

Шекшаева Наталья Николаевна,

SPIN-код: 3360-7925

кандидат педагогических наук, доцент кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин имени профессора А. И. Лещанкина, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва; 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68; e-mail: shekshaeva@yandex.ru

Наумкин Николай Иванович,

SPIN-код: 8135-7254

доктор педагогических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин имени профессора А. И. Лещанкина, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва; 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68; e-mail: naumn@yandex.ru

Кувшинов Алексей Николаевич,

SPIN-код: 1896-8644

кандидат технических наук, доцент кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин имени профессора А. И. Лещанкина, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва; 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68; e-mail: mesmgu@mail.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРОИНЖЕНЕРНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕНДОВ-СИМУЛЯТОРОВ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: студенты; подготовка агроинженеров; симуляторы; классификация симуляторов; стенды; образовательная среда; система точного земледелия; образовательный процесс; методы обучения; образовательные технологии

АННОТАЦИЯ. Продовольственная безопасность всегда была приоритетом населения нашей планеты, поэтому технологии животноводства и растениеводства как одни из определяющих объемы производства продовольствия постоянно совершенствуются. Развитие в аграрном секторе также обеспечивают высококвалифицированные специалисты, поэтому вузы, готовящие их, должны быть оснащены современной материально-технической базой, а обучение студентов должно строиться на таких образовательных технологиях и подходах, которые бы учитывали особенности обучения нового поколения студентов.

В статье проведен анализ зарубежной и отечественной литературы по применению симуляторов для обучения инженеров аграрных направлений, в результате которого был сделан вывод об их успешном применении в образовательном процессе и возникновении необходимости объединения их в некую систему, в частности в виде создания агроинженерной образовательной среды, на основе использования стендов-симуляторов – это является целью данной работы. В исследовании использовались такие методы: анализ, синтез, индукции, дедукции, классификации, конвергентный, системный, модельный, персонализированный и другие подходы.

В статье представлены примеры разных симуляторов и разработанная авторами классификация симуляторов. Описаны три стенда-симулятора, разработанные в Институте механики и энергетики Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, которые внедрены в учебный процесс изучения дисциплины «Системы и технические средства точного земледелия в растениеводстве» магистрантами направления подготовки «Агроинженерия». Представлены достоинства стендов-симуляторов и формируемые ими навыки. Создана и описана педагогическая модель агроинженерной образовательной среды, состоящая из концептуально-целевого, инфраструктурного, содержательного, психолого-дидактического, деятельностно-технологического, релаксационно-диагностического компонентов. Разработано учебное пособие «Практикум по системам точного земледелия в растениеводстве», содержащее QR-коды с интерактивными ссылками на изучаемый материал по обучению агроинженеров дисциплине «Системы и технические средства точного земледелия в растениеводстве». Отмечается более высокая заинтересованность выполнения практических работ на стендах-симуляторах в отличие от традиционного практикума и повышение успеваемости студентов по данной дисциплине, и в дальнейшем практика по управлению сельскохозяйственной техникой проходит гораздо успешнее, а многие студенты продолжают обучение в учебном центре для получения водительских прав по управлению сельскохозяйственной техникой.

Практическая значимость данного исследования заключается в разработке методики обучения дисциплине «Системы и технические средства точного земледелия в растениеводстве» на основе симуляторов, представленной методическими пособиями.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Шекшаева, Н. Н. Проектирование агроинженерной образовательной среды на основе использования стендов-симуляторов / Н. Н. Шекшаева, Н. И. Наумкин, А. Н. Кувшинов. – Текст : непосредственный // Педагогическое образование в России. – 2024. – № 5. – С. 280–291.

Shekshaeva Natalya Nikolaevna,

Candidate of Pedagogy, Associate Professor of Department of Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshchankin, National Research Mordovia State University named after N. P. Ogarev, Saransk, Russia

Naumkin Nikolai Ivanovich,

Doctor of Pedagogy, Candidate of Engineering, Professor of Department of Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshchankin, National Research Mordovia State University named after N. P. Ogarev, Saransk, Russia

Kuvshinov Aleksey Nikolaevich,

Candidate of Engineering, Associate Professor of Department of Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshchankin, National Research Mordovia State University named after N. P. Ogarev, Saransk, Russia

**DESIGN OF AN AGROENGINEERING EDUCATIONAL ENVIRONMENT
BASED ON THE USE OF SIMULATOR STANDS**

KEYWORDS: students; training of agricultural engineers; simulators; classification of simulators; stands; educational environment; precision farming system; educational process; teaching methods; educational technologies

ABSTRACT. Food security has always been a priority for the population of our planet, therefore livestock and crop production technologies, as one of the determinants of food production volumes, are constantly being improved. Development in the agricultural sector is also ensured by highly qualified specialists, therefore universities that train them must be equipped with a modern material and technical base, and student education must be based on educational technologies and approaches that would take into account the learning characteristics of the new generation of students.

The article analyzes foreign and domestic literature on the use of simulators for training agricultural engineers, as a result of which a conclusion was made about their successful use in the educational process, and the need to combine them into a certain system, in particular, in the form of creating an agricultural engineering educational environment, based on the use of simulator stands - this is the goal of this work. The research used such methods: analysis, synthesis, induction-deduction, classification, convergent, systemic, model, personalized and other approaches.

The article presents examples of different simulators and a classification of simulators developed by the authors. Three simulator stands developed at the Institute of Mechanics and Energy of Mordovian State University are described. N. P. Ogarev, which were introduced into the educational process of studying the discipline "Systems and technical means of precision agriculture in crop production" by master's students in the direction of training "Agroengineering". The advantages of simulator stands and the skills they develop are presented. A pedagogical model of an agroengineering educational environment has been created and described, consisting of conceptual-target, infrastructural, content-based, psychological-didactic, activity-technological, relaxation-diagnostic components. A training manual "Workshop on precision farming systems in crop production" has been developed, containing QR codes with interactive links to the material being studied for training agricultural engineers in the discipline "Systems and technical means of precision farming in crop production." There is a higher interest in performing practical work on simulator stands, in contrast to a traditional workshop, and an increase in student performance in this discipline, and in the future, practice in driving agricultural machinery is much more successful, and many students continue their studies at the training center to obtain a driver's license to operate agricultural machinery.

The practical significance of this research lies in the development of teaching methods for the discipline "Systems and technical means of precision agriculture in crop production" based on simulators, presented in teaching aids.

FOR CITATION: Shekshaeva, N. N., Naumkin, N. I., Kuvshinov, A. N. (2024). Design of an Agroengineering Educational Environment Based on the Use of Simulator Stands. In *Pedagogical Education in Russia*. No. 5, pp. 280–291.

