

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.109.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (СИБАДИ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 30.06.2023 г. № 4

О присуждении Сухареву Роману Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Научные основы автономного управления колесными дорожно-строительными машинами» в виде рукописи по специальности 2.5.11 – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы» принята к защите 29.03.2023 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 99.2.109.02, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования (ФГАОУ ВО) «Омский государственный технический университет», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5 (приказ № 240/нк от 14.02.2023 г.).

Соискатель Сухарев Роман Юрьевич, 07 октября 1984 года рождения. В 2006 году окончил ГОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств (строительство)». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Совершенствование устройства управления рабочим органом цепного траншейного экскаватора» защитил в 2008 году в диссертационном совете, созданном на базе ГОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)», работает доцентом кафедры «Автоматизация и энергетическое машиностроение» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Автоматизация и энергетическое машиностроение» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор, Корчагин Павел Александрович, федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», проректор по научной работе и цифровой трансформации.

Официальные оппоненты:

Жулай Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», заведующий кафедрой «Кафедра строительной техники и инженерной механики имени профессора Н.А. Ульянова»;

Сладкова Любовь Александровна, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта», профессор кафедры «Наземные транспортно-технологические средства»;

Вахидов Умар Шахидович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», заведующий кафедрой «Строительные и дорожные машины» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» в своем положительном отзыве, подписанном Зедгенизовым Виктором Георгиевичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Строительные, дорожные машины и гидравлические системы», Кокоуровым Дмитрием Владимировичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Строительные, дорожные машины и гидравлические системы» и утвержденном Кононовым Александром Матвеевичем, кандидатом геолого-минералогических наук, проректором по научной работе ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», указала, что докторская диссертация Р.Ю. Сухарева является законченной научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно на достаточно высоком научном уровне.

В работе предложена концепция автономного управления дорожно-строительными машинами и ее методологическое обеспечение, разработаны метод моделирования трехмерного микрорельефа, метод построения траектории движения, копирный метод управления движением машины. Предложены и внедрены практические рекомендации по реализации результатов исследований.

Полученные автором результаты достоверны и не противоречат предшествующим исследованиям, выводы по работе обоснованы и говорят о достижении поставленной в работе цели.

Полученные автором новые научные знания и положения позволяют квалифицировать результаты исследования как решение крупной научно-технической проблемы автономного управления дорожно-строительной техникой, имеющей важное хозяйственное значение.

Автореферат включает в себя основные положения диссертации.

Диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям пп. 9-14 постановления Правительства Российской

Федерации №842 от 24.09.13 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Сухарев Роман Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.5.11 – Наземные транспортно-технологические средства и комплексы.

Соискатель Сухарев Роман Юрьевич имеет 55 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 25 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 12 работ, 1 публикация в журнале, входящем в международную базу цитирования «Scopus». Опубликовано 4 монографии. Получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и 1 патент на изобретение.

