

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Сухарева Романа Юрьевича

«Научные основы автономного управления колесными дорожно-строительными машинами» по специальности

2.5.11. – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук

Актуальность избранной темы

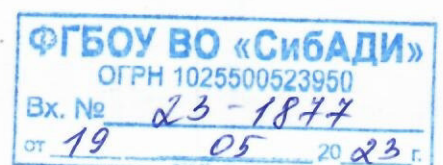
Строительство и ремонт дорог является важной составляющей инфраструктуры любого региона России, что особенно востребовано и будет востребовано после завершения специальной военной операции. Требования, предъявляемые к строительству дорог I категории, отличаются высокой точностью. Высокие требования по точности, сопряжены с ограниченными возможностями по точности существующих дорожно-строительных машин (ДСМ) и машиниста, который при выполнении работ, как правило, руководствуется собственными званиями и опытом, что естественно снижает качество дорожного полотна.

Применение систем автономного управления ДСМ позволит не только снизить долю ручного труда на всех этапах строительства и ремонта дорог, начиная с этапа геодезических изысканий до завершения на этапе приемосдаточных работ, но и уменьшить себестоимость производства самих работ и осуществлять проектирование и строительство дорог с использованием BIM-технологий. Разработка методологии автономного управления дорожно-строительных машин с целью создания перспективных систем управления, позволят осуществлять рабочий процесс машины без участия человека.

Исходя из сказанного выше, очевидна актуальность темы диссертационных исследований.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность результатов и выводов диссертации базируются на системном анализе источников научно-технической литературы, относящихся к решению вопросов эффективного и оптимального управления дорожно-строительными машинами, что позволило диссертанту корректно сформулировать цель и задачи исследования. Предлагаемая автором научная гипотеза автономного управления колесными ДСМ позволяет создать как принципиально новый



класс систем автономного управления, так и повысить эффективность работы колесных ДСМ.

Результаты исследований и выводы, сделанные в работе обоснованы применением методов, базирующихся на основных положениях в области теории резания и копания грунта рабочими органами землеройных машин, являющихся машинами основного технологического назначения. При этом, при строительстве дорог учитывались рельеф местности и различные траектории их движения машин. Это позволило автору сформулировать концепцию автономного управления дорожно-строительными машинами, позволяющую моделировать требуемые траектории движения машины при формировании земляного полотна с различным расположением рабочего органа, а также установить совокупную зависимость между:

конструктивными и эксплуатационными параметрами машины;
параметрами системы автономного управления;
критерием эффективности при формировании земляного полотна колесной дорожно-строительной машины.

Представленные в диссертационной работе материалы с выводами и рекомендациями прошли апробацию на различных международных и всероссийских научно-технических конференциях и были опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК по направлению 2.5.11.

Научные положения, выводы и рекомендации, изложенные в диссертации Сухарева Р.Ю., являются обоснованными и дополняют имеющиеся научные знания о построении траектории дорожно-строительной машины, с учетом кинематических ограничений колесных машин, применяемых при строительстве и ремонте дорог, координат путевых точек и азимутов направления дальнейшего их движения.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных результатов диссертационной работы подтверждена хорошей корреляционной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований при проведении модельного и компьютерного экспериментов.

Научная новизна работы, отмеченная в диссертации Сухарева Романа Юрьевича, заключается в следующем:

1. Разработанная математическая модель рабочего процесса дорожно-строительной машины, как сложной динамической системы «разрабатываемая среда – машина», позволяет моделировать и задавать требуемые траектории движения машины при формировании земляного

полотна с различным расположением рабочего оборудования относительно базы машины за счет введения «вектора состояния ДСМ», представляющего собой вектор координат дорожно-строительной машины и ее частей. Адекватность математической модели экспериментально подтверждена тем, что расхождения экспериментальных и теоретических значений не превышают:

при проведении активного эксперимента – 5 %;

при проведении пассивного эксперимента – 7 %.

2. Полученные автором функциональная зависимость оптимальных значений параметра «дальность видимости» в зависимости от конструктивных и эксплуатационных параметров колесной ДСМ, позволяет повысить точность при управлении колесной ДСМ.

