of the formation of technological skills in agricultural production have been investigated, the functional properties of existing simulators for training specialists in agriculture have been analyzed, the optimal option for building a training simulator has been substantiated, and the collaboration of technical means and specialized computer programs has been implemented. During the development of the simulator, the standard control units for agricultural machines of the Don-680M forage harvester, the FCM F2650 and the ACROS 530/580 combine harvester, Logitech G923 devices, the Logitech G Saitek Pro Flight Throttle Quadrant, and an HP 255 personal computer were used. The COMPASS-3D program was used to design the structural scheme. The SIM CRAFT and Farming Simulator programs were used as specialized software. To implement the collaboration of the simulator computer and control modules, a mechanism for their interaction was developed. The experimental simulator has been developed for training specialists in working professions and developing effective production skills. The work was carried out on testing the simulator at the training center for specialists of the Institute of Mechanics and Power Engineering of the Ogarev Moscow State University, students studying the field of training on 35.03.06 "Agroengineering" as part of the development of a working profession under the training program "Tractor machinist of agricultural production of the BCDF category". As a result of using the simulator, students achieved better adaptation to practical exercises, more confident control of the tractors and combines at a real tractor range.

Keywords: simulator, functional properties, layout diagram, design diagram, agricultural machinery, technological skills, driving competencies

Acknowledgements: *The research was carried out with the financial support of the federal State budgetary institution "Fund for Assistance to the Development of Small Forms of Enterprises in the Scientific and Technical sphere" (Fund for Assistance to Innovations). Agreement No. 15375GU/2020.*

For citation: Kurbakov, I. I., Inshakov, A. P., Kuvshinov, A. N., Dronov, V. O. & Kurbakova, M. S. (2025). Development of a simulator for the formation of mobile agricultural machinery management competencies. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 3, 37-43 (in Russian). DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-3-37-43](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2025-10-3-37-43)

Предметом труда в АПК является природа (почва, растения, животные) со свойственными ей биологическими законами развития. Рассредоточенность хозяйственных угодий на предприятиях АПК определяет мобильность средств труда (машины, тракторы, комбайны, технологические комплексы). Сегодня для осуществления деятельности в отрасли эксплуатируется 794,3 тыс. единиц техники [1]. Мобильность машин и оборудования в сельском хозяйстве и высокие энергозатраты производственных процессов формируют значительную часть стоимости готовой продукции и является значимым фактором конкурентоспособности предприятий отрасли. Выполнение технологических операций в строго определенной последовательности и в агротехнологические сроки с требуемым качеством выполнения являются важнейшими условиями получения прибыли, при несвоевременной или некачественной выполненной операции имеется риск потери всего урожая, поэтому подготовка и переподготовка специалистов в АПК является важной задачей.

Специфика формирования технологических умений и навыков требует от специалистов АПК владения технологиями, компетенциями в области использования новых образцов машин и оборудования, понимания механизмов образования производственных затрат и путей повышения эффективности использования машин на всех уровнях кадрового обеспечения.

С целью структурирования факторов, влияющих на качество подготовки специалистов была разработана схема (рис. 1), где обозначены и рассмотрены наиболее важные факторы.

Проблема формирования технологических умений и навыков в условиях ограниченности ресурсов, высокой стоимости сельскохозяйственной техники и многообразия технологических операций является существенной.

Цель исследований: разработка многофункционального тренажера, построенного на модульной основе с высокой степенью унификации, способствующего росту эффективности и повышению качества подготовки специалистов АПК.

Задачи исследований: исследование специфики формирования технологических умений и навыков в условиях сельскохозяйственного производства, проведение исследования функциональных свойств существующих тренажеров для подготовки специалистов в АПК; разработка оптимальной компоновочной и конструктивной схемы устройства (тренажера) с проведением рационального выбора программного обеспечения и технических средств обработки, ввода и вывода информации; разработка и отладка механизма взаимодействия модуля управления с компьютером тренажера.