Авторский вклад соискателя заключается в теоретических и экспериментальных исследованиях, проведенных соискателем лично, объем которых в опубликованных работах составляет от 50 до 80%. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Сухарев, Р. Ю. Адаптация метода «Стэнли» (Stanley) для управления беспилотной дорожно-строительной машиной / Р. Ю. Сухарев, П. А. Корчагин // . – 2022. – № 6. – С. 7-13.
2. Сухарев, Р. Ю. Особенности кинематики поворота автогрейдера с шарнирно-сочленённой рамой / Р. Ю. Сухарев, П. А. Корчагин // Строительные и дорожные машины. – 2022. – № 7. – С. 3-7.
3. Сухарев, Р. Ю. Принципы управления беспилотной дорожно-строительной машиной / Р. Ю. Сухарев, П. А. Корчагин // Строительные и дорожные машины. – 2022. – № 9. – С. 27-32.
4. Sukharev, R. Y. Trajectory plotting algorithm for a self-driving road grader / R. Y. Sukharev // Journal of Physics: Conference Series, Vladivostok, 07–08 октября 2021 года. – Vladivostok, 2021. – P. 012181. – DOI 10.1088/1742-6596/2096/1/012181.
5. Сухарев Р. Ю. Применение метода «чистое преследование» (Pure Pursuit) для управления беспилотным автогрейдером / Р.Ю. Сухарев // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2022. – Т.20. – № 2(84). – С. 156-169. DOI 10.26518/2071-7296-2022-19-2-156-169.
6. Сухарев Р.Ю. Перспективы создания систем автономного управления дорожно-строительных машин / Р.Ю. Сухарев // Строительные и дорожные машины. – 2022. – № 2. – С. 3-10.
7. Сухарев, Р. Ю. Методы управления курсом движения беспилотного автогрейдера / Р. Ю. Сухарев // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2022. – Т. 19. – № 1(83). – С. 48-60. – DOI 10.26518/2071-7296-2022-19-1-48-60.
8. Сухарев, Р. Ю. Математические модели процессов поворота колесных дорожно-строительных машин / Р. Ю. Сухарев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2021. – № 3. – С. 259-269. – DOI 10.22281/2413-9920-2021-07-03-259-269.
9. Сухарев, Р. Ю. Моделирование трехмерного микрорельефа для теоретических исследований дорожных и строительных машин / Р. Ю. Сухарев //

Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2014. – № 6(40). – С. 108-111.

10. Патент № 2794670 С1 Российская Федерация, МПК E01C 19/00, B60W 60/00. Система автономного управления дорожно-строительной машины : № 2022128549 : заявл. 03.11.2022 : опубл. 24.04.2023 / Р. Ю. Сухарев, С. В. Сухарева; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет.

На диссертацию и автореферат поступили 19 отзывов, из них 14 отзывов поступило на автореферат. Все отзывы положительные, раскрывают актуальность, научную новизну и практическую значимость диссертационной работы. Во всех отзывах указано, что автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.11 – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы».

Замечания, содержащиеся в отзывах:

- ведущая организация в лице доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Строительные, дорожные машины и гидравлические системы» Зедгенизова Виктора Георгиевича, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Строительные, дорожные машины и гидравлические системы» Кокоурова Дмитрия Владимировича отмечает: 1. Не ясно, почему критерий «перерегулирование» использован только при исследовании копирного метода? 2. В разделе «Научная новизна» приведены формулы без расшифровки входящих в них параметров. 3. На расчетных схемах автогрейдера (рис. 1 автореферата, рис. 3.2.1 диссертации) указаны радиусы колес, а на расчетных схемах фронтального погрузчика (рис. 2 автореферата, рис. 3.3.1 диссертации) радиусы не указаны. Имеется ли различие в построении математических моделей? 4. На стр. 253 рис. 6.2.1 представлена двухуровневая структурная схема системы автономного управления, однако далее по тексту не даны пояснения, какие датчики первичной измерительной информации необходимо включить в состав системы. 5. На стр. 252 рис. 6.1.5 представлена переходная характеристика выходного сигнала датчика угла поворота передних колес, на которой исходный сигнал обладает достаточно серьезной колебательностью. Не раскрыта причина появления колебаний. Не является ли это признаком колебания передних колес автогрейдера в связи с неисправностью? 6. В параграфе 5.6 приведены результаты теоретических исследований математической модели фронтального погрузчика, однако на рис. 5.6.1 приведен общий вид автогрейдера.

- официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Кафедра строительной техники и инженерной механики имени профессора Н.А. Ульянова» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» Жулай Владимир Алексеевич указывает: 1. При обосновании расчетной схемы автогрейдера (3.2) не указано для машины, с какой колесной формулой она составлялась, а от ее вида будут зависеть реакции на колесах. 2. Непонятно, почему на пространственных расчетных схемах автогрейдера (рис. 3.2.1, стр. 76) и фронтального погрузчика (рис. 3.3.1, стр. 81) к ведущим колесам приложено разное количество сил в продольном направлении (у

