

## О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Волкова Александра Александровича «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»

### **Актуальность темы диссертации**

При создании современных образцов быстроходных гусеничных машин важнейшей задачей является обеспечение требуемых скоростных качеств. Одним из основных факторов, ограничивающих среднюю скорость, является недостаточная управляемость машины при движении по криволинейным участкам трассы. Повышение скорости движения в таком режиме можно обеспечить путем применения в конструкции машины гидромеханической трансмиссии с дифференциальным гидрообъемным (ГОП) механизмом поворота. Однако их широкое применение сдерживается ограничением установочной мощности ГОП по условиям компоновки машины, высокой стоимостью и необходимостью организации качественного сервисного обслуживания.

Более простыми и надежными являются машины, оснащенные механизмами поворота с дискретными свойствами. Одним из недостатков такой машины является необходимость корректировать траекторию движения путем многократных включений механизма поворота, что ограничивает скорость движения по криволинейным участкам, особенно на трассах с жесткой поверхностью, а также требует высокой квалификации водителя. Наиболее остро этот недостаток проявляется при дистанционном управлении робототехническими комплексами на базе гусеничных машин, когда оператор не может реализовать компенсирующее управление и вынужден существенно снижать скорость движения.

Диссертационная работа А.А. Волкова посвящена разработке новых алгоритмов управления механизмом поворота гусеничной машины. Их использование позволит улучшить управляемость, повысить быстроходность и приблизить эксплуатационные характеристики машин, оснащенных механизмами поворота с дискретными свойствами, к характеристикам машин с гидрообъемными механизмами. В связи с отмеченным тема диссертационной работы, безусловно, является актуальной.

### **Научная новизна работы заключается:**

- в разработке усовершенствованной математической модели движения гусеничной машины, а также методов расчетно-экспериментального определения параметров грунта и коэффициента сопротивления боковому уводу в режиме реального времени;

- в установлении новых закономерностей кинематических и силовых параметров, характеризующих криволинейное движение, на основе использования гипотезы о боковом уводе опорных катков;

- в разработке метода определения требуемого поворачивающего момента, реализуемого системой управления поворотом, с учетом инерционной составляющей;

- в обосновании алгоритма управления движением гусеничной машины, обеспечивающего коррекцию управляющего воздействия со стороны водителя.

### **Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы**

Достоверность результатов экспериментальных исследований обеспечивается использованием современной аттестованной измерительной и регистрирующей аппаратуры. Достоверность разработанной автором математической модели обеспечивается использованием апробированных численных методов математического анализа, ее адекватность подтверждается сопоставлением результатов расчетов с экспериментальными данными. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы результатами расчетных и экспериментальных исследований.

### **Практическая значимость работы**

Разработанный в диссертации расчетно-экспериментальный метод позволяет определять параметры взаимодействия движителя с основанием и идентифицировать тип грунта на основе кинематических и силовых параметров криволинейного движения.

Полученные в результате расчетных и экспериментальных исследований закономерности позволяют разработать более совершенные алгоритмы управления механизмом поворота, применение которых позволит повысить среднюю скорость движения машины по трассе в 1,5-1,6 раза.

Результаты исследования использованы при разработке перспективных гусеничных машин, а также в учебном процессе в Курганском государственном университете.

### **Структура и объем диссертации.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав основного текста, выводов, списка использованных источников и приложения. Основная часть работы изложена на 145 страницах текста, содержит 46 рисунков, 6 таблиц, список использованных источников из 78 наименований.

*Во введении* обосновывается актуальность темы диссертации, дана краткая характеристика состояния проблемы, приведена общая характеристика работы.

**Первая глава** посвящена состоянию вопроса и обоснованию задач диссертационной работы. Представлен обзор методов оценки подвижности гусеничных машин, конструкций систем управления поворотом, способов определения силовых и кинематических параметров криволинейного движения, а также способов определения коэффициентов сопротивления уводу шин опорных катков. Обзор выполнен на основе достаточного количества источников, включающих работы ведущих отечественных и зарубежных ученых.

**Во второй главе** представлено теоретическое исследование динамики управляемого движения быстроходной гусеничной машины. Автором предложена усовершенствованная математическая модель, описывающая неустановившееся плоскопараллельное движение гусеничной машины. Особенности модели являются учет упруго-инерционных свойств элементов трансмиссии и двигателя, а также расчет момента сопротивления повороту на основе гипотезы о боковом уводе шин опорных катков. Представлены результаты расчетных исследований.

