

Автомобилестроение

УДК 639.115.8

Совершенствование автоматизированной системы управления криволинейным движением гусеничной машины

Бекетов А.А.

Белорусский национальный технический университет

Развитие гусеничных машин (ГМ) идет по пути автоматизации рабочих процессов. Это объясняется стремлением снизить профессиональные требования к водителю, повысить надежность и эффективность ГМ, а также безопасность движения. Автоматизации в настоящее время подвергаются системы управления трансмиссией и двигателем, системы поддрессоривания, тормозные системы, системы автоматического регулирования натяжения гусеницы. Опыт эксплуатации ГМ свидетельствует о том, что чем выше профессионализм водителя, тем более высокое значение средней скорости он обеспечивает в условиях возникновения прямых ограничений скорости. Средняя скорость ГМ, управляемой водителем наивысшей квалификации при наличии существенных прямых ограничений скорости, превышает обычно на 20-25% среднюю скорость машины, управляемой водителем с обычной квалификацией.

С ростом удельной мощности ГМ средняя скорость движения на криволинейных участках пути ограничивается, в основном, управляемостью машины. Даже водитель-профессионал не всегда способен на высокой скорости выполнения маневра сопоставить три фактора, определяющие возможность его выполнения и управляющее воздействие: состояние опорной поверхности, кривизну траектории, скорость движения. В результате для гарантированного прохождения участка криволинейной траектории водитель вынужден снижать скорость, тем самым искусственно ограничивая потенциально высокую подвижность ГМ. Существенно повысить среднюю скорость на местности, «разгрузить» водителя и сосредоточить его внимание на дорожной обстановке позволяют автоматизированные системы управ-

ления движением (АСУД), предотвращающие занос машины. Наиболее актуально применение АСУД для машин с бесступенчатыми механизмами поворота и, в частности, с гидрообъемными механизмами поворота (ГОМП). Отсутствие фиксированных радиусов поворота, существенная зависимость радиуса поворота при неизменном положении штурвала от условий и скорости движения снижает управляемость ГМ на высоких скоростях.

Разработка АСУД ГМ практически невозможна без теоретических исследований комплекса «система управления - машина - внешняя среда» с использованием математического моделирования рабочих процессов на ЭВМ. В этой связи совершенствование АСУД ГМ на основе имитационного математического моделирования, направленного на повышение эффективности проектирования системы и отработку алгоритмов управления ГМ, представляется актуальной задачей.

Целью исследования является повышение подвижности ГМ с ГОМП за счет совершенствования автоматизированной системы управления криволинейным движением.

В результате теоретических исследований и анализа экспериментальных данных разработаны общие принципы построения автоматизированной системы управления криволинейным движением ГМ, оснащенной ГОМП, позволяющей повысить подвижность машины за счет предотвращения заноса.

Использование комплекса программ для ЭВМ позволяет имитировать динамику криволинейного движения ГМ по местности с встроенной системой управления движением, и, тем самым, сократить сроки проектирования и доводочных испытаний АСУД ГМ.

Анализ состояния АСУД, теории криволинейного движения гусеничных машин и современных научных подходов к решению задач по данной тематике, а также выделенный ряд новых вопросов, которые должны рассматриваться при совершенствовании систем управления движением ГМ, позволили обосновать задачи для достижения решения вопросов математического моделирования динамики ГМ с системой автоматизированного управления криволинейным движением.

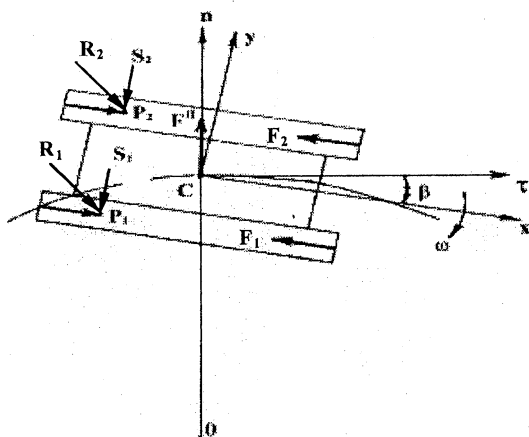


Рисунок 1. Силы, действующие на гусеничную машину при криволинейном движении

Движение гусеничной машины как механической системы имеет следующие особенности (рисунок 1):

- силы, вызывающие ее движение (за исключением силы тяжести), являются силами реакций и создаются самой машиной;
- силы тяги P_1 и P_2 , а также силы сопротивления повороту S_1 и S_2 являются составляющими сил реакции грунта R_1 и R_2 ;
- движение гусеничной машины без «буксования» гусениц невозможно;

- гусеничная машина при движении по плоскости, как механическая система, обладает тремя степенями свободы, а при движении по заданной траектории - двумя;

- при криволинейном движении центр масс гусеничной машины будет двигаться по касательной к траектории движения, а продольная ось будет поворачиваться вокруг центра масс на дополнительный угол β относительно касательной к траектории движения.

Поэтому, полагая, что ГМ движется по горизонтальной плоскости, для анализа управляемости гусеничной машины траекторию движения центра масс задавалась в виде

$$k = k(s),$$

где k - кривизна траектории движения центра масс гусеничной машины; s - координата движения центра масс гусеничной машины, отсчитываемая вдоль траектории движения.

При заданной траектории движения положение гусеничной машины на плоскости определяется двумя координатами: положением центра масс на траектории движения (координата s) и углом поворота продольной оси гусеничной машины относительно ее центра масс (координата φ).

$$\dot{\varphi} = k(s) \cdot \dot{s} + \dot{\beta}. \quad (1)$$

Для подтверждения граничного условия управляемого криволинейного движения гусеничной машины необходимо провести детальный сравнительный анализ модели криволинейного движения гусеничной машины для различных внешних условий и режимов движения машины.

Система автоматизированного управления криволинейным движением должна предотвращать наступление граничных условий. Известно, что движение гусеничной машины управляемо до тех пор, пока момент сопротивления повороту не равен нулю, поскольку при равенстве его нулю любое внешнее возмущение приведет к неуправляемому движению машины. Также установлено, что если угол между продольной осью машины и касательной к траектории движения β не превышает $10-15^\circ$, то движение ГМ управляемое. В этой связи предлагается в качестве параметра управления АСУД использовать этот угол.

При управлении криволинейным движением автоматизированная система должна поддерживать угол между продольной осью машины и касательной к траектории (вектором абсолютной скорости) в заданных пределах. Фактически АСУД будет работать как система динамической стабилизации (СДС) криволинейного движения машины.

Предлагаю алгоритм работы АСУД, основанный на поддержании угла между продольной осью машины и касательной к траектории (вектором абсолютной скорости) в заданных пределах. При этом АСУД фактически будет работать как система динамической стабилизации криволинейного движения машины. Стабилизация обеспечивается изменением подачи топлива и объема регулируемой гидромашины ГОП.