

Отзыв

официального оппонента профессора кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы» МГТУ имени Н.Э. Баумана, доктора технических наук, Е.Б. Сарача на диссертацию Карпова Егора Константиновича «Повышение подвижности быстроходной гусеничной машины на основе перераспределения во времени управляющих силовых воздействий», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины

1. Актуальность темы диссертации

Подвижность гусеничной машины (ГМ) специального назначения определяется быстроходностью, проходимостью и автономностью. В свою очередь быстроходность достигается обеспечением средней скорости движения ГМ на совокупности дорожных условий и бездорожья. Средняя скорость ограничивается тяговыми свойствами ГМ, плавностью хода и управляемостью - способностью обеспечить требуемую траекторию движения. Для ГМ с высокой удельной мощностью при движении по твердому опорному основанию (дорогам с твердым покрытием, мерзлому или скальному грунту) управляемость становится основным ограничением средней скорости на заданном участке трассы.

ГМ, обладающая эффективным механизмом поворота и достаточным запасом мощности силовой установки, позволяющими не снижать скорость в повороте, перестает вписываться в «коридор» движения вследствие того, что водитель не успевает реагировать на возникающие уходы ГМ с заданной траектории. Поэтому разработка методов проектирования устройств, помогающих водителю управлять ГМ на высоких скоростях движения является актуальной задачей.

2. Новизна и достоверность исследования

На защиту диссертант выносит четыре научных положения:

- уточненную математическую модель динамики управляемого движения ГМ;
- метод повышения подвижности быстроходной ГМ;
- математические закономерности, позволяющие осуществить адаптацию алгоритма управления;
- метод анализа и идентификации заданного типа движения ГМ.

Рассмотрим научную новизну, теоретическую и практическую ценность научных положений, выносимых на защиту, их достоверность и степень научной обоснованности.

2.1. Уточненная математическая модель динамики управляемого движения ГМ

Разработана новая компьютерная математическая модель динамики управляемого движения ГМ, уточнённая возможностью вариации параметров конструкции, определяющих собственную частоту системы, её демпфирующие свойства, а также дополненная существенными нелинейностями, оказывающими влияние на обратную связь системы управления.

Проведённая верификация экспериментально полученных данных с результатами моделирования рассчитанных алгоритмов управления подтверждает достоверность дополненной математической модели, отражающей процесс управляемого движения и корректность основных допущений.

Прогнозирование скорости движения по коэффициенту фазовой напряженности дает удовлетворительные результаты – заниженные на 5...7 % при движении по бетону и несколько завышенные при движении по деформируемому грунту.

Таким образом, выводы работы по данному научному положению обоснованы.

2.2. Метод повышения подвижности быстроходной ГМ

Разработан метод повышения подвижности быстроходной ГМ на основе применения перераспределения управляющих силовых воздействий во времени.

На основе проведенного исследования в данной работе научно обоснована и решена задача повышения степени реализации потенциальных скоростных качеств быстроходных ГМ и снижения утомляемости водителя при движении по дорогам с интенсивным изменением кривизны траектории, на основе перераспределения управляющих силовых воздействий во времени (shaper-фильтры) для управления движением.

С использованием разработанной уточненной математической модели получены новые математические зависимости основных коэффициентов адаптивных shaper-фильтров.

Применительно к рассматриваемой системе для повышения качества переходных процессов обоснована необходимость синтеза ZV-shaper-фильтра. Его эффективность позволяет на 14% уменьшить перерегулирование и на 50% сократить длительность переходных процессов.

Для повышения динамических свойств системы и сокращения коэффициента фазового отставания реакции, обоснована необходимость и синтезирован ZVD-shaper-фильтр. Его эффективность заключается в возможности сокращения фазового отставания реакции и повысить предельную скорость управляемого движения до 5 м/с.

В целом, результаты, полученные в рамках рассмотренного выше научного положения, выносимого диссертантом на защиту, теоретически обоснованны, имеют достаточно высокую степень новизны в области управления криволинейным движением быстроходной ГМ и характеризуют автора диссертации как исследователя с высоким научным потенциалом. Поэтому, с учетом вышесказанного, можно сделать вывод о

том, что рассматриваемое научное положение можно признать как защищенное.

2.3. Математические закономерности, позволяющие осуществить адаптацию алгоритма управления

Получены математические закономерности, позволяющие осуществить адаптацию алгоритма управления, на основе параметров сенсора бокового движения машины.

Автор в дифференциальном уравнении вращательного движения машины (4.1) предлагает учитывать коэффициент увода опорных катков как функцию от температуры их нагрева. В ходе экспериментальных исследований было установлено, что изменение температуры шины катков от 80 до 150 градусов существенно снижает предельную по устойчивости скорость движения машины. Этот процесс сопровождается колебаниями корпуса ГМ вокруг вертикальной оси. Автором предлагается по колебаниям угловой скорости и бокового ускорения на основе показаний датчика бокового движения машины, косвенно определять температуру шин и ограничивать скорость движения.

В целом вывод по данному научному положению обоснован и подтвержден экспериментально, поэтому оно может быть признано защищенным.

