



открытое акционерное общество  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ»  
(ОАО «ВНИИТрансмаш»)



198323, С.-Петербург,  
ул. Заречная, 2  
www.vniitransmash.ru

Телефон (812) 244-42-42  
Факс (812) 244-42-10, 746-16-18  
E-mail: tm@vniitransmash.ru

ОКПО 07519544  
ОГРН 1027804604013  
ИНН/КПП 7807019443/780701001

13.09.2015 № Д-01/05  
на № 018-145 от 02.12.2014  
О направлении отзыва на диссертацию

Ученому секретарю  
диссертационного совета  
Д.212.298.09  
ФГБОУ ВПО «Южно-уральский  
государственный университет»  
д.т.н., проф. Лазареву Е.А.  
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76

Уважаемый Евгений Анатольевич!

Направляю отзыв ведущей организации на диссертацию Карпова Е.К. на тему «Повышение подвижности быстроходной гусеничной машины на основе перераспределения во времени управляющих силовых воздействий», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины».

Копия отзыва направлена также на адрес электронной почты [D212.298.09@mail.ru](mailto:D212.298.09@mail.ru).

Одновременно возвращаем диссертацию и автореферат.

- Приложения. 1. Отзыв, на 7-и листах, в 2-х экз., в адрес.  
2. Диссертация, от н/вх. №ВД-787/14 от 10.12.14г., 1 кн., в 1-м экз., в адрес.  
3. Автореферат, от н/вх. №ВД-787/14 от 10.12.14г., 1 бр., в 1-м экз., в адрес.

Ученый секретарь, к.т.н., доцент

Д.В.Куртц



**УТВЕРЖДАЮ**

Генеральный директор  
ОАО «ВНИИТрансмаш»  
к.т.н., доцент

О.А. Усов



**ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертацию Карпова Егора Константиновича на тему: «Повышение подвижности быстроходной гусеничной машины на основе перераспределения во времени управляющих силовых воздействий», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

**В диссертации Карпова Е.К. рассматривается вопрос повышения скоростных возможностей быстроходной гусеничной машины (БГМ) в повороте за счет улучшения характеристик регулятора и алгоритма коррекции управляющих воздействий.**

Применительно к БГМ, оснащенных гидромеханической трансмиссией и гидрообъемным механизмом поворота, автором разработана система управления движением гусеничной машины в повороте с «быстрыми» обратными связями на базе shaper-фильтров и искусственных нейронных сетей (ИНС).

Автор справедливо отмечает, что одним из ограничивающих скоростные возможности БГМ фактором является управляемость машины (рисунок 1.2), в силу чего совершенствование систем управления движением **безусловно следует считать актуальной задачей.**

**Целью работы** Карпов Е.К. ставит разработку метода повышения подвижности с применением перераспределения управляющих усилий во времени с последующим синтезом автоматизированной системы управления движением (стр. 5).

Выполненные в работе теоретические и экспериментальные исследования динамики движения БГМ позволили автору выполнить синтез

системы автоматизированного управления движением и разработать алгоритмы управления, позволяющие повысить степень реализации скоростных возможностей машины в различных типах движения.

Основное внимание в работе уделено исследованию движения БГМ в повороте, на основе чего были определены перспективные направления автоматизации системы управления движением машины, обоснована необходимость синтеза ZV-shaper-фильтра, предложен алгоритм коррекции управляющего воздействия, реализуемый фильтрами.

**Научная новизна работы заключается:**

- в разработке расчетной модели движения БГМ в повороте с учетом продольной жесткости рабочих ветвей гусениц, угловой жесткости валов трансмиссии, а также дифференциального механизма;

- в компьютерном моделировании процесса вращения БГМ вокруг своей оси с возможностью варьирования инерционными и жесткостными параметрами системы в широких пределах. При этом разработанная компьютерная модель динамики управляемого движения БГМ учитывает возможные изменения параметров конструкции, ее демпфирующих свойств, а также нелинейности в системе управления;

- в разработанном впервые методе перераспределения во времени управляющих силовых воздействий, где в качестве управляемого параметра используется рабочее давление в гидрообъемном механизме поворота;

- в разработке метода распознавания типов движения и алгоритмов управления движением на основе параметров бокового движения машины.