автогрейдера отсутствуют силы \bar{R}_i). 3. На пространственных расчетных схемах автогрейдера (рис. 3.2.1, стр. 76) и фронтального погрузчика (рис. 3.3.1, стр. 81) отсутствуют боковые силы F_{riy} , хотя их наличие признается, и предельное значение величины определяется зависимостью 3.9.5 на стр. 110. 4. Упруго-вязкие свойства грунта и пневматических шин учитывались только в вертикальном направлении, хотя в боковом направлении они имеют сравнимые величины. 5. Для определения вертикальных реакций, действующих на колеса автогрейдера, принята расчетная схема (рис.3.9.33, стр. 110), не учитывающая действие крутящего момента в шарнире подвески балансира, который приводит к значительному перераспределению нагрузок на его ведущие колеса. 6. При описании предложенного копирного метода введен параметр L_0 – вынос точки копирования и аналогичный параметр в методе «чистое преследование» L_0 – дальность видимости. В чем их принципиальная разница? 7. Не ясно, почему рассмотрены только два известных метода управления – «чистое преследование» и метод Стэнли. 8. В 4 главе в методе построения траектории описан четкий алгоритм выбора направления поворота автогрейдера при выполнении определенных логических условий. В данном случае целесообразно было бы использовать аппарат булевой алгебры. 9. На стр. 51 обоснован интегральный критерий эффективности E_T , который использован при исследовании различных методов управления. Зачем на стр. 192 был выбран второй критерий – перерегулирование переходного процесса? 10. В диссертации рассмотрены два типа дорожно-строительных машин с рабочим органом расположенным в базе и перед базой. Почему вне поля зрения остались машины с расположением рабочего органа за базой машины? 11. При исследованиях всех трех методов управления проводились многофакторные эксперименты. Не ясно, какой план эксперимента был использован. Почему отсутствуют полнофакторные уравнения регрессии?

- официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Наземные транспортно-технологические средства» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» Сладкова Любовь Александровна указывает: 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: $L_0 = 1,5 \cdot L - 8 \cdot K_0 + a_0$ ». 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%.

- официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные и дорожные машины» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» Вахидов Умар Шахидович указывает: 1. Следует отметить, что при указании пунктов научной новизны автором не указано чем именно предложенные концепции, классификации, математические модели и методы отличаются от используемых ранее. 2. Автором при разработке модели эксплуатации машин оценивается только ее эффективность, путём более точного выбора траекторий движения. Вопросы безопасности выполнения работ в полностью автоматическом режиме в данной диссертационной работе не рассматривались. 3. В работе отсутствуют показатели эффективности работы машин, выраженные в ценовом эквиваленте. Предложенный автором интегральный критерий эффективности представляет собой показатель отклонения реальной траектории движения машины от требуемой. При этом ни допустимая величина отклонения траектории, ни её связь со стоимостью выполнения работ, автором не приведена. Понятие же «интегральный критерий эффективности» в автореферате не раскрыто. Отсутствие применения разработанной методики в парках строительных и дорожных машин, не позволило получить конкретные данные, на сколько изменится эффективность использования строительных и дорожных машин при применении предложенного метода автономного управления колёсными технологическими машинами. 4. В работе не приведены ограничительные показатели, которые бы показывали, при каких условиях преимуществом в точности обладает метод «чистое преследование», метод «копирования», а в каких случаях предпочтительнее использовать метод «Стэнли». 5. В работе представлено несколько расчётных схем строительно-дорожных машин, причём допущения прописаны только в разделах 3.2 и 3.3 (обоснования расчётных схем работы автогрейдера и погрузчика), в которых сказано о том, что: задняя ось представлена балансирными тележками, передняя ось имеет балансирную подвеску; упруго-вязкие свойства грунта, гидроцилиндров и элементов ходового оборудования представлены телами Фохта. Однако, при переходе к расчётной схеме динамики поворота машин, параметры подвески и разрабатываемого грунта пропадают. Хотелось бы знать допущения, принятые автором для каждого расчётного случая. 6. Автором было заявлено об использовании в своей работе математических моделей микрорельефа поверхности, рабочего органа, силовой установки, однако, в полученных уравнениях регрессии, приведённых в пятой главе диссертации, ни один из

указанных параметров не учтён. В итоге всё свелось к длине базы технологической машины, её скорости и расстоянию видимости. Хотелось бы видеть, как изменяются параметры управления технологическими машинами от угла установки рабочего органа, глубины заглобления, физико-механических свойств разрабатываемой поверхности и т.п. 7. В тексте имеются отдельные погрешности редакционного характера, не искажающие смысл изложенного материала.