2.4. Метод анализа и идентификации заданного типа движения ГМ

Получен метод анализа и идентификации заданного типа движения быстроходной ГМ для последующего отдельного регулирования. Автор с помощью датчиков давления в магистралях гидрообъемного механизма поворота и датчика ускорения и скорости корпуса машины, а также информации о положении управляющих органов ГМ, предлагает судить о типе движения машины: управляемое прямолинейное или криволинейное движение; неуправляемое - снос, занос или «спираль». Информация анализируется с использованием искусственной нейронной сети. В итоге

делается вывод, каким именно способом управлять ГМ при данном режиме движения.

В целом выводы по данному научному положению обоснованы и вытекают из сути исследований и поэтому оно может быть признано защищенным в научном плане.

3. Ценность для науки и практики

Диссертант в своей работе решил актуальную научно-техническую задачу повышения скоростных качеств гусеничной машин при движении по дорогам с интенсивным изменением кривизны траектории, имеющую важное научно-техническое значение. Диссертационная работа имеет существенную теоретическую ценность, научную новизну, которая заключается в том, что новые научные результаты, полученные лично автором, расширяют научное знание в области управления криволинейным движением быстроходной ГМ, позволяют решать прикладные задачи по совершенствованию систем управления поворотом быстроходной ГМ с целью повышения средней скорости при движении по дорогам с интенсивным изменением кривизны траектории. Диссертация отличается высоким уровнем теоретических разработок и достаточно большим объемом экспериментальных исследований.

Практическая ценность и полезность работы заключается в том, что разработанные в диссертации теоретические положения, математическая модель, методы и вытекающие из них выводы и предложения позволяют на стадии проектирования обоснованно выбирать параметры и настройки элементов системы управления поворотом быстроходной ГМ и тем самым реализовывать максимально возможные скорости движения машины.

Достоверность теоретических положений диссертационной работы достигнута логически непротиворечивым использованием математического аппарата, а также согласованностью расчетных и экспериментальных данных.

Материалы диссертации могут быть использованы в научно-исследовательских и проектно-конструкторских организациях, занимающихся проектированием систем управления движением транспортных машин, а также в учебном процессе высших учебных заведениях технического профиля.

4. Оценка содержания диссертации и ее завершенности

Диссертация включает введение, четыре главы, основные результаты и выводы и библиографический список из 96 наименования, имеет общий объем 150 стр., содержит 13 таблиц и 47 рисунков.

Во введении и в главе 1 на основании анализа научной литературы подробно исследовано состояние вопроса, обоснована актуальность проблемы повышения подвижности ГМ путем обеспечения максимальной скорости при движении по дорогам с интенсивным изменением кривизны траектории, а также сформулированы задачи исследования.

Теоретические разработки автора диссертации (главы 2, 4) выявляют его высокую научную эрудицию, умение использовать в своих исследованиях основные положения и выводы многих общенаучных, технических дисциплин, добросовестный подход к оценке собственных результатов, кропотливость при оценке различных факторов. Он провел в большом объеме расчеты, участвовала в проведении трудоемких экспериментов (глава 3), результаты которых весьма интересны и содержательны. Кроме того, эксперименты подтвердили правомерность разработанной лично автором математической модели.

К замечаниям по диссертационной работе следует отнести следующее:

1. Цель работы «повышение подвижности» не совсем корректна, правильнее было бы «повышение быстроходности при движении по дорогам с интенсивным изменением кривизны траектории».

2. Коэффициент усиления в передаточной функции (2.19) не равен 1, а должен быть $1/(0,5C_{\text{пр}})$.

3. Передаточная функция (2.23) не является апериодическим звеном 2-го порядка, а описывает колебательное звено, о чем и свидетельствует переходный процесс на рис. 2.10.

4. При определении режима прямолинейного движения некорректно говорить о нулевом значении угла поворота штурвала. Надо указывать некоторую зону нечувствительности.

5. Из текста диссертации неясно, каким образом по информации с указанных датчиков определяется тип движения ГМ. На наш взгляд это наиболее сложная и интересная задача.

Указанные выше замечания не изменяют общей положительной оценки диссертации.

Все сказанное дает право считать диссертацию Карпова Е.К. законченным исследованием, которое дает разработчику научно-методический аппарат, позволяющий ему эффективно решать различные инженерные задачи, возникающие в процессе создания автоматических систем управления процессом криволинейного движения быстроходной ГМ.

Научные работы, опубликованные по теме диссертации (5 работ), достаточно раскрывают ее основное содержание. Печатные труды и содержание диссертации характеризуют Карпова Е.К. как вполне сложившегося ученого с высокой теоретической подготовкой.

Диссертация отличается высоким качеством оформления и хорошим стилем изложения, как в методическом, так и в литературном плане.

Выводы диссертации обоснованы и соответствуют сущности исследования автора.

Автореферат отражает содержание диссертации и производит благоприятное впечатление.

Выводы

Диссертация Карпова Е.К. имеет научную новизну, и практическую значимость. Основные научные положения, выносимые на защиту, нашли отражение в выводах диссертационного исследования.

В целом диссертация является законченной научной квалификационной работой, выполненной лично автором. Она решает актуальную научную задачу, имеющую важное прикладное значение, а именно: повышение быстроходности гусеничной машины при движении по дорогам с интенсивным изменением кривизны траектории путем перераспределения во времени управляющих силовых воздействий.

По совокупности проведенных исследований и полученных результатов диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Карпов Егор Константинович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины.

Официальный оппонент

Профессор кафедры многоцелевых гусеничных машин и мобильных роботов МГТУ имени Н.Э. Баумана, доктор технических наук



Е.Б. Сарач

«14» января 2015 г.