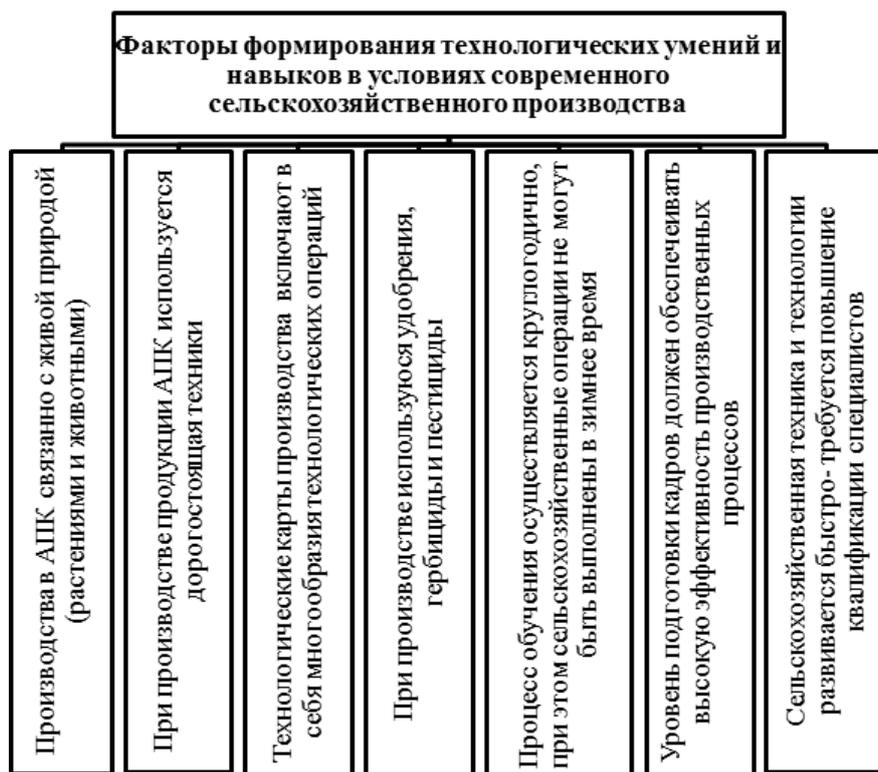


Рис. 1. Специфика формирования технологических умений и навыков в условиях сельскохозяйственного производства

Материал и методы исследований. Для решения поставленной цели необходимо исследовать специфику формирования технологических умений и навыков в условиях сельскохозяйственного производства, провести анализ функциональных свойств существующих тренажеров для подготовки специалистов в АПК, обосновать оптимальный вариант построения учебного тренажера и реализовать совместную работу технических средств и специализированных компьютерных программ. В качестве ПК был выбран ноутбук HP 255. Для разработки собственных устройств ввода информации были использованы штатные блоки управления сельскохозяйственными машинами кормоуборочного комбайна Дон-680М, РСМ F2650 и зерноуборочного комбайна ACROS 530/580, а также применены устройства Logitech G923 и в Logitech G Saitek Pro Flight Throttle Quadrant. Для проектирования конструктивной схемы использована программа КОМПАС-3D. В качестве специализированного программного обеспечения были применены программы «SIM CRAFT» и Farming Simulator.

Результаты исследований. Исследование специфики сельскохозяйственного производства позволило авторам сделать вывод о необходимости внедрения в образовательный процесс специализированных тренажеров для агропромышленного комплекса (АПК). Основой таких решений является принцип виртуального управления сельскохозяйственной техникой через моделирование на ПК. [2].

Тренажеры позволяют детально изучать новые модели сельхозмашин, их органы управления и технологические процессы. Это способствует глубокому пониманию производственных циклов, формированию профессиональных знаний и навыков, а также ускоренному приобретению квалификации при сравнительно небольших затратах [3].

Анализ функциональных свойств тренажеров показал, что их основная задача — развитие компетенций вождения. Однако для подготовки кадров в АПК критически важна также отработка навыков работы с технологиями производства, включая выполнение операций на всех этапах производства сельскохозяйственных культур.

Большинство существующих тренажеров используют оригинальные органы управления сельхозтехники. Например, симуляторы тракторов часто имитируют кабины моделей МТЗ-82, МТЗ-1221, комбайнов «Акрос» и «Вектор». Это вынуждает образовательные учреждения приобретать по 4 тренажера для охвата программ категорий В, С, D, F. В то же время производители техники (John Deere, Claas, Ростсельмаш и др.) переходят на унифицированные кабинные модули, различающиеся лишь блоками управления. Это открывает возможность создания универсального тренажера, адаптированного под линейку машин одного бренда, с заменяемыми модулями управления и ПО, имитирующим работу всей техники производителя.

Концептуально сегодня тренажеры представлены в трёх вариантах:

1. Настольные тренажеры - компактные, но с ограниченным функционалом.
2. Симуляторы рабочего места) - средний уровень детализации.
3. Кабинные тренажеры - высокая реалистичность, но значительная стоимость [4, 5].

Анализ существующих решений был учтен при обосновании оптимальной структуры и расположения составных частей тренажера для подготовки специалистов в АПК, в процессе исследования были отработаны различные варианты и исполнения, что позволило разработать оптимальный набор блоков компоновочной схемы и определить их взаимосвязи для разрабатываемого тренажера по подготовке специалистов в АПК.