Введение. Россия, как и многие страны мира, стремится развивать передовые технологии, такие как искусственный интеллект, биотехнологии и энергетические инновации. Правительство РФ разрабатывает и внедряет стратегии планирования, государственные программы и национальные проекты, направленные на стимулирование инноваций и развитие технологического сектора. Это подтверждают слова премьера М. Мишустина: «Правительство приняло решение о запуске крупных проектов технологического суверенитета – так называемых мегапроектов. Их существенное отличие – производство должно быть основано на собственных линиях разработки, находящихся под национальным контролем. Общий объем средств на

каждый проект – не менее 10 млрд рублей»¹. Внедрение инноваций сопровождается значительными изменениями в образе жизни людей, методах производства, образовательных системах и социокультурной среде. Особую важность имеет внедрение инноваций в сельскохозяйственном секторе с целью повышения эффективности производства. С увеличением мирового населения растут и потребность в обеспечении продовольственной безопасности.

Аграрные специалисты и инженеры играют ключевую роль в разработке стратегий по увеличению продуктивности и обеспече-

¹ Михаил Мишустин провел стратегическую сессию о крупных проектах технологического суверенитета. URL: <http://government.ru/news/49869/> (дата обращения: 25.10.2024).

нию устойчивости продовольственной системы. Необходимость подготовки аграрных специалистов и инженеров, готовых к решению существующих и будущих задач с использованием современных технологий, остается актуальной в образовании. В современных условиях сельскохозяйственному производству требуются специалисты инженерных профессий, знающие технологические процессы, компетентные в области использования новых образцов машин и оборудования, понимающие механизмы образования производственных затрат и пути повышения эффективности использования машин.

Для подготовки таких специалистов вузы постоянно обновляют материально-техническую базу, разрабатывают современные образовательные программы, рабочие программы учебных дисциплин и практик. Все чаще встречаются исследовательские работы, посвященные обучению будущих инженеров с использованием современных тренажеров и комплексов, основанных на симуляционных технологиях, моделировании и виртуальной реальности. Исследователи [18] отмечают преимущества использования симуляционного обучения перед полевыми испытаниями, обеспечивающие меньшие материальные затраты и большую безопасность. В частности, в Японии после аварии с опрокидыванием трактора ученые разработали виртуальный тест-драйв аварии и создали симулятор вождения трактора, на котором отрабатываются возможные ситуации опрокидывания трактора [17]. В США исследователи разработали симулятор зерновой пыли, который используется в качестве испытательной платформы для моделирования запыленной среды в зерновых бункерах и разработки эффективной защиты органов дыхания фермеров в различных внутрихозяйственных условиях [21]. Симулятор осадков [15] позволил исследователям выявить пути потерь питательных веществ в почвах с биогумусными добавками. Симулятор VR аэродинамической среды теплиц используется для обучения тепличных фермеров и консультантов, он распространяется среди образовательных организаций, исследовательских центров и консалтинговых компаний [14]. Интересна работа студентов университета в Братиславе [12], которые разрабатывают универсальный симулятор сельского хозяйства с почти нулевыми выбросами (умную эко-теплицу), особое внимание в проекте они уделяют мягким навыкам, включая работу в команде, и навыкам презентации.

Мы солидарны с мнением ученых Ростовского государственного университета

путей сообщения [3] что, несмотря на популярность в зарубежной педагогике симуляционных технологий, в отечественной им пока уделяется недостаточное внимание, особенно в обучении будущих агроинженеров. Обзор отечественных источников литературы показывает, что наибольшее внимание обучающим симуляторам уделяют в сфере здравоохранения.

Технологии виртуальной реальности успешно применяются для разработки образовательного симулятора поддержания оптимального микроклимата свиноводческих ферм в Корее [13], в разработке которого объединены результаты моделирования вычислительной гидродинамики с технологией виртуальной реальности (VR).

Проведенный эксперимент [16] на симуляторе вождения тягача с полуприцепом позволил выбрать привод системы рулевого управления (линейный / нелинейный), обеспечивающий искусственные характеристики рулевого управления. Прежде чем новые системы рулевого управления были установлены на реальных транспортных средствах, 32 испытуемых (12 опытных водителей грузовых машин и 20 студентов) оценили в безопасной и контролируемой среде симулятора характеристики рулевого управления (нелинейной или линейной).

В результате проведенного эксперимента учитывались *объективные* данные (усилие на рулевом колесе, скорость реверса рулевого управления, устойчивость рулевого колеса, стандартное отклонение бокового положения, среднее значение бокового положения на прямых и на кривых траекториях, для маневров обгона: среднее время «перестроения на левую полосу» за четыре маневра обгона, среднее время «возвращения на правую полосу» за четыре маневра обгона, среднее время на левой полосе) и *субъективные* (укачивание; общие результаты поездки по критериям: сложность, безопасность, интеллектуальная и физическая нагрузка; выводы о поездке по критериям: безопасность, комфорт, реалистичность курса, легкость управления, стабильность курса, сложность рулевого управления; оценка приемлемости системы управления с использованием шкалы семантического дифференциала; оценка ощущения рулевого управления по критериям: устойчивость грузовика, люфт, требуемый крутящий момент, равномерность, чувствительность, возвратность, реакция грузовика; оценка реалистичности). Статистическую значимость результатов оценивали с использованием дисперсионного анализа смешанного дизайна (ANOVA), для простоты и интерпретируемости результатов использовался один внутрисубъектный фактор. Частичный

эта-квадрат (η^2) использовался в качестве меры величины эффекта. Из-за большого количества зависимых переменных был принят консервативный уровень альфа 0,01.

Таким образом, симуляторы могут быть полезными не только для обучения, но и для проведения научных исследований, например: для повышения производительности планировщика пути покрытия почвообрабатывающего трактора применялось компьютерное моделирование различных маневров поворота с помощью 3D-симулятора вождения [10], этими же авторами проводилось исследование с использованием 3D-компьютерного симулятора, которое учитывает скольжение при движении виртуального трактора по земле с различными свойствами сцепления [20]; для улучшения характеристик отслеживания пути системы тягач-прицеп с использованием нелинейной кинематической модели [11]; для проверки правильности алгоритма обеспечения оптимального пути обхода препятствий автономным трактором были реализованы примеры с использованием для моделирования платформы Robot Operating System (ROS) [19].

Вовлеченность студентов в обучение повышается за счет иммерсивных технологий, таких как «VR-конструкторы». В работе [7] исследователи приводят пример такого обучения бакалавров-агроинженеров с помощью программ «3D-картотека почвенных разрезов», позволяющей перенести полевые условия в лабораторные и там изучать почвы разных регионов независимо от погодных условий, и «VR-атлас сельскохозяйственных машин», позволяющей изучать устройство и принцип работы традиционной сельскохозяйственной техники.