Замечания, содержащиеся в отзывах на автореферат:

- доктор технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов» Курганского государственного университета, доцент Овсянников Виктор Евгеньевич отмечает: 1. В тексте автореферата используется достаточно большое количество сокращений, при этом не все расшифрованы. Например, нет расшифровки сокращения РО (очевидно, его надо понимать как «рабочий орган»)? 2. В пунктах 6-8 научной новизны приведены закономерности, характеризующие взаимосвязь конструктивных и эксплуатационных характеристик машины. Возникает вопрос о том, для каких машин справедливы данные закономерности (для всех колесных дорожно-строительных машин или нет)? 3. Из текста автореферата, в частности главы 5 неясно, что из перечисленных параметров, входящих в выражение 20 и далее по тексту, относится к эксплуатационным?

- доктор технических наук, профессор кафедры общепрофессиональных дисциплин ФГКВООУ ВО Новосибирское высшее командное ордена Жукова училище, доцент Кутумов Алексей Анатольевич отмечает: 1. Каким образом точность движения по заданной траектории влияет на качество производимых работ? 2. На рис. 7 указано расстояние между гидроцилиндрами $L_{ГЦ}$, а в подписи к формуле (8) указано, что это длина гидроцилиндра. 3. В автореферате не приведена расчетная схема и математическая модель взаимодействия рабочего органа с грунтом.

- доктор технических наук, заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов» ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», профессор Илюхин Андрей Владимирович отмечает: 1. В автореферате не приведены блок-схемы алгоритмов работы предложенной системы автономного управления дорожно-строительной машины. 2. Из автореферата не ясно, возможно ли применение подобных систем автономного управления для дорожно-строительных машин с другим типом ходового оборудования, в частности для гусеничных машин. 3. В автореферате не указано, рассматривались ли вопросы устойчивости предложенной системы управления?

- доктор технических наук, профессор кафедры наземных транспортно-технологических машин ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», профессор Пушкарев Александр Евгеньевич отмечает: 1. Из автореферата не ясно, что автор подразумевает под научными основами автономного управления. 2. В автореферате не указано, в каких пределах и с каким шагом варьировались параметры машины и метода управления. 3. На рисунках 1 и 2 представлены пространственные расчетные

схемы автогрейдера и фронтального погрузчика, а математическая модель приведена только для одной машины (формула 2).

- доктор технических наук, и.о. ректора ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», доцент Лагерев Игорь Александрович отмечает: 1. Из автореферата не ясно как предложенная система управления регулирует скорость движения машины. 2. На рисунках 1 и 2 приведены расчетные схемы автогрейдера и фронтального погрузчика, однако переходные процессы поворота в автореферате представлены только для автогрейдера (рисунки 23, 27, 31).

- кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Транспортные и технологические машины» Белорусско-Российского университета, доцент Лесковец Игорь Вадимович отмечает: 1. Рисунок 1 представляет расчетную схему автогрейдера, однако расчетные схемы отражают статическое положение объекта, в то время, как на рисунке изображена модель для исследования поведения объекта во времени, таким образом, более верное название рисунка 1 – Динамическая модель автогрейдера. 2. В математических моделях не представлены модели двигателя и трансмиссии, в то время, как эти объекты формируют тяговые усилия на движителе, отсутствие данных моделей несколько снижает ценность представленных исследований. 3. В таблице 6 «Переменные, входящие в вектор состояния машины» в качестве переменной указана скорость машины, вероятно имеется в виду скорость движения в горизонтальном направлении, однако для качественного управления рабочим процессом необходимо учитывать вертикальную скорость машины и вертикальную скорость рабочего оборудования, данные переменные в таблице отсутствуют.

- доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортные и технологические машины» ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», доцент Минин Виталий Васильевич отмечает: 1. В автореферате не раскрыты причины выбора дорожно-строительных машин с колесным движителем в качестве объекта исследования. Возможно ли применение подобных систем для гусеничных машин? 2. Для формул (3), (4), (5) и (6) не даны расшифровки входящих параметров и не ясно, как они корреспондируются с последующими формулами.

- доктор технических наук, профессор кафедры «Подъемно-транспортные машины и роботы» ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доцент Великанов Владимир Семенович, кандидат технических наук, заведующая кафедрой «Подъемно-транспортные машины и роботы» ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доцент Лукашук Ольга Анатольевна отмечают: 1. Необходимо уточнить, какова корректность принятых допущений и степень адекватности математических моделей (не указаны численные значения). 2. Название рис. 4 стр. 12 автореферата представлено не совсем верно. Во-первых, это функциональная схема модели поворота дорожно-строительной машины с шарнирно-сочлененной рамой и передними поворотными колесами, реализованная в одном из современных продуктов (автором не указано) и, во-вторых, качество самого рисунка затрудняет анализ схемы. 3. Автореферат излишне перегружен рисунками и таблицами, есть ли необходимость приводить в автореферате, например, табл. 3-5 в связи с ограниченностью объема

автореферата. Может следовало более полно отразить основные концептуальные позиции работы. 4. В автореферате автор указывает, что результаты исследований также отражены в 4 монографиях, при чем три из которых опубликованы в виде электронного ресурса без указания эл. ссылок, что в итоге затрудняет ознакомление с результатами исследований.

- доктор технических наук, заведующий кафедрой «Физики, химии и инженерной графики» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», доцент Викулов Станислав Викторович отмечает: 1. В некоторых формулах нет расшифровки входящих величин. Например, формулы (3) – (5). 2. Качество представления рисунков желает лучшего.

- доктор технических наук, член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, профессор Сахапов Рустем Лукманович отмечает: 1. Пункты 1-3 основных выводов не несут научной информации. 2. Не указана доля личного участия автора в опубликованных совместных работах по теме диссертации.

- доктора технических наук, заведующий кафедрой «Транспорт и машиностроение» НАО «Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева», доцент Савинкин Виталий Владимирович отмечает: 1. В автореферате не описаны, какие операции управления являются наиболее трудоемкие и энергонапряженными. 2. В автореферате не конкретизировано, какие основные параметры, кроме коэффициента отклонения площади и вектора скорости, характеризуют критерии эффективности управления. 3. На странице 15 (рисунок 10) представлено соединение звеньев с обратной связью, однако не указана передаточная функция, характеризующая динамические характеристики звеньев и условия их взаимодействия. 4. Работоспособность система автоматического управления характеризуется ее устойчивостью по затуханию переходных процессов во времени. Следовательно, важно указать, какой критерий устойчивости был принят? Критерий устойчивости Гурвица или Михайлова? 5. Не нашло отражение метрологическое обеспечение системы измерений показателей управляемости и как происходит идентификация и интерпретация сигналов датчиков в электронном блоке управления.

- доктор технических наук, профессор кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатации машин» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», проректор по научной работе, профессор Абрамов Андрей Дмитриевич отмечает: 1. На рис. 18 – структурная схема метода «чистое преследование» отсутствует параметр φ_K – угол поворота передних колес. 2. На стр. 10 упоминаются требования нормативных документов, но не уточняются ни сами документы, ни конкретные требования.

