

## **Отзыв**

официального оппонента, доктора технических наук доцента, заведующего отделом технологий и машин для садоводства, виноградарства и питомниководства Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

Смирнова Игоря Геннадьевича на диссертацию Мешковой Светланы Сергеевны «Обоснование выбора рационального направления движения сельскохозяйственного агрегата по полю сложной конфигурации», представленной к публичной защите на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационный совет 35.2.008.01, созданный на базе ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

### **Актуальность темы исследования**

Одним из наиболее эффективных способов повышения производительности выполнения технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур при наименьших затратах ресурсов считается уменьшение холостого пути движения сельскохозяйственных агрегатов.

При активном развитии и применении цифровых технологий, систем навигации, технических средств и приборного оборудования для сбора и передачи данных в сельскохозяйственном производстве предложенное автором решение по повышению производительности, путем выбора рационального направления движения сельскохозяйственного агрегата, является своевременным и актуальным.

### **Оценка содержания, языка и стиля диссертации, ее соответствия предъявляемым требованиям**

Диссертационная работа изложена технически грамотно, в научном стиле, с применением достаточного количества таблиц, графиков, схем, диаграмм и рисунков. Структура диссертации логически выдержана, полученные новые результаты исследования соответствуют паспорту научной специальности 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса» (технические науки). Оформление текста диссертации в объеме 167

страниц, 21 таблицы, 64 рисунков, 4 приложений не противоречит требованиям национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 7.0.11. Диссертация имеет прикладной характер, в приложениях Б и В приведены сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов в виде актов внедрения в производство и учебный процесс.

**Во введении** обоснована актуальность темы, приведена степень ее разработанности, определены объект и предмет исследования, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна, изложены теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследований, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов, отражены личный вклад соискателя, количество публикаций соискателя по теме диссертации, структура и объем диссертационной работы.

**В первой главе** «Анализ существующих направлений движения сельскохозяйственных агрегатов при обработке полей» показано, что внедрение в полеводство цифровых технологий позволяет выполнить анализ условий проведения сельскохозяйственных операций до выезда агрегатов в поле, реализовать моделирование операций технологического процесса, используя в качестве основы модели карты сельскохозяйственных полей, выбрать наиболее рациональные режимы возделывания и уборки культур. Для этого необходимы адекватные цифровые математические модели управления обработкой поля, позволяющие аналитическим методом обосновать рациональные рабочие режимы движения агрегатов на поле сложной конфигурации, согласовать работу технологических и транспортных средств.

**Во второй главе** «Теоретическое обоснование выбора направления движения сельскохозяйственного агрегата на полях сложной конфигурации» установлено, что существенное влияние на технико-экономические показатели работы агрегата при выполнении сельскохозяйственной операции оказывают угол подхода агрегата к границе поля и угол линий гона агрегата. Рассмотрена возможность применения предлагаемого автором рационального направления движения агрегата на различных технологических операциях. В

качестве примера взяты технологические карты на производство озимой пшеницы, яровой пшеницы, люцерны. Анализ технологических операций позволил соискателю выбрать операции, которые могут быть проведены без ограничения выбора угла направления движения агрегата, операции на выбор направления движения для выполнения которых накладываются ограничения и операции, на которых нецелесообразно использовать предлагаемый метод.

Соискателем предлагается в цифровой паспорт поля добавить информацию о величине рационального угла направления движения агрегата и о координатах точек начала обработки в зависимости от планируемого числа загонок. Исходным объектом исследования принималась Яндекс-карта или карта поля, полученная съемкой с использованием квадрокоптера с последующей обработкой численным методом путем сопоставления элементарных участков траектории агрегата с геометрическим объектом, представляющим поле. Криволинейные границы на карте поля предлагается спрямить методом наименьших квадратов отрезками прямых линий и полученную геометрическую фигуру анализировать методом многоугольников.

**В третьей главе** «Программа и методика экспериментальных исследований» изложены программа экспериментальных исследований, методики проведения экспериментальных исследований и обработки результатов.