Виртуальные тренажерные комплексы стали активно появляться на рынке, анализ публикации их в Федеральной службе по интеллектуальной собственности показал, что регистрировать их стали активно последние 4 года, сейчас зарегистрированных в России обучающих VR-тренажеров более 70 в различных сферах. В области обучения агроинженеров можно выделить следующие: SIKE Виртуальный тренажерный комплекс (3D Атлас 2.0 VR-тренажер) «Устройство автомобиля VR» (правообладатель: ООО «Корпоративные системы Плюс»); «Плагин для VR-тренажера: сварное соединение» (правообладатель: МГТУ им. Н. Э. Баумана); SIKE Виртуальный тренажерный комплекс (VR-тренажер) «Ремонт и обслуживание электромобиля VR» (правообладатель: ООО «Корпоративные системы Плюс»); «Плагин для VR-тренажера: болтовое соединение» (правообладатель: МГТУ им. Н. Э. Баумана). Стали разрабатываться

виртуальные лабораторные стенды для проведения лабораторно-практических работ при обучении студентов технических вузов [6; 8], а также реально-виртуальные лаборатории [2] и киберполигоны [1].

Таким образом, выполненный анализ указывает на успешность использования различных симуляторов в образовательном процессе и необходимость проектирования специальной агроинженерной образовательной среды на основе использования симуляторов, а также разработки учебно-дидактических материалов для их обучения в этой среде.

Цель и задачи

Цель исследования – проектирование агроинженерной образовательной среды на основе использования симуляторов.

Для достижения сформулированной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) проанализировать использование симуляторов в обучении будущих агроинженеров;
- 2) рассмотреть виды симуляторов и представить их классификацию;
- 3) внедрить разработанные симуляционные стенды в образовательный процесс;
- 4) создать агроинженерную образовательную среду (АИОС);
- 5) разработать учебно-дидактические материалы по обучению агроинженеров на симуляторах.

Материалы и методы. В работе применялись следующие методы: анализ использования симуляторов, виртуальных технологий в обучении, индукции, дедукции, синтез стенда-симулятора для параллельного вождения; изучение и классификация применяемых симуляционных технологий в образовании. Проектирование агроинженерной образовательной среды проводилось с помощью модельного, персонализированного, системного и других подходов на основе конвергенции педагогических, информационных и технологических знаний при реализации методики обучения дисциплине «Системы и технические средства точного земледелия в растениеводстве» в этой среде.

Результаты исследования. В ходе исследования мы выявили, что термины «симулятор» и «тренажер» применяются как синонимы и под ними понимаются «...интерактивные модели, имитаторы управления процессом, оборудованием, механизмом, а также имитаторы ситуации».

Существует множество видов симуля-

² Симуляторы обучения в профессиональной подготовке // Международный инжиниринговый центр SENSYS. URL: <https://pro-sensys.com/info/articles/obzornye-stati/simulyatory-obucheniya-v-professionalnoy-podgotovke/> (дата обращения: 12.05.2024).

торов, начиная от деловых игр до симуляторов виртуальной реальности, однако их общей классификации пока не существует. Встречаются только отдельные классификации. В частности, в медицине симуляторы делят на 7 типов: 1) визуальный; 2) тактильный; 3) реактивный; 4) автоматизиро-

ванный; 5) аппаратный; 6) интерактивный; 7) интегрированный [4]. Мы солидарны с авторами работы [3], в которой их делят на электронные и неэлектронные. Авторскую классификацию симуляторов мы представили на рисунке 1.

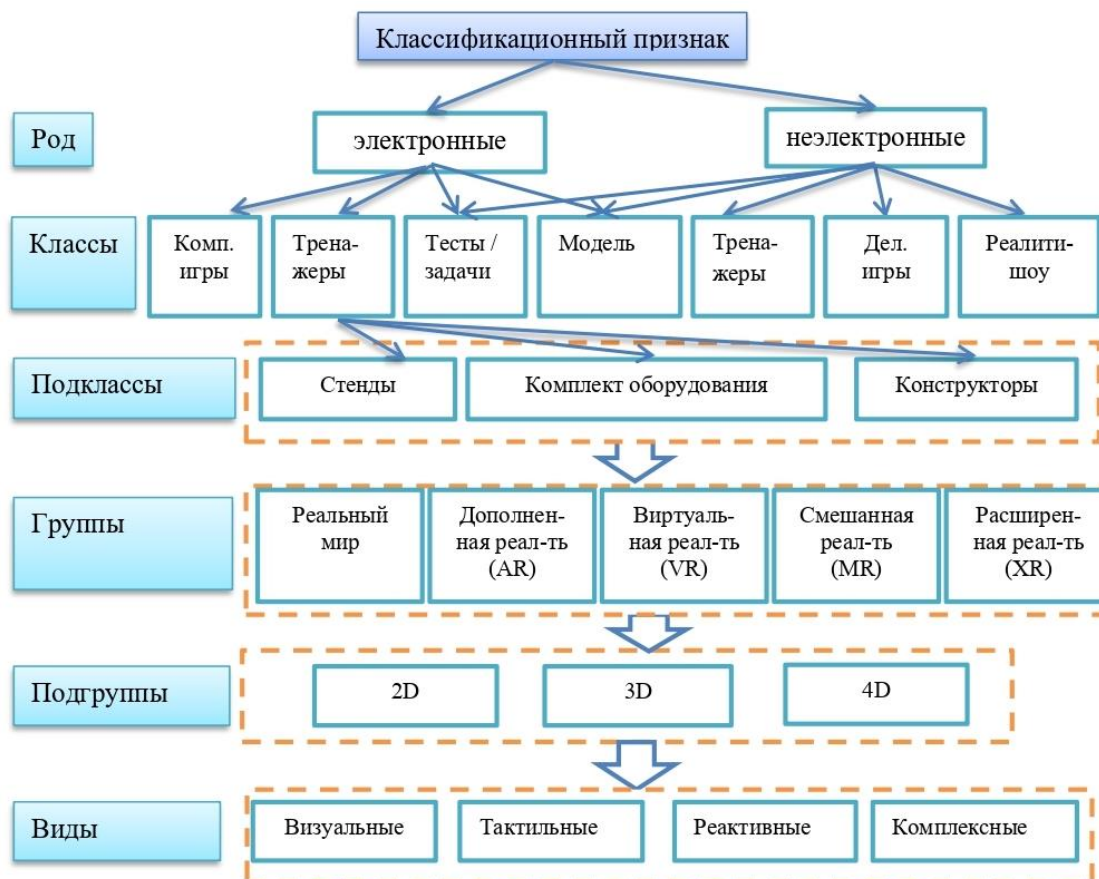


Рис. 1. Классификация симуляторов

К неэлектронным симуляторам мы относим: задачи, тесты, учебные пособия на отработку каких-либо знаний и навыков (подготовка к экзамену ПДД, тренажер по курсу начертательной геометрии, тренажер для письма и др.); модель (модель какого-нибудь механизма на подставке, учебная модель «Электродвигатель асинхронный в разрезе» и др.); тренажеры («Стенд для разборки и сборки двигателя внутреннего сгорания», манекен для причесок, хирургический тренажер, тренажер для спасения утопающего, учебно-тренировочный комплекс для спасателей, ручка-тренажер для письма и др.); деловые игры («Фирма» [9], «Менеджер», «Монополия» и др.); реалити-шоу («Выжить в Дубае», «Последний герой» и др.).

