

2. Шарипов, В. М. Проектирование механических, гидромеханических и гидрообъемных передач тракторов / В. М. Шарипов. – М. : МАМИ, 2002. – 300 с.

3. Поварехо, А. С. САПР машин. Инженерный анализ в среде MATLAB-Simulink : пособие для обучающихся по специальностям 1-37 01 03 «Тракторостроение», 1-37 01 04 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины» (по направлениям), 1-37 01 05 «Электрический и автономный транспорт» / А. С. Поварехо, В. Н. Плищ. – Минск : БНТУ, 2022. – 71 с.

Представлено 15.04.2022

УДК 629.114.2

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОВОРОТОМ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF CATERPILLAR TURN CONTROL SYSTEMS

Андрукович С. Н., Поварех А. С.,

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

S. Andrukovich,

Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Повышение скоростей движения и мощностных характеристик гусеничных машин (ГМ) предъявляют повышенные требования к системам управления движением машины, к которым относится система управления поворотом, обеспечивающая маневренность и скоростной режим движения машины в различных условиях движения. В статье приведены результаты анализа влияния конструктивного исполнения систем управления поворотом и эксплуатационных условий на выходные характеристики движения ГМ.

Increasing the speeds of movement and the power characteristics of tracked vehicles (GM) place increased demands on the vehicle motion control systems, which include a turn control system that provides maneuverability and high-speed mode of movement of the vehicle in various

driving conditions. The article presents the results of the analysis of the influence of the design of turn control systems and operating conditions on the output characteristics of GM movement.

Ключевые слова: гусеничная машина, скоростные качества, устойчивость, системы управления поворотом, маневренность.

Keywords: tracked vehicle, high-speed qualities, stability, turn control systems, maneuverability.

ВВЕДЕНИЕ

Работа выполнена под руководством Поварехо А. С., канд. техн. наук, доц.

Увеличение скоростных режимов движения ГМ приводит к необходимости создания и совершенствования их систем, обеспечивающих эксплуатационную безопасность. В решении этой задачи значительную роль играет совершенствование систем управления поворотом. При этом необходимо обеспечение высокого уровня маневрирования при соблюдении динамической устойчивости движения ГМ. Кроме того, переходные процессы, возникающие при входе в поворот, выходе из поворота, движении с переменным радиусом поворота и скоростями, вызывают дополнительные нагрузки, как в трансмиссии, так и ходовой системе ГМ. Естественно, задача заключается в минимизации этих нагрузок, которые в значительной степени определяются конструкцией систем поворота и алгоритмами их управления [1, 2].

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОВОРОТОМ ГМ

С точки зрения теории автоматического управления следует учитывать, что управляющее воздействие (входной сигнал) для изменения направления движения формируется оператором машины. Наличие обратной связи в системе позволяет обеспечить следящее действие – некую пропорциональность между задающим воздействием и траекторией движения (радиусом поворота) ГМ. Самого водителя также можно рассматривать как часть звена обратной связи, упреждающего занос машины (нарушение управляемости).

Соответственно можно утверждать, что качество управления ГМ зависит от конструкции и алгоритмов работы систем управления, а также индивидуальных качеств оператора, что в совокупности влияет на скоростные качества ГМ.

Одним из направлений повышения эффективности управления поворотом может рассматриваться совершенствование конструкций систем поворота и алгоритмов работы ее элементов.

Применяемые в настоящее время на ГМ системы поворота (СП) можно разделить на две группы – с дискретными и непрерывными свойствами.

На легких ГМ в качестве механизмов поворота (МП) используются бортовые фрикционы, которые устанавливаются между коробкой передач и бортовыми передачами и позволяющие изменять радиус поворота путем затормаживания ведущей звездочки отстающего борта. Данные МП обладают непрерывными свойствами, однако нестабильность фрикционных характеристик пар трения не позволяют обеспечивать стабильность радиуса поворота и усложняют работу СП. Более совершенными являются планетарные механизмы поворота (ПМП), которые имеют несколько конструктивных исполнений.

Самым простым является двухступенчатый ПМП. Данный ПМП обеспечивает скорость забегающей гусеницы, равную скорости при прямолинейном движении машины. Скорость отстающей гусеницы определяется ее затормаживанием тормозами данного ПМП.

Наиболее широко на современных высокоскоростных ГМ получили многопоточные механизмы поворота. Бесступенчатое (непрерывное) регулирование в таких передачах, как правило, это обеспечивается применением вариаторов или гидрообъемных передач с регулируемыми гидронасосами или гидромоторами.