**В четвертой главе** «Результаты экспериментальных исследований направления движения сельскохозяйственного агрегата по полю сложной конфигурации» представлены результаты экспериментальных исследований направления движения сельскохозяйственного агрегата по полю сложной конфигурации. В качестве графических моделей поля использовались электронные карты реальных полей, расположенных в ООО «АВАНГАРД-АГРО-Воронеж» и СХА «Терновская». Так же проведена проверка работоспособности разработанной программы для ЭВМ.

**В пятой главе** «Экономическое обоснование предложенных решений» приведен расчет экономических показателей при использовании предложенных рекомендаций рационального направления движения агрегата по полю сложной

конфигурации. Годовой экономический эффект от применения рационального направления движения агрегата может достигнуть: при предпосевной культивации (площадь поля 147 га) – 23814 руб.; при скашивании травы (площадь поля 45 га) – 7560 руб.

**В заключении** приведены семь основных выводов, рекомендации по использованию результатов и сформулированы перспективные направления дальнейшей разработки темы.

**Список литературы** сгруппирован систематическим способом и содержит 138 источников информации в виде актуальных научных статей в рецензируемых изданиях, учебных пособий.

**В приложениях** представлены разработанная компьютерная программа, акты внедрения результатов.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Автором получены следующие значимые теоретические результаты:

– концепция подсистемы управления направлением движения сельскохозяйственных агрегатов по полю сложной конфигурации, отличающаяся наличием элемента искусственного интеллекта;

– аналитические зависимости для обоснования рационального угла направления движения сельскохозяйственных агрегатов по полю сложной конфигурации, отличающиеся использованием метода многоугольников для представления полей сложной конфигурации и их участков;

– закономерности изменения величины холостого пути от угла подхода агрегата к границе поля сложной конфигурации, отличающиеся учетом параметров полей сложной конфигурации при их представлении методом многоугольников.

**Практическую значимость** имеют:

– разработанный алгоритм и компьютерная программа для обоснования рационального угла направления движения сельскохозяйственных агрегатов

по полю сложной конфигурации, отличающиеся учетом параметров полей сложной конфигурации (свидетельство о регистрации программы № 2023610894);

– рекомендации по применению разработанного алгоритма и компьютерной программы во время работы в реальных условиях сельскохозяйственного производства.

### **Апробация результатов исследования**

Результаты диссертационных исследований используются в УНТЦ «Агротехнология», ООО «АВАНГАРД-АГРО-Воронеж», СХП «Рамонское-1», а также в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» и магистров по направлению 35.04.06 «Агроинженерия», что подтверждено соответствующими актами внедрения.

Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на международной научной конференции, посвященной 125-летию со дня рождения В.С. Немчинова в 2020 г., г. Москва; II Международной научно-технической конференции «Smart Energy Systems 2021» в 2021 г., г. Казань; конференции «Цифровые технологии в сельском хозяйстве Российской Федерации и мирового сообщества» в 2021 г., г. Ставрополь, а также на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ в 2019–2024 годах.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна**

На основании анализа полученных в результате теоретических и экспериментальных исследований данных соискателем в диссертационной работе сформулировано заключение, включающее в себя семь выводов по итогам проведенных исследований.

Первый вывод констатирует, что концепция подсистемы управления направлением движения сельскохозяйственных агрегатов по полю сложной конфигурации предусматривает в подсистеме элемент искусственного интеллекта, позволяющий работать с базами событий, знаний и формирования решений, способный выбрать из базы знаний, необходимые математические модели, описывающие конфигурацию исследуемого поля, выполнить расчеты, определить рациональный угол направления движения агрегата и передать данные в навигационную систему машины.

Вывод обладает новизной и не противоречит исследованиям других авторов.

Второй и третий вывод сделаны на основе результатов собственных исследований соискателя и информирует о том, что аналитические зависимости для обоснования рационального угла направления движения сельскохозяйственных агрегатов по полю сложной конфигурации, позволяют при планировании и в процессе выполнения сельскохозяйственных работ обосновать рациональный угол направления движения агрегата по полю сложной конфигурации. Для численной реализации указанных аналитических зависимостей разработаны алгоритм и компьютерная программа, интегрированные в подсистему управления направлением движения сельскохозяйственных агрегатов по полю сложной конфигурации.