Предложенные Сухаревым Р.Ю. практические рекомендации и технические решения для создания перспективных систем автономного управления колесными ДСМ, представленные как двухуровневая структурная схема, инженерной методики создания перспективных систем автономного управления дорожно-строительными машинами с разработанным автором номенклатурным комплектом аппаратуры для технической реализации предлагаемых решений.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Созданная в диссертационной работе Сухарева Романа Юрьевича теоретическая и практическая значимости состоят:

в предложенной классификации существующих систем управления ДСМ на основе идентификации функций управления, в которую введен новый класс систем автономного управления;

в разработанном копирном методе управления ДСМ, учитывающем конструктивные и эксплуатационные параметры ДСМ;

в модифицированном методе «чистое преследование», в который введен дополнительный параметр – скорость, что позволило значительно улучшить значения критерия эффективности при увеличении скорости машины;

в адаптации метода Стэнли для управления ДСМ;

в практических рекомендациях и технических решениях по созданию перспективных систем автономного управления колесными ДСМ, включающих в себя разработанную двухуровневую структурную схему, инженерную методику по созданию перспективных систем автономного

управления ДСМ и вариант комплекта аппаратуры для технической реализации.

По материалам представленной диссертации автором работы получены три свидетельства РФ на программную продукцию:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Модуль генерации трехмерного микрорельефа для теоретических исследований дорожно-строительных машин. № 2022612332 : заявл. 07.02.2022 : опубл. 10.02.2022 / Р.Ю. Сухарев; заявитель ФГБОУ ВО «СибАДИ».

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Модуль построения траектории движения дорожно-строительной машины. № 2022612587 : заявл. 17.02.2022 : опубл. 28.02.2022 / Р.Ю. Сухарев; заявитель ФГБОУ ВО «СибАДИ».

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Модуль определения координат дорожно-строительной машины на поверхности земли на основе расстояний до трех спутников. № 2022618207 : заявл. 22.04.2022 : опубл. 05.05.2022 / Р.Ю. Сухарев, М.С. Корытов, В.С. Щербаков; заявитель ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Результаты диссертационной работы Сухарева Р.Ю. используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «СибАДИ», а также приняты для внедрения в АО «Омский научно-исследовательский институт приборостроения» для разработки перспективных систем автономного управления ДСМ.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, основных результатов и выводов, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет в целом 294 страницы основного текста, в том числе 51 таблица, 190 рисунков, список литературы из 252 наименований и приложений на 24 страницах.

Во введении показана актуальность темы исследования, определены цель и задачи исследования, сформулирована научная новизна, указаны теоретическая и практическая значимость работы, рассмотрены методология и методы исследований, перечислены положения, выносимые на защиту, обоснована степень достоверности полученных результатов, дано описание структуры и объёма диссертации.

В первой главе приводится анализ научно-технической литературы по теме исследования. Рассмотрена концепция автономного управления дорожно-строительными машинами, проведен анализ теории копания грунта рабочими органами дорожно-строительных машин, применяемых при

строительстве дорог с учетом рельефа местности. Предложены принципы формирования информационных параметров на основе сигналов глобальных навигационных спутниковых систем, а также проведены анализ и классификация систем управления дорожно-строительными машинами.

В результате проведенного анализа намечены направления расчётно-теоретических и экспериментальных исследований, связанных с компьютерным моделированием, сформулированы цель и задачи работы.

Во второй главе автором предложена общая методика теоретических и экспериментальных исследований.

Третья глава посвящена математическому моделированию рабочего процесса дорожно-строительной машины, основанном на основных положениях теоретической механики, строительной механики строительных и дорожных машин при создании микрогеометрии поверхности грунта, взаимодействия рабочего органа с грунтом, работы гидропривода машины, рулевого управления, силовой установки.

Разработанные модели позволяют сложный динамический процесс дорожно-строительной машины в процессе ее работы. Объединение математических моделей отдельных подсистем позволяет сформировать обобщенную математическую модель сложной динамической системы рабочего процесса дорожно-строительной машины и моделировать требуемые траектории ее движения при формировании земляного полотна с различным расположением рабочего органа относительно базы машины.

В четвёртой главе на основе анализа рабочего процесса дорожно-строительной машины предложен метод построения траектории движения, учитывающий кинематические ограничения колесных дорожно-строительных машин, координаты путевых точек и азимуты направления дальнейшего движения, необходимых и достаточных для реализации методов автономного управления дорожно-строительной машиной.

В пятой главе приведены результаты теоретических исследований математических моделей процесса поворота дорожно-строительной машины с поворотными колесами, шарнирно-сочлененной рамой, выполненные на основе численного эксперимента. В результате проведенных исследований предложены оптимальные значения дальности видимости для различных значений длины базы, коэффициента базы и скорости. Получена функциональная зависимость угла поворота передних колес от угла складывания полурам и коэффициента базы дорожно-строительной машины для случая движения передней и задней осей по одной траектории.

В ходе проведения исследований выявлено влияние различных параметров математической модели на значение критерия эффективности

Наибольшее влияние показали такие факторы, как коэффициент усиления k и скорость машины V . Подтверждена эффективность копирного метода управления дорожно-строительной машиной.