**Значимость для науки и производства получаемых автором результатов** состоит в возможности моделирования движения БГМ на криволинейных участках трасс и в поворотах, в научном прогнозировании и расчетной оценке скоростей движения машины в этих режимах. Разработанные алгоритмы и схемные решения, предложенные в работе, позволяют существенно повысить точность функционирования системы управления движением и ее быстродействие. При движении по стандартной «змейке» скорость возрастает до 5 м/с, при прохождении поворотов на трассах – на 38%.

**Разработанные конкретные рекомендации по алгоритмам управления и схемным решениям системы** могут представлять интерес и использоваться в работах специалистами ОАО «СКБМ», ОАО «ГАЗ», ОАО «УКБТМ», ОАО «ВНИИТрансмаш».

Результаты работы апробированы на научно-технических конференциях и представлены в 20-ти научных статьях, 5 из которых опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК.

Диссертация состоит из введения, 4<sup>х</sup> глав с выводами по главам, основных результатов и выводов, списка использованных источников. Общий объем работы составляет 150 листов машинописного текста, включая таблицы и рисунки.

**В первой главе** диссертации изложено состояние вопроса, обоснованы пути решения проблемы и поставлены задачи работы, основными из которых явились теоретическое и экспериментальное исследование динамики управляемого движения БГМ, разработка метода прогнозирования подвижности машины при управлении поворотом, а также поиск технических решений, позволяющих повысить реализацию скоростных возможностей БГМ в повороте.

**Во второй главе** представлена математическая модель плоскопараллельного движения БГМ в горизонтальной плоскости (2.3), включающая упругие характеристики элементов трансмиссии и гусеницы, а также динамические свойства системы управления поворотом, выполнен синтез системы управления движением на основе shaper-фильтров, разработан алгоритм идентификации и отдельного регулирования различных типов движения БГМ с применением ИНС и представлен расчет модели ZVD-shaper-фильтра для системы автоматизированного управления движением.

**Третья глава диссертации** посвящена экспериментальным исследованиям динамики движения БГМ. На основе статистической обработки результатов испытаний получена зависимость коэффициента фазовой напряженности от скорости движения (рисунок 3.6) и определено

его предельное значение, при котором водитель может управлять движением машины.

В результате эксперимента также получена оценка влияния эксплуатационных факторов и свойств системы, таких, как колебания опорных катков, изменение теплового состояния резиновых шин, податливость гусениц и элементов трансмиссии на процесс движения машины.

**В четвертой главе** на основе анализа выполненных теоретических и экспериментальных исследований определены перспективные направления автоматизации системы управления движением БГМ.

Приведены разработанные схемы систем управления, содержащие блоки, позволяющие анализировать управляющие воздействия на машину, реакцию машины на них и производить корректировку коэффициентов регулятора для повышения эффективности работы системы (рисунки 4.3, 4.5).

На основе компьютерной модели (глава 2) выполнена оценка скоростных характеристик БГМ при движении по стандартной «змейке». Показано, что применение систем управления с блоком нейросетевой адаптации позволяет повысить на 25...30 % скорость управляемого движения по «змейке». Рассмотрены возможные алгоритмы коррекции управляющих воздействий (рисунки 4.9, 4.10, 4.11).

К сожалению, полученные результаты компьютерного моделирования не доведены до практической реализации и натурных испытаний по оценке управляемости машины.

**В основных результатах и выводах** автор акцентирует внимание на том, что в работе научно обоснована и решена задача повышения скоростных качеств БГМ при движении по дорогам с интенсивным изменением кривизны траектории и по уточненной модели получены новые математические зависимости основных коэффициентов адаптивных shaper-фильтров от динамически изменяющихся эксплуатационных факторов и свойств системы.

**Материалы автореферата полностью отвечают содержанию диссертации.**

**Диссертация и автореферат написаны ясным, технически грамотным языком.**

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

**Вместе с тем, относительно положений, высказанных автором в работе, можно сделать ряд замечаний.**

В частности, тезис автора о том, что «средняя скорость является одним из основных критериев оценки быстроходности транспортных средств» (стр. 10) и то же далее по тексту «интегральный критерий – средняя скорость движения» (стр. 19), а также утверждения, что «для прогнозирования подвижности в качестве аргумента целесообразно применять частоту процесса  $\omega$ » (стр. 14) и что «подвижность во многом ограничивается устойчивостью движения» (стр. 14) нельзя признать состоятельными.

