

2. Комаров В. А. Формирование надежности ремонтно-технологического оборудования на сервисных предприятиях / В. А. Комаров, В. А. Мачнев, А. В. Григорьев // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 5. – С. 33 – 36.

3. Гайдар С.М., Свечников В.Н., Усманов А.Ю., Иванов М.И. Улучшение эксплуатационных характеристик двигателя с применением нанотехнологий // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 111. № 1. С. 4-8.

4. Гайдар С.М., Чумаков А.Г. Перспективы применения нанотехнологий в двигателестроении //Авиационно-космическая техника и технология. 2009.№10(67). С. 12-16.

5. Гайдар С.М. Характеристика и показатели наноматериалов для снижения износа деталей сельхозмашин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009. № 12. С. 20-22.

УДК681.3+631.6

## **ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

*Горностаев Владислав Игоревич, к.т.н. ст. преподаватель кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [vgornostaev@rgau-msha.ru](mailto:vgornostaev@rgau-msha.ru)*

*Новиченко Антон Игоревич, к.т.н. доцент, доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [novichenko@rgau-msha.ru](mailto:novichenko@rgau-msha.ru)*

*Анисимов Андрей Валерьевич, аспирант кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [giffugo@yandex.ru](mailto:giffugo@yandex.ru)*

**Аннотация:** в статье рассмотрены основные методы функционального моделирования в решении задач производственно-технической эксплуатации машин в природообустройстве.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, цифровая тень, функциональное моделирование, производственно-техническая эксплуатация.

Современные тенденции развития экономики России направлены в сторону цифровизации, в соответствии с государственной программой «Цифровая экономика Российской Федерации». Согласно целям, поставленным перед программой инструментами для их реализации будут являться следующие информационные технологии: большие данные;нейротехнологии и искусственный интеллект;системы распределенного реестра;квантовые технологии;новые производственные технологии;промышленный интернет;компоненты робототехники и сенсорики;технологии беспроводной связи;технологии виртуальной и дополненной реальностей [1].

Особое внимание следует уделить новым трендам, таким как цифровые двойники. У данного термина уже существует множество определений, а его первое упоминание было в 2013 году в зарубежных научных публикациях. О цифровых двойниках в сельском хозяйстве первые публикации появились позднее, начиная с 2018 года, но термин не получил четкого определения, регламентированного современными стандартами.

Применение цифровых двойников в сельском хозяйстве может быть востребовано в ближайшем будущем и наиболее вероятно, переход к таким информационным технологиям будет разделен на несколько этапов. Поэтапно должны внедряться цифровые двойники продуктов, процессов и в заключении систем. Определения этих терминов может быть следующим [2]:

«Цифровой двойник» продукта:

Представляет собой виртуальную модель конкретного продукта. Производители используют данный тип «цифрового двойника» перед настройкой производственной линии, чтобы проанализировать, как продукт будет работать в различных условиях, и какие проблемы могут возникнуть в реальном мире. Он позволяет вносить необходимые корректировки и создавать более эффективный продукт. В результате цифровой двойник реального продукта помогает уменьшить производственные затраты при его выходе на рынок.

«Цифровой двойник» процесса:

Эти модели имитируют производственные процессы. Виртуальный производственный процесс может создать различные сценарии и показать то, что произойдет при различных ситуациях. Это позволяет компании разрабатывать наиболее эффективную методику производства. Процесс можно оптимизировать с помощью виртуальных двойников продукта для каждой части оборудования. Таким образом, предприятие сможет выполнять профилактическое обслуживание, избегая дорогостоящих простоев. Производство станет безопаснее, быстрее и эффективнее.

«Цифровой двойник» системы:

Это виртуальные модели всей системы целиком (например, завода или фабрики). Они собирают огромные объемы операционных данных, производимых устройствами и продуктами в системе, получают представление и создают новые бизнес-возможности для оптимизации всех процессов.

Создание цифрового двойника начинается с описания наименьших самостоятельных элементов системы, взаимодействующих друг с другом в условиях рассматриваемой среды, образуя систему, функционирующую в соответствии с ограничениями, определенными технологией.

В рамках кафедральной НИР «Разработка информационной системы поддержки технологических процессов в агропромышленном комплексе на основе мультиагентного моделирования (на примере работ в природообустройстве)» была предложена методика оптимизации марочного состава комплекса технологических машин при производстве работ по строительству линейно-протяженных сооружений в природообустройстве на основе технологий имитационного моделирования. Предложенная методика

отражает основные этапы разработки цифровых двойников продукта и процесса.

На первом этапе выполняется сбор и обработка информации по основным объектам исследования. Выбирается план эксперимента и изучаются главные факторы, влияющие на основную функцию объекта. Наиболее перспективно на данном этапе и далее использовать мониторинг исследуемых объектов [3].

На втором этапе изучается технологический процесс, выполняется системный анализ существующих в изучаемой системе связей, и разрабатывается его структурная, концептуальная и, впоследствии, имитационная модель. Создание имитационной модели предлагается в унифицированном виде, что позволяет переносить данную методику на различные технологические процессы [4].

На третьем этапе разрабатывается план компьютерного эксперимента, определяется необходимая точность, выполняется расчет, производится вывод и анализ полученной информации [5].

Изучение других технологических процессов, выполняемых на исследуемом предприятии, и их объединение в общей системе будет являться цифровым двойником системы.

Использование современных технологий в управлении производственными процессами в сельском хозяйстве, наиболее эффективно, может быть использовано при планировании и распределении ресурсов предприятия по видам работ.

### **Библиографический список**

1. Федеральная целевая программа «Цифровая экономика Российской Федерации» от 28 июля 2017 г. №1632-р.

2. Кокорев Дмитрий Сергеевич, Юрин Александр Александрович Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса // Colloquium-journal. 2019. №10 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovyye-dvoyniki-ponyatie-tipy-i-preimuschestva-dlya-biznesa> (дата обращения: 06.06.2020).

3. Горностаев, В.И. Системный подход в исследовании технологических процессов в сфере механизации сельского хозяйства / В.И. Горностаев, А.И. Новиченко, И.М. Подхватилин // Сб. матер. Междунар. научн. конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 150-летию А.В. Леонтовича.– М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019.– С.494-496.

4. Горностаев, В.И. Функциональное моделирование технологических систем в задачах оценки эффективности механизированных процессов в природообустройстве / А.И. Новиченко, И.М. Подхватилин, В.А. Евграфов, В.И. Горностаев, А.В. Анисимов // Научное обозрение: науч.-практ. журн., 2016.– №24.– С. 85-90.

5. Новиченко, А.И. Оценка степени влияния технологических параметров производственных процессов природообустройства на эффективность их реализации [Текст] / А.И. Новиченко, И.М. Подхватилин, В.И. Горностаев, А.В. Анисимов // Международный технико-экономический журнал.– 2018.– №6.– С. 83-89.