В шестой главе приведены результаты экспериментальных исследований. Разработанная методика проведения экспериментальных исследований подтвердила адекватность математической модели рабочего процесса дорожно-строительной машины с ошибкой, не превышающей 5...7%. Предложенные практические рекомендации и технические решения для создания перспективных систем автономного управления колесными дорожно-строительными машинами позволяют исключить человека-оператора из контуров управления, реализовать принципиально новый научно-обоснованный подход к управлению дорожно-строительными машинами.

В заключении приведены основные выводы и рекомендации, сделанные на основании проведенных исследований.

В приложении приведены свидетельства о государственной регистрации программных продуктов, разработанных автором, акты практической реализации проведенных исследований, математические выкладки проведенных теоретических исследований.

Диссертация Сухарева Романа Юрьевича является завершённой научно-квалификационной работой.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации и в полной мере отражает ее основные положения с выводами.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям

ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

М.: Стандартинформ. – 2018

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям Национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным

«Положением о присуждении ученых степеней» по пунктам 9-14

Диссертация Сухарева Романа Юрьевича соответствует специальности 2.5.11. – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук, а также отвечает критериям, установленным пунктами 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842.

В соответствии с пунктом 10, диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В работе представлены сведения о практическом использовании научных результатов и рекомендации по применению научных выводов.

Предложенные автором решения аргументированы и способствуют разработке и внедрению перспективных направлений автономного управления колесными дорожно-строительными машинами.

Согласно пункту 11 количество публикаций автора, в которых изложены основные научные результаты диссертации, в полной мере соответствуют установленным критериям. Автором по теме диссертации опубликовано 21 печатная работа, в том числе в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки 12 статей, а также получено 3 свидетельства на программные комплексы РФ на изобретения.

Согласно требованиям пункта 14, в диссертации имеются ссылки на работы других авторов и на научные статьи, которые были выполнены Сухаревым Р.Ю. в соавторстве, а также ссылки на источники заимствования материалов и отдельных результатов.

Замечания по диссертационной работе

1. Автор не привел выводы по результатам своих исследований в главах 1 и 2.

2. В тексте встречаются отдельные стилистические и орфографические опечатки.

3. В главе 3, математическое моделирование комплекса для строительства дорог, которое в развернутом виде представлено автором на с.13 и 14 только для управления автогрейдером. Автор не дает пояснений о возможности применения его моделей для других видов строительной и дорожной техники, приведенной на указанных страницах. Зато в третьей главе приведена расчетная схема фронтального погрузчика, которая в перечне техники используемой при строительстве дорог отсутствует.

4. На рисунке 3.1.1 не понятен смысл выбора «системы координат Земли» применительно к строительно-дорожным машинам, которые явно не будут работать в межпланетном пространстве. Отдельные допущения, сделанные на с. 73-74 исключают друг друга (см. п.п. 9, 10 и 11).

5. Вывод 4 в третьей главе не несет новой информации, а подтверждает известные истины, полученные другими авторами.

6. Пятая глава излишне перегружена математическими выкладками, представленными как в табличном варианте, так и в виде графической интерпретации (с. 171-181; 185-188; 193-231; 238-246), что затрудняет восприятие текстовой части материала из которого следует, что «Полученные зависимости выноса точки копирования можно представить в следующем виде: $L_0 = 1,5L - 8K_0 + a_0$ ». Из текста не ясно на основании каких заключений получена эта зависимость.

7. На с. 250 (рис. 6.1.1) не представляет никакой информации о исследованиях на полигоне.

8. Не ясно на основании чего автор сделал заключение о «Расхождении экспериментальных и теоретических значений», которые не превысили: при проведении активного эксперимента – 5 %; при проведении пассивного эксперимента – 7 %).

Заключение

Несмотря на замечания, диссертация Сухарева Романа Юрьевича на соискание ученой степени доктора технических наук является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной проблемы перспективных направлений автономного управления колесными дорожно-строительными машинами при строительстве и ремонте дорог.

Автор, Сухарев Роман Юрьевич, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.5.11. – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы».

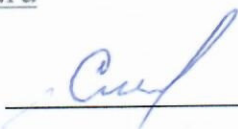
Официальный оппонент, Сладкова Любовь Александровна, доктор технических наук по специальности 20.02.14 – «Вооружение и военная техника, комплексы и системы военного назначения», профессор, профессор кафедры «Наземные транспортно-технологические средства» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта».

127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9

Телефон: 8(965) 377 93 89

E-mail: rich.cat2012@yandex.ru





Сладкова Любовь Александровна

«10» мая 2023 г.

Сладковой Л.А.

8

С отзывом ознакомлен
19.05.23



Наименование организации: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта».

Почтовый адрес места работы: 127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9.

Телефон: +7 495 681-13-40

Адрес электронной почты: info@rut-miit.ru; tu@miit.ru