

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник научно-образовательного центра
доктор военных наук профессор



С.В. Баушев

14 января 2025

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Галиуллина И.Г. на тему: «Информационно-управляющие системы беспилотных сельскохозяйственных транспортных средств», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.2.11 – Информационно-измерительные и управляющие системы

Диссертационная работа Галиуллина И.Г. посвящена повышению уровня интеграции информационно-управляющих процедур в процессах создания и эксплуатации БСТС на основе разработки шаблонов их проектирования с определением и устранением ключевых системных ограничений.

Наблюдается внедрение ресурсосберегающих технологий, информационно-измерительных и управляющих систем, средств автоматизации для решения широкого спектра производственных задач. Создание и масштабное использование беспилотных сельскохозяйственных транспортных систем (БСТС) направлено не только на обеспечение технологического суверенитета и продовольственной независимости Российской Федерации, но и на сокращение трудозатрат и повышения производительности, а также на значительное снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Создание современных БСТС требует не только разработки самих систем, но и учета ряда методологических аспектов. Важность комплексного

БГТУ "ВОЕНМЕХ"
им. Д.Ф. Устинова
Вх. № 8.1-25-1
от 20.01.25

проектирования, включая применение концепции бережливого производства и шаблонов проектирования, высока, поскольку эффективное внедрение БСТС зависит от создания технологических, экологически устойчивых и оптимальных решений.

Таким образом, диссертация посвящена исследованию и разработке современных сельскохозяйственных БСТС, с фокусом на сценариях эксплуатации, уровнях использования современных методологий проектирования информационно-управляющих систем для создания эффективных и устойчивых технологических решений в сельском хозяйстве.

Таким образом, тема диссертационного исследования И.Г. Галиуллина является актуальной.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Разработан универсальный шаблон проектирования беспилотных сельскохозяйственных транспортных систем, состоящий из 4 подсистем и 14 функциональных блоков, что позволяет создать новые элементы структуры информационно-измерительных и управляющих систем для сельскохозяйственного назначения.

2. В работе впервые выявлены и описаны ключевые системные ограничения ин формационно-управляющих систем беспилотных сельскохозяйственных транспортных средств. Это значимо для понимания особенностей функционирования данных систем и определения направлений их улучшения. Ключевые системные ограничения:

– ограниченность ресурсов и строгая приоритезация задач вычислительной подсистемы (латентность срабатывания на уровне 0,5-1 сек; количество одновременно выполняемых задач не более 2-х);

– пропускная способность, латентность, джиттер, помехоустойчивость подсистемы коммуникации и связи (скорость связи без потери соединения не более 1-2 Мбит\с, латентность на уровне 300-400 мс, джиттер на уровне 20-50 мс);

– частота получения навигационных оценок, точность позиционирования качество сигнала и количество наблюдаемых спутников в подсистеме

позиционирования и навигации (частота получения навигационных оценок 1Гц, точность позиционирования – 2-3 метра, обеспечивается достаточное качество приема сигналов спутников исключительно на открытой местности, без заезда в укрытия гаражного/ангарного типа);

– скорость обработки данных, количество и качество различных распознаваемых объектов в подсистеме машинного зрения (количество обрабатываемых кадров – до 2 в секунду, количества одновременно анализируемых объектов – от 3 до 5; стабильная работа исключительно в условиях отсутствия засветки и неблагоприятных погодных явлений).

3. Предложены новые методы устранения системных ограничений в сельскохозяйственных беспилотных транспортных системах, основанные на синергии бережливого производства и теории ограничений. Этот подход является инновационным и позволяет эффективно оптимизировать процессы функционирования данных систем:

– вычислительная подсистема: использование операционной системы реального времени совместно с промышленными микроконтроллерами с приоритизацией задач с использованием расширения реального времени обеспечивает латентность срабатывания на уровне 0,05-0,1 сек с количеством одновременно выполняемых задач – до 14 с динамической регулировкой приоритетов (соответственно количеству функциональных блоков информационно-управляющих системы).