К электронным симуляторам также относятся тесты, задачи и учебные издания, размещенные в компьютерных программах, это могут быть приложения для смартфонов. Также к электронным симуляторам от-

носим компьютерные игры (GTA, FIFA, Minecraft, Farming Simulator и др.), модель (медицинский фантом, 3D-модель автомобиля или чего-либо), тренажеры. Тренажеры делим на подклассы: стенды, комплект учебно-лабораторного оборудования и конструкторы. Стенды могут быть информационными (с применением подсветки, голосового сопровождения), испытательными, лабораторными (электрифицированный стенд «Электронно-справочная диаграмма железобетон», испытательный стенд «Участок трубопровода», «Многофункциональный интерактивный учебно-тренировочный комплекс средств тушения пожара МКП 02/ОГ», лабораторный стенд-тренажер «Система управления инжекторного двигателя» и др.). Комплект учебно-лабораторного оборудования состоит из нескольких приборов для отработки определенного набора навыков («Учебный комплекс для изучения механики гидравлических систем», «Контроль качества деталей методом ультразвуковой

дефектоскопии», «Диагностирование дефектов зубчатых передач» и др.). Конструкторы позволяют изучить теоретический материал через практическую деятельность – сборку и разборку технического объекта (VR-конструкторы, LEGO-конструирование и др.).

Далее мы делим электронные симуляторы на группы: реальный мир (Стенд-тренажер «Устройство сеялки для посева сахарной свеклы», учебный тренажер «Культиватор» и др.), дополненная реальность («Оживающие» учебники, карты, таблицы, предметы и др.), виртуальная реальность (тренажеры различной направленности: специалист сварочного производства, симуляторы вождения, инженер аддитивных технологий и др.), смешанная реальность – объединение реального мира и виртуального с помощью специальной гарнитуры (очков), в результате продуктом являются голограммы, «аватары» людей, предметов (в музее Каира посетители гуляют с голограммой фараона Тутанхамона), расширенная реальность – совмещение VR и AR – лежит в основе онлайн-пространств (метавселенные).


Электронные симуляторы делим на подгруппы: 2D – двухмерная картинка, которую мы видим на электронных устройствах (виртуальный учебный программный комплекс «Термодинамика» и др.), 3D – трехмерная симуляция с использованием 3D-очков или VR-шлема («Ремонт и обслуживание автомобиля: тормозная система VR» и др.), 4D – трехмерная картинка со спецэффектами: дрожат кресла, дует ветер, капает вода, трясется пол под ногами (авто-тренажер контраварийного вождения «УАЗ-4» и др.).





Электронные и неэлектронные симуляторы могут быть следующих видов: визуальные (учебники, плакаты, модели, муляжи, тренажеры, виртуальные симуляторы), тактильные (тренажеры практических навыков), реактивные (присутствует реакция тренажера на действие обучающегося), комплексные (совмещение двух и более видов симуляторов).

В Институте механики и энергетики Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва разработали и внедрили в обучение агроинженеров симулятор-стенды по системе точного земледелия, на которые получено 3 рационализаторских предложения (табл. 1). Разработанные стенды-симуляторы представляют собой совмещение демонстрационного стенда и лабораторного учебного оборудования. Они предназначены для проведения лабораторных и практических занятий по системам точного земледелия в области движения тракторов, комбайнов и самоходных сельскохозяйственных машин, оснащенных системами параллельного вождения Агронавигатор тип 7, Tee Jet Matrix Pro 570 GS, Trimble GFX-750 соответственно. На демонстрационном стенде изображена основная информация по использованию конкретного оборудования: виды выполняемых работ, условные обозначения, описания параметров экрана навигации, описание значков программы. Лабораторное учебное оборудование стенда-симулятора состоит из электрического руля с прямым приводом, который позволяет управлять сельскохозяйственной техникой по заранее заданной траектории.

Таблица 1

Симуляторы-стенды по системе точного земледелия

№	Фотография	Название стенда	Удостоверение	Формируемые компетенции
1.		Система параллельного вождения Агронавигатор тип 7		ПК 1 Способность и готовность применять знания о современных методах исследований в области технологий и средств механизации сельского хозяйства

№	Фотография	Название стенда	Удостоверение	Формируемые компетенции
2.		Система параллельного вождения на базе Tee Jet Matrix Pro 570 GS		ПК 2 Способность и готовность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, вести поиск инновационных решений в сфере технологий и средств механизации сельского хозяйства
3.		Учебный стенд системы параллельного вождения на базе Trimble GFX-750		

В настоящее время системы параллельного и автоматического вождения представляют собой производственные машины, устанавливаемые на реально действующие трактора и комбайны. Использовать их в качестве обучающих элементов подготовки специалистов неэффективно с методической точки зрения и опасно с физической.

Стенды точного земледелия позволяют обучающимся отработать навыки и получить необходимые компетенции вначале на лабораторном оборудовании, после освоения которых можно переходить на дей-

ствующие трактора и комбайны. Стенд имитирует реально действующие процессы, полностью повторяет действующее оборудование на производстве, позволяет отработать практические навыки без риска для жизни и здоровья. При этом ошибки настройки и управления оператором не приводят к поломке техники и производственным издержкам.

Основные преимущества разработанных стендов и формируемые у студентов навыки представлены в таблице 2.