В результате был обоснован вариант построения тренажера с оптимальным расположением элементов. Разработано рабочее место с частичной визуализацией, где в качестве ПК выбран ноутбук с установленным ПО для нескольких сельскохозяйственных машин, в качестве устройства ввода информации использован прототип модуля ввода информации, имитирующего работу органов управления, применены устройства вывода аудио информации (внешние звуковые устройства) и вывода видео информации в первом варианте на монитор во втором варианте на видеопроектор.

Тренажер для подготовки специалистов в АПК в результате позволит обеспечить адаптацию для реализации программ подготовки категорий В, С, D, E, F и реализовывать различные методики обучения в образовательных учреждениях, осуществлять индивидуальные настройки с учетом специфики и индивидуальных требований обучающихся и предоставлять возможность преподавателям по актуализации базы знаний. С учетом этих требований тренажер должен основываться на ПО с открытым сценарием, с возможностью обновления машин и выполнения индивидуальных и уникальных заданий преподавателя, реализующего свои собственные методики обучения [6].

С целью разработки модуля управления тренажером для подготовки специалистов рабочих профессий в агропромышленном комплексе на первоначальном этапе были рассмотрены существующие модели мобильных энергетических средств и самоходных сельскохозяйственных комбайнов различных производителей. В частности наибольшее внимание было уделено изучению кабинных модулей, принципов их построения, расположение органов управления, способов их подключения и взаимосвязи с исполнительными механизмами комбайна или трактора. Было выявлено, что современные сельскохозяйственные машины имеют электрические блоки управления. В большинстве своём блоки управления сосредоточены в области правого многофункционального подлокотника, при этом расположение остальных органов управления, таких как рулевое колесо, педали тормоза, управление климатом, освещением и другими вспомогательными устройствами осуществляется идентичным образом, что позволяет в первую очередь сосредоточить внимание на разработке модуля управления тренажером, в котором сконцентрировано управление технологическим оборудованием сельскохозяйственных машин трактора или комбайна.

На рисунке 2 представлены варианты блоков управления сельскохозяйственными машинами кормоуборочного комбайна Дон-680М, РСМ F2650 и зерноуборочного комбайна ACROS 530/580.



Рис. 2. Модули управления сельскохозяйственными машинами

На рисунке 3 представлены варианты подключения блоков управления в штатных кабинах сельскохозяйственных машин. При этом на первом году реализации проекта было разработан принцип взаимодействия модуля управления с компьютерной моделью тренажера.

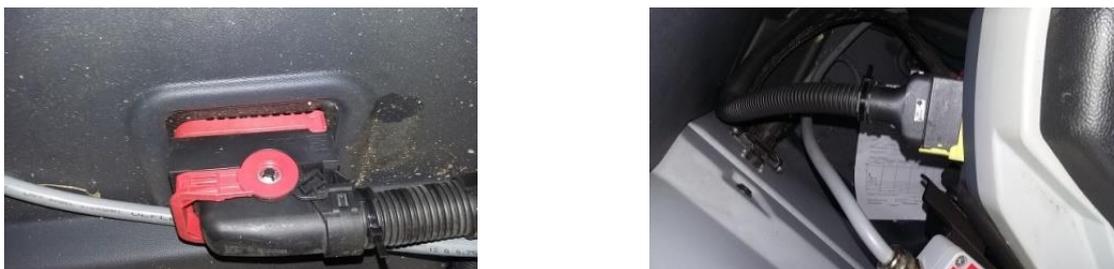


Рис. 3. Варианты подключения модулей управления

Используя принцип взаимодействия модуля управления с компьютерной моделью тренажёра, были разработаны экспериментальные образцы блоков управления трактором и комбайном (рис. 4). Для комбайновой версии была осуществлена отладка блока управления зерноуборочного комбайна Акрос 530/580 на базе штатного ПУ-142-01, ПУ-142-02 как наиболее распространенного варианта.



Рис. 4. Экспериментальные модули управления тренажером

Модули были адаптированы под конструктивную схему тренажера (рис. 5).

