

## Нетрадиционный критерий оценки системы поддресоривания быстроходной гусеничной машины

© О.А. Наказной, Г.О. Котиев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, Россия

*При проектировочном и поверочном расчете систем поддресоривания гусеничных машин используется скоростная характеристика систем поддресоривания, впервые введенная проф. А.А. Дмитриевым. Существующая скоростная характеристика по пробою подвески не позволяет оценить влияние систем поддресоривания на управляемость машины. Предложена методика, позволяющая качественно, в первом приближении оценить совершенство той или иной системы поддресоривания с точки зрения ее влияния на управляемость машины. На основании разработанной методики введена и построена скоростная характеристика по управляемости, с помощью которой можно оценить совершенство системы поддресоривания по этому показателю.*

**Ключевые слова:** гусеничная машина, система поддресоривания, управляемость.

При проектировочном и поверочном расчете систем поддресоривания гусеничных машин (ГМ) используется скоростная характеристика, впервые введенная проф. А.А. Дмитриевым [1]. Совместно с номограммами качества систем поддресоривания Дмитриева — Тельминова скоростная характеристика позволяет выбрать расчетную высоту неровностей в качестве исходной при проектировочном расчете, а также оценить совершенство системы поддресоривания при поверочном расчете и сравнении систем поддресоривания различных ГМ. Под совершенством систем поддресоривания в этом случае понимается достижение требований плавности хода ГМ, удовлетворительной по пробою подвески.

Однако скоростная характеристика не позволяет выбрать (даже в первом приближении) требования по управляемости к разрабатываемой системе поддресоривания. Следовательно, существующая скоростная характеристика по пробою подвески не дает возможности оценить совершенство систем поддресоривания по их влиянию на управляемость ГМ, а также сравнить различные системы поддресоривания по указанному свойству.

Обратимся к методике, позволяющей качественно, в первом приближении оценить совершенство той или иной системы поддресоривания с точки зрения ее влияния на управляемость ГМ.

Желательно, чтобы методика позволяла построить характеристику, подобную скоростной характеристике системы поддрессирования по плавности хода ГМ. Назовем искомую характеристику скоростной характеристикой системы поддрессирования по управляемости ГМ. Для отличия известную скоростную характеристику по пробою подвески [1] далее будем называть скоростной характеристикой системы поддрессирования по плавности хода. В качестве предпосылок или требований к разрабатываемой характеристике примем следующие:

- относительная простота;
- наглядность;
- обеспечение гарантированной оценки;
- построение характеристики в тех же координатах, что и для скоростной характеристики по плавности хода.

Выполнение первых двух требований хорошо достигается с помощью так называемых графоаналитических методов. Для обеспечения гарантированной оценки, т. е. ответа по принципу «не хуже (не лучше)», необходимо найти нижнюю границу управляемого движения.

Достаточным условием управляемого движения является возможность механика-водителя в любой момент времени изменить режим движения ГМ. Изменение режима движения при заданной скорости выражается в изменении направления движения ГМ или кривизны траектории (радиуса поворота). Отсюда следует, что движение будет гарантированно неуправляемым, если существуют такие моменты времени, когда криволинейное движение ГМ невозможно, иными словами, если радиус поворота стремится к бесконечности. Найдем условия, при которых возникает гарантированно неуправляемое движение.

Как известно, минимально допустимый радиус поворота зависит от минимальной суммарной нормальной реакции  $N_{\min}$ . Тогда

$$\lim_{N_{\min} \rightarrow 0} R = \lim_{\min \sum_1^{2n} P_j \rightarrow 0} R = \infty,$$

т. е. движение будет гарантированно неуправляемым, когда суммарная нормальная реакция грунта становится равной нулю:

$$N_{\min} = \min \sum_1^{2n} P_j = 0. \quad (1)$$

В действительности сумма сил реакций  $N_{\min}$  при колебаниях корпуса ГМ — величина переменная и не всегда равна нулю. Однако

возникновение случаев, определяемых выражением (1), вносит неопределенность в значение радиуса  $R$  (кривизну  $k$ ) поворота, а следовательно, и в управление движением машины.

Для обеспечения гарантированной оценки необходимо определить такие режимы движения, при которых выполняется условие (1). Очевидно, что при фиксированной скорости режим движения ГМ в рассматриваемом случае характеризуется высотой  $h$  неровности профиля и длиной  $a$  волны неровности. В общем случае указанные параметры профиля являются величинами случайными. Однако для достижения гарантированного результата необходимо выбрать профиль, обеспечивающий наиболее продолжительную реализацию режимов движения. Поэтому гарантированная оценка управляемости ГМ должна исключать возникновение случая, определяемого выражением (1), на достаточно продолжительном интервале времени — пути.