- доктор технических наук, профессор высшей школы транспорта ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический Университет Петра Великого», профессор Ащеулов Александр Витальевич отмечает: 1. В автореферате нет информации об алгоритмах таких систем управления, как учет выполненных работ, управление загрузкой ДВС и др. (наверное их нет и в диссертации), в этой связи название работы поставлено слишком широко, и может быть следовало ограничиться только основами управления траекторией движения. 2. В теории управления есть понятие автономные системы управления, а термина «автономное управление» нет. 3. Область применения своих научных основ автор

распространяет на 8 классов СДМ (таблица 1), для которых на рисунках 9 и 10 представлены одинаковые простые структурные схемы приводов складывания рам и рулевого управления – какие приняты при этом допущения. 4. Показатель по формуле (1) должен иметь размерность, а почему-то в результатах расчетов на стр. 26-29 и выводах он безразмерен; и еще, не проще бы было, оценивать результат методом наименьших квадратов. 5. Не понятно, какой метод использовал автор при построении блок-схем на рисунках 13 и 14, почему не использован известный, удобный и понятный метод моделирования – элементарно-узловых структур (работы Е.Ю. Малиновского ВНИИСтройдормаш); реальные геометрические параметры P_1 возводимого сооружения, наверное, все же формируются РО-рабочим органом, а не микрорельефом; из блок-схем на рисунках 13 и 14 не видно зависимости «реакции среды» от скорости движения ХО-ходового оборудования; почему «Гидропривод РО» и ГРУ расположены параллельно с «Силовой установкой». 6. Что означает словосочетание «серийная СУ», на каких СДМ она установлена. 7. Рассматривалось ли влияние микрорельефа на сопротивление передвижению СДМ (в математической модели (7) этого не показано).

- доктор технических наук, профессор кафедры двигателей ФГКВОУ ВО «Филиал Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва», профессор Ахтулов Алексей Леонидович отмечает: 1. Не корректное применение формулировок подрисуночных надписей, так как на рисунках представлены не процессы (рис. 23, 24, 27, 28, 31, 32, 41-43) и зависимости (рис. 25, 26, 29, 30, 33-38), а их графические изображения, то есть графики; а рисунке 45 не алгоритм, а блок-схема алгоритма. 2. Из автореферата не ясно влияние точности движения по траектории выполнения маневра «перестановка» на качество выполнения работ.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты: Жулай Владимир Алексеевич, доктор технических наук по специальности 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины», профессор, заведующий кафедрой «Кафедра строительной техники и инженерной механики имени профессора Н.А. Ульянова» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (г. Воронеж); 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» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (г. Москва); Вахидов Умар Шахидович, доктор технических наук по специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины», профессор, заведующий кафедрой «Строительные и дорожные машины» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (г. Нижний Новгород) являются компетентными учеными в области наземных транспортно-технологических средств и комплексов, имеют публикации по соответствующей тематике и дали согласие выступить оппонентами по диссертации Сухарева Р.Ю.; ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический

университет» является известным центром исследований в области наземных транспортно-технологических средств и комплексов, имеет в составе кафедры «Строительные, дорожные машины и гидравлические системы» квалифицированных специалистов в области тематики диссертационного исследования, которые широко известны своими достижениями и способны определить научную новизну и практическую значимость диссертации и дала свое согласие на рассмотрение работы и подготовку отзыва по диссертации Сухарева Р.Ю.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная концепция автономного управления колесными дорожно-строительными машинами, базирующаяся на идентификации функций управления человека-оператора в рабочем процессе и замене его системой автономного управления, построенной на методологии автономного управления;

предложена оригинальная научная гипотеза о том, что применение разработанных научных основ и методов автономного управления колесными дорожно-строительными машинами позволит создать принципиально новый класс систем автономного управления и повысить эффективность работы колесных дорожно-строительных машин;

доказана перспективность использования новых идей автономного управления колесными дорожно-строительными машинами в науке и на практике, позволяющих проектировать новые системы автономного управления, с учетом особенностей соответствующих дорожно-строительных машин;

введены новые термины «вектор состояния дорожно-строительной машины» – вектор координат дорожно-строительной машины и ее частей, необходимых и достаточных для реализации методологии автономного управления; «точка копирования» – виртуальная точка на продольной оси машины, которую система управления стремится совместить с заданной траекторией, характеризующая предложенный копирный метод управления.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений о повышении эффективности работы дорожно-строительных машин с использованием предложенной методологии автономного управления;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе методы системного анализа, математического моделирования, оптимизации, теории планирования эксперимента, теории вероятностей и математической статистики, регрессионного анализа;

