

УТВЕРЖДАЮ



Генеральный директор  
ОАО «ВНИИТрансмаш»

С.А. Болкисев

26.11.2018

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Волкова Александра Александровича на тему: «Повышение скорости движения в повороте быстроходной гусеничной машины на основе совершенствования алгоритмов управления движением», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

**Диссертация Волкова А.А. посвящена исследованиям динамики поворота быстроходной гусеничной машины, а также возможностям повышению скорости в повороте за счет совершенствования алгоритмов управления двигателем.**

В обоснование выбранной темы автор указывает на низкую степень реализации скоростных возможностей транспортных и боевых гусеничных машин при прямолинейном движении и в повороте вследствие недостаточной управляемости. Это особенно проявляется в случае роботизированного управления движением, когда ошибки в определении начальных условий, кинематических, силовых и динамических параметров приводят к необходимости существенного снижения скорости с целью обеспечения движения машины по заданной траектории. Поэтому тему диссертации **безусловно следует считать актуальной.**

В соответствии с этим, целью работы Волков А.А. ставит «повышение скоростных качеств быстроходных гусеничных машин на основе совершенствования алгоритмов управления, учитывающих новые закономерности взаимодействия двигателя с опорным основанием, получаемые на основе расчетно-

экспериментальных методов с использованием современных информационных технологий» (стр. 6).

Для достижения поставленной цели автором решены следующие основные задачи:

- проведено теоретическое исследование управляемого движения БГМ. Методом имитационного моделирования определены кинематические, силовые и динамические параметры системы, их зависимости от параметров конструкции машины и условий движения;

- выполнены экспериментальные исследования динамики управляемого движения БГМ. Проведена идентификация кинематических, силовых и динамических параметров движения гусеничной машины.

Проведен анализ результатов теоретического и экспериментальных исследований, выполнена верификация математической модели движения гусеничной машины, разработаны новые способы определения необходимого поворачивающего момента и коэффициента сопротивления уводу, обоснован алгоритм управления, обеспечивающий повышение быстроходности гусеничной машины.

**Научная новизна работы заключается:**

- в разработке усовершенствованной математической модели движения машины; в расчетно-экспериментальном методе определения коэффициента сопротивления боковому уводу в режиме реального времени;

- в установлении новых закономерностей кинематических и силовых параметров, характеризующих криволинейное движение с учетом взаимодействия движителя с опорным основанием;

- в разработке метода определения требуемого поворачивающего момента с учетом инерционной составляющей;

- в обосновании алгоритма управления движением гусеничной машины, обеспечивающего коррекцию управляющего воздействия с использованием разработанных матриц управления.

**Значимость для науки и производства полученных автором результатов** состоит в возможности за счет разработанных методов расчетно-



экспериментального определения параметров взаимодействия двигателя гусеничной машины с опорным основанием и идентификации параметров движения БГМ в режиме реального времени разработать более совершенные алгоритмы коррекции управляющих воздействий, обеспечивающих устойчивое движение машины по заданной траектории с максимальной скоростью.

Реализация предложенного алгоритма позволяет повысить скорость БГМ в повороте в 1,5 ... 1,6 раза при управлении водителем средней квалификации.

Полученные результаты исследований позволили создать корректирующие таблицы, которые могут быть использованы при разработке систем управления движением работотехнических комплексов, создаваемых на базе быстроходных гусеничных машин.

Разработанная автором математическая модель движения машины в повороте и полученные результаты экспериментальных исследований движения машин при роботизированном управлении представляют большой практический интерес и могут быть использованы в работах специалистами АО «СКБМ», ОАО «ГАЗ», АО «УКБТМ», ОАО «ВНИИТрансмаш».

**Результаты работы внедрены** в ОАО «СКБМ», Курганмашзавод, а также используются в учебном процессе при подготовке специалистов по направлению 23.05.02 и аспирантов по специальности 05.05.03 в Курганском государственном университете.

**Основное содержание диссертации** отражено в 16 научных статьях, из них 4 статьи опубликованы в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ.

Автором также получено 4 патента на изобретение и полезные модели, заявленные по результатам выполненных исследований и теме диссертации.

Диссертация состоит из введения, 4 глав с выводами по главам основных результатов работы и выводов, списка литературы и 5 приложений – программы расчета, методик по оценке поворотливости и градуировки, фрагментов осциллограмм с записью рабочих параметров при повороте машины и таблиц с результатами расчетных исследований.

Общий объем диссертации составляет 180 листов машинописного текста, включая таблицы и рисунки.

**В первой главе** диссертации проведен анализ состояния вопроса и выполнено обоснование задач исследований.

Автором также проанализированы методы оценки подвижности гусеничных машин, способы определения кинематических, силовых и динамических параметров, определяющих траекторию движения машины, и способы определения коэффициента сопротивления «уводу шин опорного катка» (стр. 7).

**Вторая глава** диссертации посвящена теоретическому исследованию динамики управляемого движения быстроходной гусеничной машины. Описан объект исследования и проведены его характеристики. Приведены расчетная схема, разработанная автором математическая модель движения машины в повороте и результаты моделирования.

Следует отметить полученные автором расчетные зависимости предельно допустимых кинематических параметров поворота (скорости движения, угловой скорости и кривизны траектории) от поворачивающего момента для различных грунтов (рисунки 2.9, 2.10, 2.11), представляющие несомненный интерес для специалистов, а также предложенную автором «Матрицу управления» в виде  $3^x$  параметрического объемного графика (рисунок 2.12).