Таблица 2

Достоинства стендов-симуляторов и формируемые навыки

№ п/п	Достоинства	Формирование навыков
1.	Возможность работы в аудитории, а не в машинном зале	Настройка программного интерфейса
2.	Круглогодичное использование вне зависимости от погоды	Настройка орудия и его параметров
3.	Отсутствие учебной подготовленной площадки	Отработка режимов следования (движение по прямой, круговое движение, с постоянным перекрытием, переменным перекрытием и т. д.)
4.	Компьютеризированность и возможность передачи изображения дисплея стенда на проектор через VGA разъем и т. д.	Отработка видов работ
5.	Эргономика и посадка при работе с системой повторяет работу в тракторе или комбайне	Создание электронного поля и т. д.
6.	Возможность подключения к сети Интернет	Работа с электронными картами полей (расчет площади, периметра и других параметров)
7.	Возможность автоматизированной работы	Настройка антенны и сигналов дифференциальной коррекции

Продолжение таблицы 2

№ п/п	Достоинства	Формирование навыков
8.	Функциональность – позволяет работать с различными функциями системы параллельного вождения и настройками различных машин	
9.	Безопасность использования, так как стенд установлен стационарно, в отличие от комбайна, и не имеет подвижных корпусов и частей, представляющих опасность для человека	
10.	Возможность имитации различных процессов в контролируемых условиях, в том числе возникновение внештатных и аварийных ситуаций	
11.	Экономия материальных ресурсов при подготовке специалистов (топлива, времени и т. д.)	

Для обучения студентов дисциплине «Системы и технические средства точного земледелия в растениеводстве» была разработана педагогическая модель агроинженерной образовательной среды (далее – АИОС),

состоящая из концептуально-целевого, инфраструктурного, содержательного, психолого-дидактического, деятельностно-технологического, релаксационно-диагностического компонентов (рис. 2).

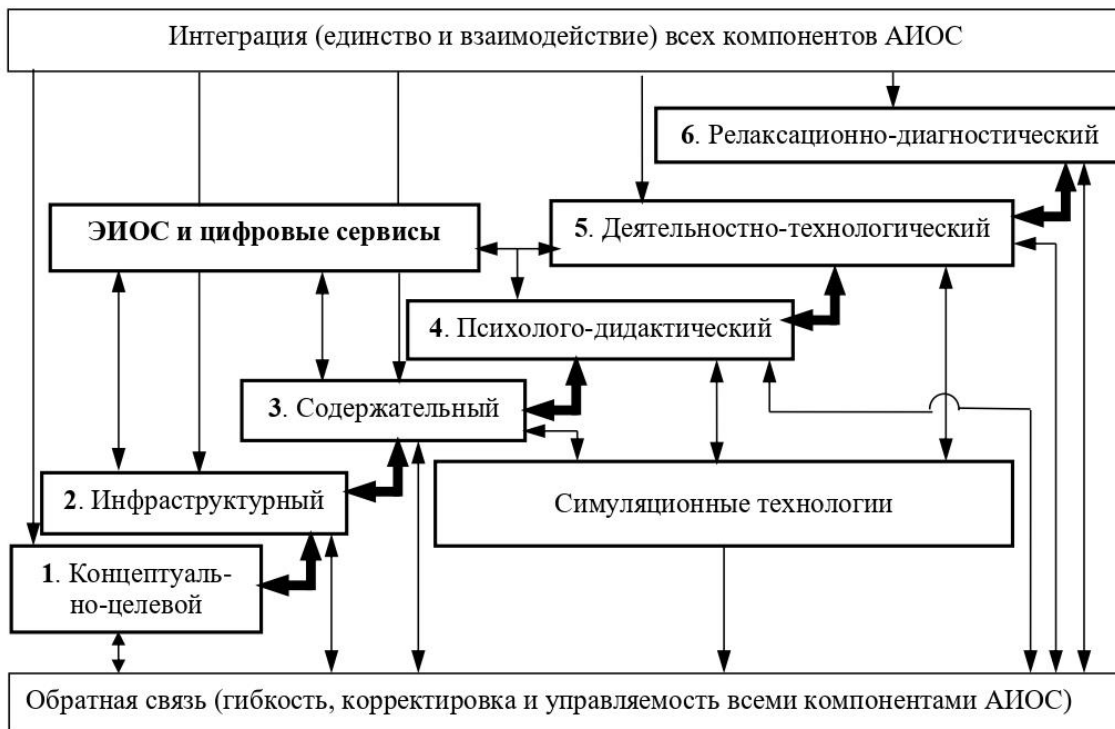


Рис. 2. Педагогическая модель агроинженерной образовательной среды

При создании этой модели мы руководствовались разработанной нами ранее методикой проектирования образовательных сред различных моделей [5]. Под *агроинженерной образовательной средой* мы понимаем совокупность ресурсов, необходимых для формирования компетенций у студентов агроинженерного направления на основе использования цифровых технологий, в том числе симуляционных.

Концептуально-целевой компонент содержит цели, задачи, научную концепцию и отражает требования образовательных стандартов.

Инфраструктурный компонент, являясь, по сути, пространственным компонен-

том, включает все необходимые для реализации поставленных задач учебные, научно-производственные и другие помещения с их системно насыщенным оборудованием, включая высокотехнологичное. Однако его ядром является научно-исследовательская лаборатория «Системы точного земледелия» со всем ее оснащением.

Не менее важным в модели является третий – *содержательный* – компонент, в основу проектирования которого положено содержание учебной дисциплины «Системы и технические средства точного земледелия в растениеводстве», карта которой представлена в таблице 3.

Содержание четвертого – *психолого-*

дидактического – компонента направлено на реализацию образовательного процесса в АИОС с позиций теории обучения техническим дисциплинам.

Деятельностно-технологический компонент включает в себя методологию (весь инструментарий) обучения, объединенный в единую систему на основе персонализированного и конвергентного подходов, реализуемых одновременно в производственной,

научной, образовательной (аудиторной и внеаудиторной) и электронной средах (инфраструктурный компонент).

Последний – релаксационно-диагностический – компонент предназначен для мониторинга и оценивания уровня сформированности требуемых компетенций, основным критерием является выполнение квест-задания студентами для его отработки на симуляторе.