изложены научные положения методологии автономного управления, включающей в себя новые методы построения траектории движения, моделирования трехмерного микрорельефа и управления движением колесной дорожно-строительной машины;

раскрыты новые проблемы построения траектории движения и автономного управления колесной дорожно-строительной машиной при движении по заданной траектории;

изучены связи конструктивных и эксплуатационных параметров дорожно-строительной машины, параметров настройки разработанного и адаптированных методов управления с предложенным интегральным критерием эффективности;

проведена модернизация

- существующих математических моделей рабочего процесса колесной дорожно-строительной машины, позволившая моделировать требуемые траектории движения рабочего органа и машины при формировании земляного полотна с различным расположением рабочего органа относительно базы машины;

- существующего метода управления Стэнли, обеспечивающая его эффективное применения для автономного управления колесной дорожно-строительной машиной;

- существующего метода управления «чистое преследование» с внедрением в метод новой переменной – скорости машины, обеспечивающая его эффективное применения для автономного управления колесной дорожно-строительной машиной.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены (указать степень внедрения)

- математические модели, методы моделирования трехмерного микрорельефа, построения траектории движения, определения координат дорожно-строительной машины на поверхности земли на основе расстояний до трех спутников и управления движением дорожно-строительных машин внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «СибАДИ» (акт внедрения от 12.04.2022);

- математические модели, методы управления, структурная схема, инженерная методика и вариант реализации для создания перспективных систем автономного управления землеройно-транспортных машин и дорожно-строительной техники внедрены в АО «Омский научно-исследовательский институт приборостроения» (акт внедрения от 12.05.2022);

определены пределы и перспективы практического использования разработанного копирного метода и модернизированных методов автономного управления колесными дорожно-строительными машинами;

создана система практических рекомендаций в виде структурной схемы двухуровневой системы автономного управления, инженерной методики создания перспективных систем автономного управления колесными дорожно-строительными машинами и варианта ее реализации,

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию научных основ и методов автономного управления дорожно-строительными машинами, применение которых направлено на решение проблем эффективной эксплуатации дорожно-строительных машин.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты экспериментальных исследований получены на сертифицированном оборудовании с соблюдением известных методик обработки данных и оценки достоверности полученных

результатов, показана воспроизводимость результатов исследований в условиях дорожного строительства;

теория диссертационного исследования построена на известных, проверяемых данных и положениях, согласующихся с опубликованными теоретическими и экспериментальными данными в области повышения эффективности работы дорожно-строительных машин, которые согласуются с результатами диссертации;

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта в области автономного управления и повышения эффективности дорожно-строительных машин;

использованы сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по вопросам эффективного управления дорожно-строительными машинами, научный опыт по моделированию рабочих процессов дорожно-строительных машин и их отдельных элементов;

установлено качественное совпадение полученных авторских результатов с результатами других независимых источников по тематике работы; проверка диссертации в системе «Антиплагиат» показала 90,4% оригинальности текста;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, характеризующих рабочий процесс колесных дорожно-строительных машин, аналитические методы обработки экспериментальных данных, необходимых для оценки адекватности разработанных математических моделей.

Личный вклад соискателя состоит в:

- предложенной концепции автономного управления колесными дорожно-строительными машинами, базирующейся на идентификации функций управления человека-оператора в рабочем процессе и замене его системой автономного управления, построенной на методологии автономного управления;
- непосредственном участии в получении исходных данных и проведении научных экспериментов;
- разработке нового метода построения траектории движения, учитывающего конструктивные ограничения колесных дорожно-строительных машин;
- личном участии в апробации результатов исследования;
- адаптации и модернизации путем введения нового параметра известных методов управления «чистое преследование» и Стэнли, заключающихся в нахождении функциональных зависимостей оптимальных значений параметров настройки методов от конструктивных и эксплуатационных параметров дорожно-строительной машины;
- разработанном новом копирном методе управления, точность которого в среднем на 23% лучше метода «чистое преследование», и в среднем на 54% лучше метода Стэнли, и получении функциональных зависимостей оптимальных значений параметров настройки метода от конструктивных и эксплуатационных параметров дорожно-строительной машины;
- разработке экспериментальной системы сбора данных, обработке и интерпретации экспериментальных данных;