Для рассматриваемых в работе типов БГМ (рисунок 3.1, стр. 127, стр. 132), относящимся к машинам боевого назначения, подвижность является одним из основных боевых (а не эксплуатационных, как указано на стр. 27) свойств машины, которое проявляется в двух основных режимах применения: на маршах (транспортный режим) и в бою (боевой режим). Причем на маршах она является по отношению к огневой мощи и живучести главенствующим свойством, а в бою сопутствующим. Критерии оценки подвижности БГМ на маршах и в бою существенно различаются. Если на марше главным является обеспечение максимальных маршевых возможностей, т.е. пройденных расстояний за один переход, то в бою составляющие подвижности должны обеспечивать наибольшую эффективность стрельбы с ходу за счет высоких характеристик подрессоривания или требуемую неуязвимость за счет высокой динамичности и управляемости.

При этом подвижность машины оценивается либо с помощью безразмерных показателей в виде зависимостей:

$$K_n = \sum_{i=1}^N \bar{p} \cdot K_{a_i}^{\alpha} \cdot K_{a_i}^{\beta} \cdot K_{np_i}^{\gamma},$$

где  $N$  - число тактических ситуаций;  $\bar{p}$  - относительная продолжительность  $i$ -й ситуации;  $K_{a_i}, K_{a_i}, K_{np_i}$  - коэффициенты быстроходности, автономности и проходимости БГМ в  $i$ -й ситуации;  $\alpha, \beta, \gamma$  - коэффициенты относительной значимости показателей подвижности, которые определяются тактической ситуацией, либо такими основными показателями подвижности, как средняя скорость движения и запас хода, получаемых методом формирования их по ограничивающим факторам, одним из которых является ограничение по управляемости.

К сожалению, автор не приводит оценку влияния разработанных технических решений на те или иные общепринятые показатели подвижности, а ограничивается рассмотрением повышения скоростных возможностей машины в повороте. В основных результатах и выводах работы также отсутствуют прогнозируемые показатели подвижности БГМ.

При описании эксперимента (глава 3) автором не приведены и не проанализированы структурная схема и параметры используемого регулятора, что затрудняет сопоставление полученных результатов с теоретическими исследованиями (глава 4).

В качестве критерия сложности управляемого движения автором принят коэффициент фазовой напряженности регулирования  $K_{\varphi}(V)$ . Однако в приведенной зависимости (3.2) не раскрыты ни физический смысл входящей в нее величины  $\psi_{\varphi}$ , ни метод ее определения.

На рисунке 3.4 отсутствует спектр амплитуд колебательных процессов, на который ниже по тексту имеется ссылка в подтверждение сделанного автором вывода, что «рост скорости движения приводит к повышению частоты процесса до значений, превышающих возможности водителя» (стр. 93).

По тексту диссертации имеются незначительные ошибки и опечатки (стр. 4, 7, 102, 103), повторы (стр. 49, 97, 100), стилистические небрежности (стр. 17, 77, 138), неудачные выражения (стр. 106).

В таблице 1.2 и зависимостях 2.3, 2.8 и др. не раскрыты некоторые входящие в них величины.

Диссертация обсуждена на заседании секции научно-технического совета ОАО «ВНИИТрансмаш» с привлечением специалистов соответствующего профиля. При обсуждении отмечено, что сделанные замечания не могут повлиять **на общую положительную оценку диссертационной работы.**

### **Вывод**

Диссертация Карпова Е.К. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решена задача повышения скоростных возможностей быстроходной гусеничной машины в повороте за счет улучшения характеристик регулятора и алгоритма коррекции управляющих воздействий и изложены научно обоснованные технические решения по синтезу системы автоматизированного управления движением БГМ на основе shaper-фильтров с применением искусственных нейронных сетей ИНС, имеющая существенное значение для развития отрасли.

Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Карпов Егор Константинович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

Начальник лаборатории ходовой части,

д.т.н., с.н.с.

С.В. Рождественский

Начальник научно-технического центра,

ученый секретарь, к.т.н., доцент

Д.В. Куртц