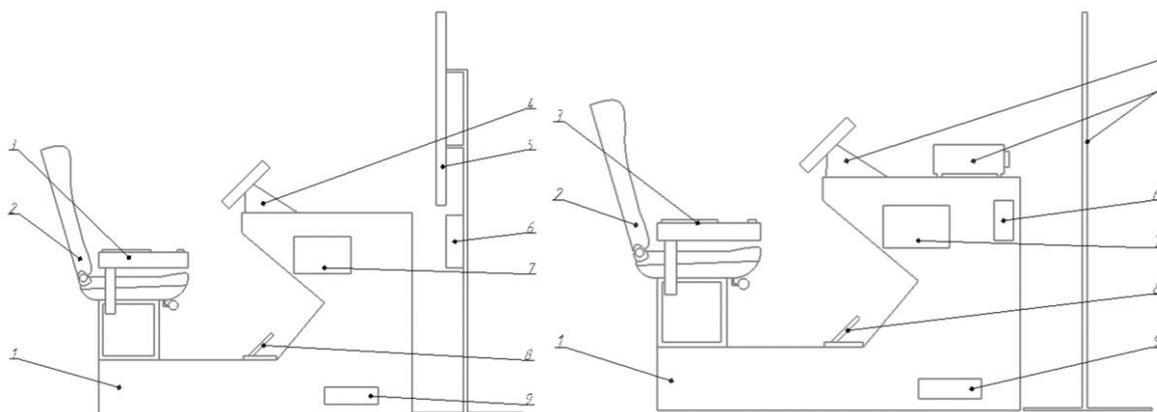


Рис. 5. Конструктивная схема тренажера

Комплексное использование программного обеспечения и технических средств, применяемых в устройстве, позволяет решить очень важную задачу - подготовку квалифицированных кадров, способных работать на современном оборудовании. При использовании тренажеров сокращается время начального обучения и уменьшается вероятность поломки дорогостоящей техники при переходе к последующим этапам обучения.

Конструктивная схема тренажера, используемое ПО и комплекс технических средств, в целом создают единую систему, позволяющую адаптировать тренажер под различные программы подготовки механизаторов, обеспечивая максимально выгодное использование ресурса агротренажера, в том числе за счет его модульности и универсальности. К тому же сегодня ведется активно обсуждение профессиональным сообществом обязательного включения тренажеров в перечень оборудования для организаций, занимающихся подготовкой механизаторов.

В учебных организациях обучение с использованием тренажеров позволяет осуществить улучшенную, в том числе и в вопросах безопасности систему подготовки, в которой перед управлением учебным трактором обучающийся проходит подготовку на учебном тренажере, формирует начальные компетенции для допуска к управлению реальным трактором. Часы, отведенные законодательством, как возможные для обучения на тренажере позволяют повысить экономическую эффективность организаций.

Не только экономия на «ГСМ» и «ремонте» техники являются стимулом для использования автотренажеров. Предположим, что организация имеет стабильный поток учащихся, но их основная часть может заниматься практическим вождением только вечером. А это значит, что, имея укомплектованный и сбалансированный парк машин, организация не сможет справиться с возросшим в определенные часы потоком учеников. В этом случае тренажерный класс позволит более рационально распределить часы вождения. Использование сельскохозяйственной техники сильно ограничивает её использование в зимнее время и без использования агротренажером практическое освоение программы практически останавливается.

Исследование возможностей комплексного использования программного обеспечения и технических средств, применяемых в устройстве (тренажере) показали, что занятие на агротренажере проходит более спокойно, на слушателя не давит ответственность, которую он ощущает за рулем реального трактора или комбайна. В этой обстановке слушателю легче осуществлять подготовку, после занятий он уже с внутренней уверенностью садится за руль настоящего трактора.

Немаловажным фактором сегодня, в условиях обострившейся конкуренции, является имидж учебного заведения. Современная автошкола, применяющая инновационные технологии и продвинутые методики обучения, должна быть более привлекательна для желающих обучиться вождению и получить удостоверение тракториста-машиниста. Наилучшим образом данную возможность можно осуществить используя программные комплексы и оснащая техническими средствами современный учебный процесс.

После обучения на тренажере начинающий водитель должен уверенно работать с органами управления на реальной учебной машине: правильно переключать передачи, пользоваться ручником, ремнем безопасности, переключателями сигнала поворота, педалями газа, тормоза и сцепления.

Возможностей именно комплексного использования программного обеспечения и технических средств, применяемых в устройстве (тренажере) помогают сосредоточиться непосредственно на вождении, а не на «зубрежке» основ работы и расположения органов управления.

Разработанный экспериментальный образец тренажера для подготовки специалистов рабочих профессий и отработке навыков эффективного производства был протестирован в учебном центре подготовки специалистов института механики и энергетики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», студентами, осваивающими направление подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» в рамках освоения рабочей профессии по программе подготовки «Тракторист-машинист сельскохозяйственного производства категории ВСДФ». В результате использования тренажера было замечено лучшая адаптация обучающихся к практическим упражнениям, более уверенное управление тракторов и комбайнов на реальном трактородроме (рис. 6).