**Третья глава** посвящена лабораторно-дорожным испытаниям управляемого движения гусеничной машины. Следует отметить высокий научный уровень проведенных исследований. Автором использован комплекс современных отечественных и зарубежных датчиков, а также усилительной и регистрирующей аппаратуры. Аппаратура позволяет с высокой точностью в режиме движения по трассе регистрировать основные кинематические и силовые параметры движения машины. В частности, для регистрации параметров криволинейного движения, используемых для расчета углов увода опорных катков, использован информационно-измерительный комплекс RaceLogic, реализующий GPS/GLONASS систему глобального позиционирования.

**Четвертая глава** посвящена обобщению результатов теоретического и экспериментального исследований. Выполнен анализ сходимости результатов теоретического и экспериментального исследований. Предложен новый способ определения поворачивающего момента и коэффициента сопротивления уводу шин опорных катков. На основе полученных результатов предложена новая система управления механизмом поворота с дискретными свойствами. Система корректирует управляющие воздействия водителя с целью обеспечения устойчивости криволинейного движения. В соответствии с расчетными оценками, применение этой системы позволит повысить среднюю скорость движения в 2,5-1,6 раза.

Считаю, что диссертационная работа А.А. Волкова обладает новизной в теоретическом плане, подкреплена значительным экспериментальным материалом и является законченным научным трудом. Оформление диссертации в основном соответствует принятым требованиям, однако общее

положительное впечатление портят ошибки и опечатки, встречающиеся в тексте.

### **Замечания и вопросы по диссертации**

1. Движение быстроходной гусеничной машины по местности сопровождается интенсивными колебаниями корпуса, особенно при прохождении криволинейных участков трассы; при этом вертикальные нагрузки, действующие на опорные катки машины, непрерывно изменяются в широком диапазоне значений. Предложенная автором математическая модель не учитывает колебания корпуса. При расчете момента сопротивления повороту изменение вертикальных нагрузок, действующих на опорные катки, также не учитывается. Неясно, как такое упрощение математической модели сказывается на точности получаемых результатов.

2. Момент сопротивления повороту гусеничной машины формируется силами трения, возникающими при проскальзывании опорной поверхности относительно грунта, а также силами, вызванными деформированием грунта боковой поверхностью и грунтозацепами трака. Наибольшее перемещение трака относительно грунта происходит в зоне заднего опорного катка, там же следует ожидать возникновения наибольших усилий.

В диссертационной работе момент сопротивления повороту рассчитывается на основании углов увода и коэффициентов сопротивления уводу опорных катков. При расчете по такой модели углы увода для задних катков оказываются большими, а соответствующие им коэффициенты сопротивления уводу - малыми (рис. 2.5, 2.6 диссертации). В итоге вклад задних опорных катков в формирование момента сопротивления повороту также оказывается малым (эпюра поперечных сил представлена на рис. 2.4 диссертации). Такой результат требует пояснения и экспериментального обоснования.

3. Разработанный в диссертации алгоритм управления механизмом поворота предусматривает дополнительное управление фрикционными элементами с целью обеспечения условий устойчивости движения машины, в частности, их работу в режиме пробуксовки. Неясно, как это скажется на долговечности фрикционных элементов.

### **Заключение**

Диссертация А.А. Волкова «Повышение скорости движения в повороте быстроходной гусеничной машины на основе совершенствования алгоритмов управления движением» является законченной научно- квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. Автореферат содержит достаточное количество информации, необходимой для понимания работы и отражает содержание диссертации. Результаты

исследований достаточно полно опубликованы в 16 печатных работах, в число которых входит 4 статьи в изданиях, входящих в «Перечень рецензируемых научных журналов», рекомендованных ВАК. По результатам работы получены 4 патента РФ на изобретения и полезные модели.

Диссертация отвечает требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям. В работе изложены новые научно обоснованные технические решения и алгоритмы, имеющие существенное значение для развития страны. Их применение позволит существенно повысить скоростные качества современных образцов отечественных быстроходных гусеничных машин. Автор диссертационной работы, Волков Александр Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

Официальный оппонент: доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры «Техническая механика» ФГАОУ ВО  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»

11 декабря 2018 г.

Абызов А.А.

Подпись Абызова А.А. достоверно  
Заместитель начальника УВК  
Начальник отдела кадров И.И.И.



Абызов Алексей Александрович

Почтовый адрес: Россия, 454080 Челябинск, проспект Ленина, 76  
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», кафедра «Техническая механика».

Тел. 8(351)267-92-61, e-mail: abyzovaa@susu.ru