Таблица 3

**Содержательная карта дисциплины
«Системы и технические средства точного земледелия в растениеводстве»**

Модуль мобильности (технической, инфраструктурной, компьютерной, цифровой и ресурсной поддержки)	Модули дисциплины	Темы базовой дисциплины
	1. Системы земледелия	Введение в дисциплину. Требования к сельскохозяйственному производству и сельскохозяйственной продукции. Традиционная система земледелия, интенсивная, интеллектуальная (точная)
	2. Создание и развитие элементов системы точного земледелия, основные этапы и подходы	Предпосылки создания элементов координатного земледелия. Концепция неоднородностей. Принятие решений – две стратегии учета неоднородностей. Двухэтапные подходы (offline), одноэтапные подходы (online) с принятием решений в реальном масштабе времени (real-time) (сенсорные подходы), сервисы работы с данными
	3. Структура системы точного земледелия	Структура «Smart Farming», понятие «Precision agriculture». Новые направления в сельском хозяйстве с учетом вариабельности и концепции неоднородности. Технология переменного внесения семян VRT, технология переменного внесения удобрений VRA
	4. Глобальные системы позиционирования	Американская система глобального позиционирования GPS, российская система GLONASS, основные функциональные возможности и технические характеристики. Европейская система Galileo. Региональные системы позиционирования, способы корректировки сигнала. Определение координат положения на местности, высоты, количества активных (пассивных) спутников с помощью программного продукта GNSS Commander GPS Basic фирмы PilaBlu
	5. Географические информационные системы (ГИС-системы технологии точного земледелия)	Общие сведения о геоинформационных ресурсах. Характеристика и определения ГИС-систем, виды ГИС-систем. Векторные и растровые способы представления информации. Программные продукты на основе ГИС-систем для точного земледелия. Программные продукты для дистанционного составления карт полей, площадей, периметра и других геоинформационных параметров на примере программного комплекса «Навигатор полей» компании Farmis Field Navigator
	6. Технология дистанционного зондирования земли	Общие сведения, технические характеристики и особенности применения в сельскохозяйственных предприятиях. Спутниковое и наземное зондирование. Наземное зондирование сельскохозяйственных земель с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)
	7. Технические средства точного земледелия	Общие сведения о технических средствах точного земледелия. Общие сведения об автоматических устройствах, применение электронных систем управления на сельскохозяйственной технике
	7.1. Системы параллельного вождения (с применением стенда-симулятора)	Общие сведения, технические характеристики и основные отличия. Изучение бортового программного обеспечения наиболее распространенной техники. Программное обеспечение систем параллельного вождения на примере системы PARALLEL DRIVING компании Farmis Field Navigator
	7.2. Подруливающие системы (с применением стенда-симулятора)	Подруливающие системы компании ООО «ЦТЗ Аэросоюз», Trimble, Tee Jet Technologies и других фирм производителей, наиболее представленных на отечественном рынке сельскохозяйственной техники
7.3. Системы автоматического вождения	Системы автоматического вождения отечественных и зарубежных тракторов и комбайнов	
8. Системы удаленного контроля и диагностики	Системы мониторинга и контроля машин на примере системы AGROTRONIC ООО РОСТСЕЛЬМАШ. Системы мониторинга и контроля в режиме online зарубежной сельскохозяйственной техники на примере телематического терминала CLAAS TELEMATICS. Системы мониторинга и контроля зарубежной сельскохозяйственной техники на примере системы JDLink компании JOHN DEERE	

На схеме (рис. 2) отдельно выделены блок «ЭИОС и цифровые сервисы» и блок «Симуляционные технологии», первый из них реализует неразрывную связь агроинженерной образовательной среды с электронной информационной образовательной средой университета и имеющимися цифровыми сервисами, второй – с симуляторами.

Для проведения практических занятий по дисциплине было выпущено учебное пособие «Практикум по системам точного земледелия в растениеводстве», занявшее призовое место на конкурсе учебных изданий. Пособие содержит QR-коды с интерактивными ссылками на изучаемый материал.

После изучения дисциплины «Системы и технические средства точного земледелия в растениеводстве» в созданной агроинженерной образовательной среде с применением симуляторов-стендов студенты проходят практику по управлению сельскохозяйственной техникой гораздо успешнее, многие продолжают обучение в учебном центре для получения водительских прав по управлению сельскохозяйственной техникой.

Обсуждение результатов. Авторы проанализировали применение симуляционных технологий в образовании и научных исследованиях и сделали вывод об их успешном применении в учебных заведениях, а также о стремительном развитии таких технологий. Внедрение симуляторов в образовательный процесс становится важной задачей для правительства и аграрных вузов, так как они способствуют развитию сельскохозяйственной отрасли, которая, в свою очередь, является гарантией продовольственной и экономической безопасности.

Авторы пришли к выводу о том, что понятия «симулятор» и «тренажер» применяются как синонимы, и их целью является обучение через действие. В работе приведены примеры применения симуляторов в образовании и научных исследованиях для различных целей, также отмечено большое количество видов таких технологий: от деловых игр до технологий виртуальной реальности. Однако в результате анализа был сделан вывод о недостатке информации по классификации симуляторов, поэтому авторы разработали свою классификацию.

Результатом работы также являются разработка и внедрение в обучение агроинженеров симуляторов-стендов по системе точного земледелия, на которые получено 3 рационализаторских предложения. В работе перечислены достоинства стендов-

симуляторов и формируемые навыки.

Для обучения студентов дисциплине «Системы и технические средства точного земледелия в растениеводстве» была разработана и внедрена педагогическая модель агроинженерной образовательной среды, состоящая из концептуально-целевого, инфраструктурного, содержательного, психолого-дидактического, деятельностно-технологического, релаксационно-диагностического компонентов. Методика обучения дисциплине «Системы и технические средства точного земледелия в растениеводстве» с применением симуляторов-стендов осуществляется по разработанной педагогической модели, включающей [5]: концептуально-целевой, инфраструктурный, содержательный, психолого-дидактический, деятельностно-технологический, релаксационно-диагностический компоненты. В качестве дидактического средства было предложено учебное пособие «Практикум по системам точного земледелия в растениеводстве» с интерактивными ссылками на обучающее видео.

В статье: 1) осуществлен анализ зарубежных и отечественных источников использования симуляторов в обучении будущих агроинженеров; 2) представлена разработанная классификация симуляторов и приведены примеры их использования; 3) описан опыт внедрения разработанных авторами симуляционных стендов в образовательный процесс; 4) разработана АИОС, представленная ее моделью; 5) раскрыта методика эффективного формирования профессиональных компетенций у будущих агроинженеров при обучении в АИОС. Работа будет полезной для педагогов-новаторов с целью анализа и оценки использования описанного педагогического опыта, а также дальнейшего его развития. Использование этой методики в целом или ее элементов позволит сформировать у студентов профессиональные компетенции. Спроектированная агроинженерная образовательная среда на основе использования стендов-симуляторов используется для обучения будущих агроинженеров дисциплине «Системы и технические средства точного земледелия в растениеводстве», после освоения которой магистранты проходят практику по управлению сельскохозяйственной техникой гораздо успешнее, и многие продолжают обучение в учебном центре для получения водительских прав по управлению сельскохозяйственной техникой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусс, С. В. От лабораторного стенда для изучения основ компьютерных сетей к хакерспейсу для изобретателей и соревновательному киберполигону / С. В. Гусс. – Текст : непосредственный // Математические структуры и моделирование. – 2023. – № 4 (68). – С. 120–129.