- разработке структурной схемы, инженерной методики создания системы автономного управления и предложенном варианте ее реализации;
- подготовке основных публикаций по результатам проведенных исследований.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- в вашем копрограммном методе вы в качестве невязки берете простое отклонение координаты ΔY , хотя во всех математических алгоритмах в качестве невязки обычно берется квадрат отклонения;

- почему у вас в модели гидропривода нет модели насоса? Основная цель гидросистемы – это обеспечить равномерность подачи, а насос вносит в систему достаточно большие возмущения, которые здесь не учтены, что, на мой взгляд, не совсем корректно.

Соискатель Сухарев Р.Ю. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по проблеме автономного управления колесными дорожно-строительными машинами.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Сухарева Романа Юрьевича «Научные основы автономного управления колесными дорожно-строительными машинами» является законченной научно-квалификационной работой, соответствует пунктам 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года «О порядке присуждения ученых степеней». Содержание представленной диссертационной работы соответствует паспорту специальности 2.5.11 Наземные транспортно-технологические средства и комплексы, п. 5 «Математическое моделирование рабочих процессов транспортно-технологических средств, в том числе в их узлах, механизмах, системах и технологическом оборудовании при взаимодействии с опорной поверхностью и с рабочими средами (объектами)»; п. 6 «Оптимизация конструкций и синтез законов управления движением наземных транспортно-технологических средств и их комплексов, а также их отдельных функциональных узлов, механизмов и систем, направленные на улучшение экономичности, надежности, производительности, экологичности и эргономичности, технологической производительности, обеспечение энергоэффективности и безопасности».

На заседании 30.06.2023 года диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений автономного управления колесными дорожно-строительными машинами, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение, разработку новых научно-обоснованных технических решений в области создания перспективных систем автономного управления колесными дорожно-строительными машинами, внедрение которых внесет значительный вклад в развитие страны и новые научные знания в виде:

- концепции автономного управления колесными дорожно-строительными машинами, основанной на идентификации функций и разработанной блок-схеме рабочего процесса дорожно-строительной машины с перспективной системой автономного управления;

- предложенной классификации существующих систем управления дорожно-строительных машин, в которую добавлен класс перспективных систем автономного управления;

- математической модели сложной динамической системы рабочего процесса дорожно-строительной машины, позволяющей моделировать требуемые траектории движения дорожно-строительной машины при формировании земляного полотна с различным расположением рабочего органа относительно базы машины;

- разработанного метода построения траектории движения, учитывающего кинематические ограничения колесных дорожно-строительных машин;

- научно обоснованного термина «вектор состояния дорожно-строительной машины»;

- модифицированного метода «чистое преследование», в который был введен новый параметр – скорость, и полученной новой функциональной зависимости оптимальных значений параметра «дальность видимости» от конструктивных и эксплуатационных параметров колесной дорожно-строительной машины, что позволило повысить точность метода при управлении колесной дорожно-строительной машиной;

- адаптированного метода Стэнли для управления колесной дорожно-строительной машиной и полученной новой функциональной зависимости оптимальных значений коэффициента усиления метода Стэнли от конструктивных и эксплуатационных параметров колесной дорожно-строительной машины;

- разработанного нового копирного метода управления колесной дорожно-строительной машиной и полученных новых функциональных зависимостей оптимальных значений параметров разработанного копирного метода управления от конструктивных и эксплуатационных параметров колесной дорожно-строительной машины

присудить Сухареву Р.Ю. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.5.11 «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы», участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председательствующий,
зам. председателя
диссертационного совета



Мешеряков Виталий Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета



Тетерина Ирина Алексеевна

30.06.2023 г.