Следует отметить, что данные бесступенчатые СП в свою очередь подразделяются на два варианта исполнения: дифференциальный и независимый.

На большинстве гусеничных шасси, используемых в ГМ военного назначения, производимых США, Германией, Францией, Великобританией используются СП с двумя суммирующими бортовыми планетарными редукторами. Главным из недостатков дифференциального привода является отбор большой мощности для функционирования гидрообъемной передачи в случае обеспечения высоких показателей поворачиваемости ГМ. Это вызвано необходимостью одновременной передачи мощности к ПМ обоих бортов.

С точки зрения кинематики при использовании дифференциальных суммирующих редукторов происходит одинаковое по ве-

личине уменьшение скорости отстающего борта и увеличение скорости забегающего борта. Скорость центра машины остается равной скорости движения перед выполнением поворота. План скоростей представлен на рисунке 1, б. В связи с этим на твердых, а также недеформируемых поверхностях возможно возникновение заноса, для предотвращения которого оператор должен заранее, перед выполнением маневра снизить скорость и даже перейти на низшую передачу.

Независимый способ поворота обеспечивает в повороте сохранение забегающему борту машины скорости движения до входа машины в поворот и автоматическое снижение скорость движения центра машины (рисунок 1, в). При этом скорость центра масс машины снижается пропорционально уменьшению радиуса поворота.

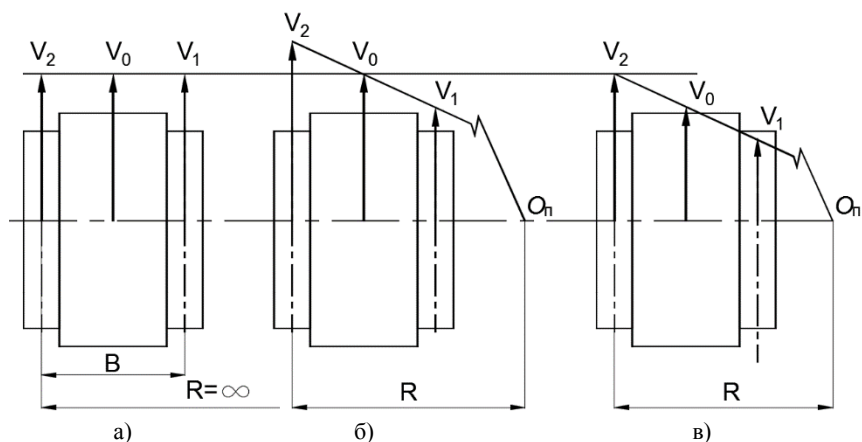


Рисунок 1 – Способы поворота ГМ

а – прямолинейное движение; б – дифференциальный; в – независимый

Для оценки управляемости ГМ при различных типах СП необходимо исследование динамических процессов при повороте машины и ее движении по криволинейным траекториям.

Из вышесказанного можно следует, что динамическая устойчивость при криволинейном движении ГМ в значительной степени зависит от свойств опорной поверхности, удельной мощности двигателя, которая определяет реализуемые удельные касательные силы тяги и конструктивного исполнения механизмов поворота (дис-

кретное регулирование или непрерывное регулирование при многопоточной силовой передаче).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований установлено следующее.

1. Реализация скоростных качеств ГМ на грунтовых поверхностях с относительно низким значением коэффициента объемного смятия в случае необходимости частой корректировки направления движения в значительной степени зависит от ее удельной мощности. Установлено, что с увеличением удельной мощности скоростные качества машин как с ступенчатыми, так и непрерывными свойствами систем управления практически выравниваются, но количество «подруливаний» у дискретно управляемых систем выше.

2. При движении по твердым грунтам и недеформируемым поверхностям скоростные свойства машин с дискретными свойствами системы управления поворотом существенно ниже по сравнению с системами управления поворотом непрерывного действия. Эта разница существенно зависит от быстродействия управления бортовыми редукторами, а также значительными боковыми ускорениями, которые приводят к потере сцепных условий и заносу машины.

3. Современные СП ГМ должны быть комплексными, обеспечивающими согласованную работу механизмов поворота, трансмиссии и двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забавников, Н. А. Основы теории транспортных гусеничных машин / Н. А. Забавников. – М. : Машиностроение, 1975.

2. Благодравов, А. А. Динамика управляемого движения гусеничной машины: учеб. пособие / А. А. Благодравов, В. Б. Держанский. – Курган: Изд-во Кург. машиностроит. ин-та, 1995. – 162 с.

Представлено 15.04.2022