Рис. 6. Тестирование экспериментального образца тренажера для подготовки специалистов рабочих профессий и отработки навыков эффективного производства в учебном классе

Заключение. В результате подготовки статьи проведено исследование специфики формирования технологических умений и навыков в условиях сельскохозяйственного производства, проведено исследование функциональных свойств тренажеров, разработана компоновочная и конструктивная схемы устройства, представлены технические средства обработки, ввода и вывода информации, варианты программного обеспечения, возможные к применению в учебном тренажере, разработан механизм взаимодействия модуля управления с компьютером тренажера.

Список источников

1. В 2021 году расширены возможности передвижения сельхозтехники по автодорогам в период полевых работ. [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/v-2021-godu-rasshireny-vozmozhnosti-peredvizheniya-selkhoztekhniki-po-avtodorogam-v-period-polevykh-/> (дата обращения: 14.09.2024).
2. Рыбалкин, Д. А., Чумакова С. В., Гончаров Р. Д. Совершенствование технического сервиса с применением визуализации // Научная жизнь. 2021. Т. 16, № 8(120). С. 1084-1094. DOI: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-1084-1094 EDN: WVIVEZ
3. Грахова, С. И. Цифровые учебные тренажеры как средство развития профессиональной компетентности будущего педагога // Проблемы современного педагогического образования. 2023. № 79-2. С. 65-68. EDN: LEDLJH
4. Коцарь Ю. А., Рыбалкин Д. А., Кабанов О. В., Гончаров Р. Д. Анализ учебных тренажеров управления тракторной техникой и МТА // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 107-110. DOI: 10.28983/asj.y2020i10pp107-110 EDN: BVREXN
5. Скафа Е. И., Ганжа А. А. Виртуальные тренажеры обучения решению планиметрических задач // Дидактика математики: проблемы и исследования. 2022. № 2(56). С. 81-86. DOI: 10.24412/2079-9152-2022-56-81-86 EDN: JGZVHE
6. Иващенко А. В., Горбаченко Н. А. Сценарная онтология учебного симулятора // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 4-4. С. 720-725. EDN: YGSQWN

References

1. In 2021, the possibilities of moving agricultural machinery along highways during field work have been expanded. Retrieved from file: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/v-2021-godu-rasshireny-vozmozhnosti-peredvizheniya-selkhoztekhniki-po-avtodorogam-v-period-polevykh-/>. (in Russian).
2. Rybalkin, D. A., Chumakova, S. V., & Goncharov, R. D. (2021). Scientific life. *Scientific Life Founders: Saratov State Agrarian University. NI Vavilova, JSC "Alkor"*, 16(8), 1084-1094 (in Russian). DOI: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-1084-1094 EDN: WVIVEZ
3. Grakhova, S. I. (2023). Digital training simulators as a means of developing the professional competence of a future teacher. *Problems of modern pedagogical education*, (79-2), 65-68 (in Russian). EDN: LEDLJH.
4. Kotsar, Yu. A., Rybalkin, D. A., Kabanov, O. V., & Goncharov, R. D. (2020). Analysis of training simulators for controlling tractor equipment and MTA. *Agrarian Scientific Journal*, (10), 107-110 (in Russian). DOI: 10.28983/asj.y2020i10pp107-110 EDN: BVREXN.
5. Skafa, E. I., & Ganzha, A. A. (2022). Virtual training simulators for solving planimetric problems. *Didactics of Mathematics: Problems and Research*, (56), 81-86 (in Russian). DOI: 10.24412/2079-9152-2022-56-81-86 EDN: JGZVHE.
6. Ivashchenko, A. V., & Gorbachenko, N. A. (2016). Scenario Ontology of a Training Simulator. *Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 18(4-4), 720-725 (in Russian). EDN: YGSQWN

Информация об авторах

И. И. Курбаков – кандидат технических наук наук, доцент;
 А. П. Иншаков – доктор технических наук, профессор;
 А. Н. Кувшинов - кандидат технических наук наук, доцент;
 В. О. Дронов – инженер;
 М. С. Курбакова – инженер.

Information about the authors

I. I. Kurbakov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
 A. P. Inshakov – Doctor of Technical Sciences, Professor;
 A. N. Kuvshinov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
 V. O. Dronov – engineer;
 M. S. Kurbakova – engineer.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
 The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 26.03.2025; одобрена после рецензирования 14.05.2025; принята к публикации 9.07.2025.
 The article was submitted 26.03.2025; approved after reviewing 14.05.2025; accepted for publication 9.07.2025.