Выводы являются новыми, вытекают из результатов исследований, полученных соискателем.

Четвертый вывод основан на результатах экспериментальных и полевых исследований содержит информацию о том, что отклонение результатов расчета условной ширины поля для заданных углов линий гона агрегата по предложенным формулам от данных, полученных измерением параметров геометрической модели поля, не превышают 2 %, а при полевых испытаниях – 10,2 %.

Вывод подтверждает адекватность математических моделей результатам экспериментальных исследований.

Пятый вывод основан на результатах экономической оценки предложенных решений и подтверждает экономический эффект.

Вывод достоверен и подтверждает целесообразность практического применения результатов диссертации.

Шестой вывод содержит рекомендации применения алгоритма и компьютерной программы для обоснования рационального направления движения сельскохозяйственного агрегата по полю сложной конфигурации, использования в подсистеме управления направлением движения сельскохозяйственных агрегатов по полю сложной конфигурации.

Седьмой вывод определяет перспективы дальнейшей разработки темы в изучении процессов управления движением сельскохозяйственных агрегатов по полям сложной конфигурации с применением систем навигации, искусственного интеллекта для оптимизации реализуемых технологических процессов по критериям эффективности использования машинно- тракторного парка.

Таким образом, основные выводы соискателя, направленные на обоснование выбора рационального направления движения агрегатов по полю сложной конфигурации, являются достоверными, достаточно обоснованными и в перспективе могут быть расширены при дальнейших исследованиях.

### **Полнота опубликования основных научных результатов работы в печати и соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

По материалам диссертации опубликовано 13 статей, в том числе четыре статьи – в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций; получено одно свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Автореферат соответствует предъявляемым требованиям, имеет краткое изложение материала диссертации, текст расположен в последовательности, представленной в основной работе, содержание выводов не имеет отклонений от их изложения в диссертации.

## Замечания по диссертации

1. Автором применяется понятие «Поле сложной конфигурации», при этом не приводится расшифровка этого понятия. По каким параметрам автор относит поле к сложной конфигурации? Целесообразно привести ранжирование сельскохозяйственных полей по степени сложности конфигураций.

2. При проведении обзора следовало рассмотреть современные методы выбора рационального направления движения, например, методы лазерной дальнометрии (датчик LiDAR) и алгоритмы машинного обучения с системами компьютерного зрения.

3. В разделе 2 не приведена целевая функция для обоснования рационального угла направления движения сельскохозяйственных агрегатов по полю сложной конфигурации, и не ясно какой параметр выступает критерием оптимальности для учета параметров полей сложной конфигурации?

4. При описании результатов экспериментальных исследований не учтена скорость движения сельскохозяйственного агрегата по полю сложной конфигурации, при этом именно скорость движения играет основную роль в определении производительности агрегата.

5. Непонятно, каким образом в интерфейсе разработанной программы реализовано моделирование процесса движения агрегата с разворотами у границ поля.

6. Оценивалась ли автором погрешность вычисления масштаба полученной карты поля при проведении съемки с квадрокоптера? Для вычисления масштаба полученных карт следовало использовать современные программные средства, такие как QGIS (Quantum GIS), ArcGIS или др.

7. Имеются некоторые замечания редакционного плана, в частности в оглавлении пропущен раздел 1.5

## Заключение по диссертации

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Мешковой Светланы Сергеевны на тему: «Обоснование выбора рационального направления движения сельскохозяйственного агрегата по полю сложной конфигурации». Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям действующего Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, и паспорту научной специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

В диссертации изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по обоснованию выбора рационального направления движения сельскохозяйственного агрегата по полю сложной конфигурации, имеющие существенное значение для развития сельского хозяйства Российской Федерации.

Считаю, что Мешкова Светлана Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент: Смирнов Игорь Геннадьевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», заведующий отделом технологий и машин для садоводства, виноградарства и питомниководства. Почтовый адрес: 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5, +7 (499) 174-87-04, e-mail: vim@vim.ru

*Подпись*



*13 мая 2024 г.*

*[Handwritten signature]*

Смирнов И.Г.

*завещаю.*  
*А. В. Соколов*