– система позиционирования и навигации: использование многоточечной системы инерциальной навигации одновременно с методом получения высокоточных координат и взаимной калибровкой показаний обеспечивает повышение частоты обновления навигационных оценок до 100 Гц с уменьшением СКО позиционирования до 0,1 метра. Одновременно с этим достигается функционирование системы навигации в полном автономе (в условиях недоступности навигационного созвездия спутников ГНСС) до 10-15 минут с точностью до 1,5% от пройденной траектории в указанном режиме;

– система связи: использование низколатентных профилей радиоинтерфейсов 5G одновременно с применением протокола помехоустойчивой связи без установления соединения позволяет радикально (в 10 и более раз) снизить количество разрывов (потерь пакетов, сопровождающих повреждения и (или) комплексную потерю видеокадра) при скоростях передачи до 10-20 Мбит\с;

– машинное зрение: использование современных аппаратно-акселерированных нейросетей последнего поколения, оптимизированных по размеру видеопамати и разрешению совместно с унификацией условий наблюдения при помощи алгоритмов адаптивной нормализации видеопотока обеспечили увеличение показателя количества кадров обработки до 10 в секунду и количества одновременно анализируемых объектов от 15 до 20, в том числе при неблагоприятных условиях наблюдения (снег, дождь, туман, сумерки и пр.).

4. Разработана новая структура и методы построения виртуальных полигонов верифицируемых систем достоверной симуляции и комплексного воспроизведения динамических процессов и объектов робототехнических транспортных систем сельскохозяйственного назначения. Это новшество позволяет создавать более точные и реалистичные модели данных систем для проверки и верификации их работы: наивысшее процентное соотношение максимального отклонения по отношению к общей длине траектории составляет 0,42%, а СКО по отношению к длине траектории: 0,14% (сравнение маршрутов движения реального и виртуального БСТС).

Практическая значимость работы:

1. Разработанные шаблоны проектирования обеспечивают ускорение и значительную степень унификации технических решений при разработке систем беспилотных транспортных средств.

2. Принципы определения системных ограничений позволяют обнаружить ограничения на стадии проектирования и обеспечить учет их при принятии конкретных технических решений.

3. Идентификация и снятие системных ограничений способствует более быстрому и точному принятию решений в ходе разработки инфокоммуникационных систем. Это ускоряет внедрение новых технологий и снижает временные затраты.

4. Подходы виртуального и полунатурного моделирования предлагают инструменты для более эффективной верификации разработанных систем. Это уменьшает риски при внедрении новых технологий и способствует созданию более надежных и адаптируемых беспилотных сельскохозяйственных транспортных средств.

Достоверность полученных результатов подтверждается корректностью используемых методов математического и виртуального моделирования, обработки изображений, а также технологий распознавания образов и фильтрации цифровых данных. Кроме того, применялись принципы бережливого производства и теории ограничений для рассмотрения вопросов оптимизации процессов проектирования инфокоммуникационных систем беспилотных транспортных средств с целью повышения эффективности.

Экспериментальная составляющая включала в себя натурные испытания и применение программного обеспечения для математического и системного моделирования.

Основные научные и практические результаты исследований, представленные в диссертации, отражены в 7 статьях в изданиях, входящих в перечень ВАК, результаты интеллектуальной деятельности защищены 13 свидетельствами о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Замечания по автореферату:

1. Из автореферата не совсем понятно, что автор имеет ввиду под «шаблонами проектирования», исходя из фразы: «Шаблоны проектирования являются основным ключевым механизмом применения принципов бережливого производства».

2. Недостаточно полно обоснован шаблон проектирования беспилотных сельскохозяйственных транспортных систем, его последующие улучшения и возможные направления развития.

3. «Руководство группой», по нашему мнению, следует рассматривать не как вклад в теорию (науку – стр. 7), а как подтверждение реализуемости в инженерную деятельность группой специалистов и инженеров КФУ.

4. В автореферате используется аббревиатура КФУ, которая не расшифрована в его тексте. Не совсем понятно, почему информационно-управляющую систему в автореферате сокращают, как ИС, вместо ИУС. Также по всему тексту автореферата присутствует сокращение ИС.

5. В тексте автореферата в описании публикаций отмечается, что «результаты работы представлены в 7 статьях в изданиях ВАК». В списке опубликованных работ по теме диссертации, в статьях в рецензируемых изданиях из списка ВАК приводится 9 статей.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы.

Диссертация Галиуллина И.Г. представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, актуальна, ее результаты имеют научную и практическую ценность. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.13 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Галиуллин Искандер Гаязович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11 – Информационно-измерительные и управляющие системы.

Инженер-конструктор 1 категории,
Кандидат технических наук



А.Г. Сенникова

Контактные данные: 192012, Россия, Санкт-Петербург, вн.тер.г. муниципальный округ Рыбацкое, пр-кт Обуховской Обороны, д. 120, стр. 19, помещ. 1-Н, №708
Телефон: +7(952) 391-64-48, 8(812) 207-23-29
Электронный адрес: anna20081801@rambler.ru