**В третьей главе** представлены результаты экспериментальных исследований управляемого движения гусеничной машины при управлении водителем и в роботизированном варианте управления.

Объектом экспериментальных исследований являлся образец роботизированного комплекса РТК – ТМ140А, выполненный на базе транспортной гусеничной машины ТМ – 140А.

В процессе испытаний оценивались характеристики поворотливости машины, параметры переходных процессов при управлении поворотом, качество алгоритмов управления.



Результаты проведенных экспериментальных исследований и сделанные на их основании выводы во многом будут способствовать совершенствованию алгоритмов систем управления машиной.

**Четвертая глава** посвящена обобщению результатов теоретического и экспериментальных исследований.

В частности, выполнена оценка сходимости результатов теоретического и экспериментальных исследований, предложен новый способ определения поворачивающего момента в зависимости от кинематических параметров траектории движения и сопротивления грунта, представлен алгоритм определения поворачивающего момента (рисунок 4.3).

Также рассмотрены факторы, ограничивающие быстроходность гусеничных машин и возможные пути совершенствования систем управления планетарными механизмами поворота.

**В основных результатах и выводах** по работе автор акцентирует внимание на том, что разработанный метод расчетно-экспериментального взаимодействия движителя гусеничной машины с опорным основанием с использованием программно-аппаратного обеспечения спутниковой технологии глобального позиционирования, математические модели криволинейного движения машины и новые технологии идентификации параметров движения, а также технические решения по совершенствованию системы управления движением могут быть эффективно применены при разработке системы управления движением гусеничных машин и робототехнических комплексов, создаваемых на базе быстроходных гусеничных машин.

**Список использованной литературы** показывает, что автор тщательно проработал имеющуюся по рассматриваемому вопросу научно-техническую литературу и хорошо представляет достигнутый на сегодняшний день уровень разработок.

**Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.**

**Материалы диссертации свидетельствуют о высоком техническом уровне и хорошей теоретической подготовке соискателя, глубоком знании предмета и владении современными методами расчетов и исследований.**

**Вместе с тем, по содержанию и оформлению диссертации следует сделать ряд замечаний.**

Раздел 1.1 «Историческая справка об исследовании методов оценки подвижности гусеничных машин» изобилует терминологическими неточностями (стр. 12, 15, 18), стилистическими небрежностями, опечатками, грамматическими и синтаксическими ошибками, а также необоснованными высказываниями автора, как то: «Подвижность включает в себя группу свойств, основным является поворотливость машины» (стр. 16).

К сожалению, эти замечания во многом можно отнести к оформлению диссертации в целом (стр. 24, 25, 27, 47 и т.д.)

Понятие «увод» автор распространяет на «увод шин опорных катков» (стр. 7), «увод опорных катков» (стр. 24), «увод осей опорных катков» (стр. 53) и, наконец, «увод машины» (стр. 62, определение из работы В.А. Савочкина). Это затрудняет понимание физического процесса, исследуемого автором.

При этом принятая автором «аналогия шин опорных катков с эластичными колесами» (стр. 112) требует дополнительных комментариев.

В разделе 2.4 «анализ качества переходных процессов, реакции на единичное силовое управляющее воздействие» не приведены примеры переходных процессов при единичном воздействии на систему, что делает невозможным проведение самого анализа процесса.

В главе 4 при оценке результатов исследований (таблица 4.1) автор убедительно демонстрирует преимущества адаптивного управления движением, позволяющего увеличить скорость прохождения тестовой «змейки» водителем средней квалификации в 1,5 ... 1,6 раза.

Это характеризует улучшение скоростных характеристик машины на поворотах, но не может быть распространено на среднюю скорость движения, являю-



шуюся показателем подвижности машины. Это обстоятельство снижает актуальность разделов 1.1 и 1.2 работы.

**Диссертация обсуждена на заседании секции научно-технического Совета ОАО «ВНИИТрансмаш» с привлечением специалистов соответствующего профиля. (Протокол от 16.11.2018г. № 8/2).**

Отмечено, что сделанные замечания не могут повлиять на общую положительную оценку работы.

Содержание работы соответствует п.п. 1, 2, 5 паспорта специальности 05.05.03.

### **Вывод.**

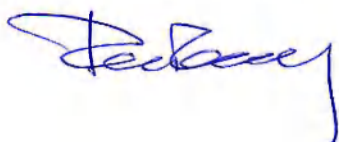
**Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, содержит решение задачи повышения скорости движения в повороте быстроходной гусеничной машины на основе совершенствования алгоритмов управления движением, а также новые научно обоснованные решения по повышению скоростных возможностей машин в повороте, имеющие существенное значение для совершенствования быстроходных гусеничных машин, а ее автор, Волков Александр Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03.**

Заместитель генерального директора,  
к.т.н., доцент



Дмитрий Владимирович Куртц  
198323, СПб, ул. Заречная, д. 2  
(812) 244-42-15  
E-mail: D.Kurtc@vniitransmash.ru

Начальник лаборатории  
д.т.н., с.н.с.



Сергей Владимирович Рождественский  
198323, СПб, ул. Заречная, д. 2  
(812) 244-42-08  
E-mail: S.Rojdestvenskij@vniitransmash.ru