2. Дмитриев, В. М. Концептуальная модель реально-виртуальной лаборатории / В. М. Дмитриев, Л. А. Гембух. – Текст : непосредственный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2022. – № 2. – С. 5–16.
3. Исаева, Т. Е. Реализация компетентного подхода в профессиональной подготовке обучающихся технических вузов посредством использования электронных симуляторов / Т. Е. Исаева, Н. А. Малишевская. – Текст : непосредственный // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2021. – № 2. – С. 132–146.
4. Найговзина, Н. Б. Общероссийская система симуляционного обучения, тестирования и аттестации в здравоохранении / Н. Б. Найговзина, В. Б. Филатов, М. Д. Горшков, Е. Ю. Гущина, А. Л. Колыш. – Текст : непосредственный // Медицинское образование и профессиональное развитие. – 2012. – № 3 (9).
5. Наумкин, Н. И. Подготовка будущих учителей технологий к инновационной деятельности в педагогико-технологической образовательной среде / Н. И. Наумкин, Н. Н. Шекшаева, В. Ф. Купряшкин, Е. В. Забродина. – Текст : непосредственный // Образование и наука. – 2022. – № 10 (24). – С. 124–164.
6. Новиков, С. М. Виртуальный лабораторный стенд по физике «Исследование магнитного поля соленоида и кольцевого проводника с током» / С. М. Новиков, П. О. Терешко. – Текст : непосредственный // Заметки ученого. – 2023. – № 7. – С. 192–196.
7. Симбирских, Е. С. Дидактический потенциал роботехнических VR-конструкторов в программах подготовки агроинженеров для отечественного АПК / Е. С. Симбирских, Н. О. Рачеев. – Текст : непосредственный // Агроинженерия. – 2021. – № 2 (102). – С. 75–79. – DOI: 10.26897/2687-1149-2021-2-75-79.
8. Хан, С. Г. Виртуальные лабораторные работы как форма дистанционного обучения / С. Г. Хан, Ж. С. Тлеубаева, А. Ю. Гинаятова. – Текст : непосредственный // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2020. – № 4 (51). – С. 193–203.
9. Шекшаева, Н. Н. Проектный метод реализации подготовки студентов к инновационной инженерной деятельности / Н. Н. Шекшаева. – Текст : электронный // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. – 2020. – № 2 (41). – С. 34–39. – URL: <https://journal.tltsu.ru/rus/index.php/VNSPP/article/view/9572> (дата обращения: 25.10.2024).
10. Chan-Woo, J. Design and validation testing of a complete paddy field-coverage path planner for a fully autonomous tillage tractor / J. Chan-Woo, K. Hak-Jin, Y. Changho et al. – Text : immediate // Biosystems Engineering. – 2021. – Vol. 208. – P. 79–97. – <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.05.008>.
11. Murillo, M. Improving path-tracking performance of an articulated tractor-trailer system using a non-linear kinematic model / M. Murillo, G. Sánchez, N. Deniz et al. – Text : immediate // Computers and Electronics in Agriculture. – 2022. – Vol. 196. – P. 106826. – <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106826>.
12. Oravec, J. Smart Eco Greenhouse VESNA / J. Oravec, P. Bakaráč, E. Pavlovičová, M. Fikar. – Text : immediate // IFAC-PapersOnLine. – 2023. – Vol. 56 (2). – P. 9576–9581. – <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.10.260>.
13. Rack-woo, K. Development of a VR simulator for educating CFD-computed internal environment of piglet house / K. Rack-woo, K. Jun-gyu, L. In-bok et al. – Text : immediate // Biosystems Engineering. – 2019. – Vol. 188. – P. 243–264. – <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.10.024>.
14. Rack-woo, K. Development of three-dimensional visualisation technology of the aerodynamic environment in a greenhouse using CFD and VR technology, Part 2: Development of an educational VR simulator / K. Rack-woo, K. Jun-gyu, L. In-bok et al. – Text : immediate // Biosystems Engineering. – 2021. – Vol. 207. – P. 12–32. – <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.02.018>.
15. Selly, M. Retention and loss pathways of soluble nutrients in biochar-treated slope land soil based on a rainfall simulator / M. Selly, C. Jyun-Yuan, H. Zeng-Yei, J. Shih-Hao. – Text : immediate // Soil & Environmental Health. – 2023. – Vol. 1 (2). – P. 100021. – <https://doi.org/10.1016/j.seh.2023.100021>.
16. Shyrokau, B. The effect of steering-system linearity, simulator motion, and truck driving experience on steering of an articulated tractor-semitrailer combination / B. Shyrokau, J. De Winter, O. Stroosma et al. – Text : immediate // Applied Ergonomics. – 2018. – Vol. 71. – P. 17–28. – <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.03.018>.
17. Watanabe, M. Identifying tractor overturning scenarios using a driving simulator with a motion system / M. Watanabe, K. Sakai. – Text : immediate // Biosystems Engineering. – 2021. – Vol. 210. – P. 261–270. – <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.08.010>.
18. Xiaoning, Zhao. Agricultural tractor dynamics simulation research based on a driving simulator with real-time human-machine interaction / Xiaoning Zhao, Yuefeng Du, Enrong Mao et al. – Text : immediate // Computers and Electronics in Agriculture. – 2022. – Vol. 203. – P. 107443. – <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107443>.
19. Xin, Zhao. An obstacle avoidance path planner for an autonomous tractor using the minimum snap algorithm / Xin Zhao, Ke Wang, Sixian Wu et al. – Text : immediate // Computers and Electronics in Agriculture. – 2023. – Vol. 207. – P. 107738. – <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107738>.
20. Xiongze, Han. Application of a 3D tractor-driving simulator for slip estimation-based path-tracking control of auto-guided tillage operation / Xiongze Han, Hak-Jin Kim, Chan Woo Jeon et al. – Text : immediate // Biosystems Engineering. – 2019. – Vol. 178. – P. 70–85. – <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.11.003>.
21. Yang, Geng. Designing a grain dust simulator for dusty environments in typical grain bins in the Mid-western United States / Yang Geng, Lingying Zhao, S. Dee Jepsen. – Text : immediate // Biosystems Engineering. – 2022. – Vol. 220. – P. 203–213. – <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.05.020>.

REFERENCES

1. Guss, S. V. (2023). Ot laboratornogo stenda dlya izucheniya osnov komp'yuternykh setei k khakerspeisu dlya izobretatelei i sorevnovatel'nomu kiberpoligonu [From a Lab Bench for Studying the Basics of Computer Networks to a Hackerspace for Inventors and a Competitive Cyber-testing Ground]. In *Matematicheskie struktury i modelirovanie*. No. 4 (68), pp. 120–129.