Указанному требованию удовлетворяет гармонический профиль пути:

$$y(t) = (h/2) \sin pt,$$

где  $y(t)$  — высота профиля;  $p = 2\pi v/a$  — частота внешнего возмущения;  $v$  — скорость прямолинейного движения ГМ.

Таким образом, построение скоростной характеристики по управляемости сводится к определению режимов движения ГМ по гармоническому профилю, при которых выполняется условие (1). Аналитически эта скоростная характеристика может быть кратко записана в следующем виде:

$$h_{отр} = h_{отр}(v), \quad (2)$$

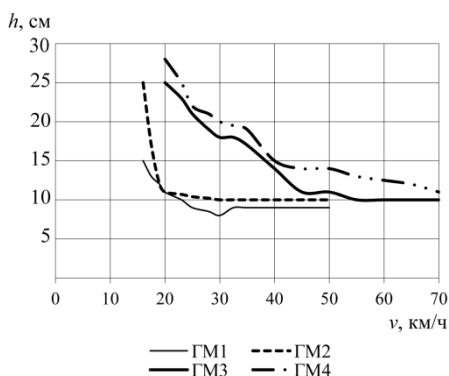
где  $h_{отр}$  — высота неровности гармонического профиля, при которой происходит отрыв всей опорной поверхности ГМ от грунта.

Методика построения скоростной характеристики по управляемости (2) подобна методике построения скоростной характеристики по плавности хода [1]:

$$h_{пр} = h_{пр}(v),$$

где  $h_{пр}$  — высота неровности гармонического профиля, при которой происходит пробой подвески.

Различие заключается в том, что при построении скоростной характеристики по управляемости определяется не момент пробоя подвески, а момент отрыва опорной поверхности от грунта, т. е. граница, определяемая условием (1).



Скоростные характеристики систем поддрессоривания по управляемости

На рисунке представлены скоростные характеристики систем поддрессоривания по управляемости отечественных ГМ, построенные путем численного расчета с помощью программы [2].

Полученные скоростные характеристики позволяют провести сравнительную оценку совершенства той или иной системы поддрессоривания по ее влиянию на управляемость криволинейного движения ГМ.

Показателем, позволяющим выполнить такую оценку в данном случае, как и в случае традиционной оценки системы поддрессоривания по плавности хода, является высота проходной неровности гармонического профиля. Поэтому лучшей по управляемости можно считать ту систему поддрессоривания, у которой соответствующая скоростная характеристика проходит на графике выше.

Сравнительный анализ графиков на рисунке показывает, что системы поддрессоривания ГМ3 и ГМ4 более совершенны по сравнению с аналогичными системами ГМ1 и ГМ2 не только по их влиянию на плавность хода, но и на управляемость. Особенно сильно это преимущество проявляется на скоростях 20...40 км/ч в так называемой резонансной зоне. Это можно объяснить слабыми демпфирующими свойствами систем поддрессоривания ГМ1 и ГМ2 по сравнению с ГМ3 и ГМ4. Именно в резонансной зоне вынужденных колебаний ГМ наиболее эффективно проявляются демпфирующие свойства их систем поддрессоривания.

Однако из анализа этих же скоростных характеристик, показанных на рисунке, можно заключить, что система поддрессоривания ГМ3 на высоких скоростях (выше 45 км/ч) обладает практически такими же свойствами по управляемости, как ГМ1 и ГМ2. При этом система поддрессоривания ГМ3 значительно уступает по управляемости системе поддрессоривания ГМ4. Таким образом, наиболее совершенной по управляемости является система поддрессоривания ГМ4.

Из изложенного можно сделать следующие выводы:

- представленная методика позволяет построить скоростную характеристику ГМ по управляемости;
- скоростная характеристика системы поддрессоривания по управляемости существует и однозначна в области ее определения;

- области существования обеих скоростных характеристик — по плавности хода и по управляемости — совпадают.
- полученная характеристика может быть использована как дополнительный критерий качества системы поддрессирования и оценку ее совершенства по управляемости.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дмитриев А.А., Чобиток В.А., Тельминов А.В. *Теория и расчет нелинейных систем поддрессирования гусеничных машин*. Москва, Машиностроение, 1976, 207 с.
- [2] Дядченко М.Г., Котиев Г.О., Сарач Е.Б. *Основы расчета систем поддрессирования гусеничных машин на ЭВМ*. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007, 52 с.

Статья поступила в редакцию 10.07.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Наказной О.А., Котиев Г.О. Нетрадиционный критерий оценки системы поддрессирования быстроходной гусеничной машины. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 10. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/transport/972.html>

**Наказной Олег Алексеевич** — д-р техн. наук, профессор кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 70 публикаций в области теории движения многоцелевых гусеничных машин. e-mail: [nakaznoi@gmail.com](mailto:nakaznoi@gmail.com)

**Котиев Георгий Олегович** родился в 1967 г., окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана в 1991 г. Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: [kotievgo@yandex.ru](mailto:kotievgo@yandex.ru)