2. Dmitriev, V. M., Gembukh, L. A. (2022). Kontseptual'naya model' real'no-virtual'noi laboratorii [Conceptual Model of a Real-virtual Laboratory]. In *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika*. No. 2, pp. 5–16.
3. Isaeva, T. E., Malishevskaya, N. A. (2021). Realizatsiya kompetentnogo podkhoda v professional'noi podgotovke obuchayushchikhsya tekhnicheskikh vuzov posredstvom ispol'zovaniya elektronnykh simulyatorov [Implementation of a Competency-based Approach in Professional Training of Students of Technical Universities through the Use of Electronic Simulators]. In *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta*. No. 2, pp. 132–146.
4. Naigovzina, N. B., Filatov, V. B., Gorshkov, M. D., Gushchina, E. Yu., Kolysh, A. L. (2012). Obshcherossiiskaya sistema simulyatsionnogo obucheniya, testirovaniya i attestatsii v zdravookhraneni [All-Russian System of Simulation Training, Testing and Certification in Healthcare]. In *Meditinskoe obrazovanie i professional'noe razvitie*. No. 3 (9).
5. Naumkin, N. I., Shekshaeva, N. N., Kupryashkin, V. F., Zabrodina, E. V. (2022). Podgotovka budushchikh uchitelei tekhnologii k innovatsionnoi deyatel'nosti v pedagogiko-tekhnologicheskoi obrazovatel'noi srede [Preparing Future Technology Teachers for Innovative Activities in the Pedagogical and Technological Educational Environment]. In *Obrazovanie i nauka*. No. 10 (24), pp. 124–164.
6. Novikov, S. M., Tereshko, P. O. (2023). Virtual'nyi laboratornyi stand po fizike «Issledovanie magnitnogo polya solenoida i kol'tsevoogo provodnika s tokom» [Virtual Laboratory Stand on Physics “Study of the Magnetic Field of a Solenoid and a Ring Conductor with Current”]. In *Zametki uchenogo*. No. 7, pp. 192–196.
7. Simbirskikh, E. S., Racheev, N. O. (2021). Didakticheskii potentsial robotekhnicheskikh VR-konstruktorov v programmakh podgotovki agroinzhenerov dlya otechestvennogo APK [Didactic Potential of Robotic VR-designers in Programs for Training Agricultural Engineers for the Domestic Agro-industrial Complex]. In *Agroinzheneriya*. No. 2 (102), pp. 75–79. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-2-75-79.
8. Han, S. G., Tleubaeva, J. S., Ginayatova, A. Yu. (2020). Virtual'nye laboratornye raboty kak forma distantsionnogo obucheniya [Virtual Laboratory Work as a Form of Distance Learning]. In *Vestnik Almatinskogo universiteta energetiki i svyazi*. No. 4 (51), pp. 193–203.
9. Shekshaeva, N. N. (2020). Proektnyi metod realizatsii podgotovki studentov k innovatsionnoi inzhenernoi deyatel'nosti [Project-based Method for Implementing the Preparation of Students for Innovative Engineering Activities]. In *Vektor nauki Tol'yattinskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pedagogika, psikhologiya*. No. 2 (41), pp. 34–39. URL: <https://journal.tltsu.ru/rus/index.php/VNSPP/article/view/9572> (mode of access: 25.10.2024).
10. Chan-Woo, J., Hak-Jin, K., Changho, Y. et al. (2021). Design and Validation Testing of a Complete Paddy Field-coverage Path Planner for a Fully Autonomous Tillage Tractor. In *Biosystems Engineering*. Vol. 208, pp. 79–97. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.05.008>.
11. Murillo, M., Sánchez, G., Deniz, N. et al. (2022). Improving Path-tracking Performance of an Articulated Tractor-trailer System Using a Non-linear Kinematic Model. In *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 196, p. 106826. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106826>.
12. Oravec, J., Bakaráč, P., Pavlovičová, E., Fikar, M. (2023). Smart Eco Greenhouse VESNA. In *IFAC-PapersOnLine*. Vol. 56 (2), pp. 9576–9581. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.10.260>.
13. Rack-woo, K., Jun-gyu, K., In-bok, L. et al. (2019). Development of a VR Simulator for Educating CFD-computed Internal Environment of Piglet House. In *Biosystems Engineering*. Vol. 188, pp. 243–264. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.10.024>.
14. Rack-woo, K., Jun-gyu, K., In-bok, L. et al. (2021). Development of Three-dimensional Visualisation Technology of the Aerodynamic Environment in a Greenhouse Using CFD and VR Technology, Part 2: Development of an Educational VR Simulator. In *Biosystems Engineering*. Vol. 207, pp. 12–32. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.02.018>.
15. Selly, M., Jyun-Yuan, C., Zeng-Yei, H., Shih-Hao, J. (2023). Retention and Loss Pathways of Soluble Nutrients in Biochar-treated Slope Land Soil Based on a Rainfall Simulator. In *Soil & Environmental Health*. Vol. 1 (2), p. 100021. <https://doi.org/10.1016/j.seh.2023.100021>.
16. Shyrokau, B., De Winter, J., Stroosma, O. et al. (2018). The Effect of Steering-system Linearity, Simulator Motion, and Truck Driving Experience on Steering of an Articulated Tractor-semitrailer Combination. In *Applied Ergonomics*. Vol. 71, pp. 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.03.018>.
17. Watanabe, M., Sakai, K. (2021). Identifying Tractor Overturning Scenarios Using a Driving Simulator with a Motion System. In *Biosystems Engineering*. Vol. 210, pp. 261–270. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.08.010>.
18. Xiaoning, Zhao, Yuefeng, Du, Enrong, Mao et al. (2022). Agricultural Tractor Dynamics Simulation Research Based on a Driving Simulator with Real-time Human-machine Interaction. In *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 203, p. 107443. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107443>.
19. Xin, Zhao, Ke, Wang, Sixian, Wu et al. (2023). An Obstacle Avoidance Path Planner for an Autonomous Tractor Using the Minimum Snap Algorithm. In *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 207, p. 107738. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107738>.
20. Xiongze, Han, Hak-Jin, Kim, Chan Woo, Jeon et al. (2019). Application of a 3D Tractor-driving Simulator for Slip Estimation-based Path-tracking Control of Auto-guided Tillage Operation. In *Biosystems Engineering*. Vol. 178, pp. 70–85. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.11.003>.
21. Yang, Geng, Lingying, Zhao, Dee Jepsen, S. (2022). Designing a Grain Dust Simulator for Dusty Environments in Typical Grain Bins in the Midwestern United States. In *Biosystems Engineering*. Vol. 220, pp. 203–213. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.05.020>.