

мулы необходимы для расчета агрегатов, в состав которых входит одна или несколько прицепных многоколесных машин. Приведенные в работе результаты обеспечивают определение криволинейного коридора движения агрегата и дают возможность выполнить анализ влияния конструктивных параметров на маневренность тягача с прицепом.

Л и т е р а т у р а

1. Опейко Ф.А. Колесный и гусеничный ход. – Минск, 1960. 2. Опейко Ф.А. Математическая теория трения. – Минск, 1971. 3. Жуковский Н.Е. Условия равновесия твердого тела, опирающегося о неподвижную плоскость некоторой площадью и могущего перемещаться вдоль этой плоскости с трением. – Собр. соч. М., 1948, т.1. 4. Опейко А.Ф. Исследование динамики поворота гусеничного хода: Автореф. канд. дис. – Минск, 1976. 5. Давыдик И.И. Взаимодействие гусеницы с опорной поверхностью при повороте гусеничного хода. – В сб.: Технология торфяного производства и торфяные машины, Минск, 1974, вып.3.

УДК 629.114.2.001.

Н.В.Кислов, Г.В.Казаченко

ОБ ОЦЕНКЕ МАНЕВРЕННЫХ СВОЙСТВ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Маневренные качества мобильных машин в значительной мере обуславливают технико-экономическую эффективность их применения, поэтому обеспечение высокой маневренности – очень важный фактор при выборе рациональной конструктивной схемы машины и механизма управления. Эта же проблема решается и при автоматизации процесса управления машиной, так как на маневренные свойства влияет и способ управления. Для решения таких задач необходимо правильно сформулировать критерии, определяющие маневренные свойства машины. Эти свойства принято делить на статические и динамические [1]. Для ряда машин, например промышленных тракторов, имеющих небольшие скорости передвижения, наиболее важны статические критерии маневренности. В качестве таких критериев [1] выбираются относительный минимальный радиус поворота, удельная сила тяги и коэффициент использования сцепной силы движителя. Но эти критерии не в полной мере позволяют оценить манев-

ренные свойства машины и решить вопрос о выборе той или иной конструктивной схемы двигателя или способа управления. Так, например, обеспечение малого радиуса поворота еще не позволяет считать машину высокоманевренной с точки зрения кинематики потому, что при этом поворот может осуществляться с малой угловой скоростью. Это же можно сказать и об удельной силе тяги, так как при большой длительности маневра расход мощности может быть значительным.

Для объективной оценки маневренных свойств мобильной машины необходимо ввести более широкий комплекс показателей.

Представляется целесообразным разделить эти показатели на кинематические, энергетические, управляющие и эргономические. К кинематическим отнесем показатели, характеризующие геометрию и скорость выполнения маневра. Ими могут быть относительный радиус и угловая скорость поворота. К энергетическим относятся показатели, характеризующие энергетическую емкость выполнения маневров. На наш взгляд, наиболее полно маневренные качества машины с этой стороны определяют расход энергии на выполнение эталонного маневра, например на поворот машины на 180° , и способность к преодолению внешних сопротивлений. К управляющим критериям маневренности можно отнести чувствительность машины к управляющим воздействиям. Эргономические показатели – это комфорт для водителя, удобство и легкость управления машиной при совершении маневров.

При автоматизации процесса управления эти критерии могут быть взяты в качестве локальных показателей целевой функции. Управляющие и эргономические критерии являются общими для всех режимов движения мобильной машины.

Рассмотрим подробнее первые две группы показателей, которые формально могут быть представлены в виде

$$\Phi_1 = \rho \rightarrow \min, \quad \Phi_2 = \omega \rightarrow \max, \quad \Phi_3 = E \rightarrow \min, \quad (1)$$

где ρ – относительный радиус поворота; ω – угловая скорость поворота; E – удельная величина потерь энергии при выполнении какого-либо маневра.

Вычисляются Φ_1 и Φ_2 по известным из теории трактора и автомобиля кинематическим зависимостям, которые даны, например, в [1, 2]. Для вычисления Φ_3 предлагается выражение

$$E = \frac{1}{Mg} \int_{t_0}^{t_1} D dt, \quad (2)$$

где D - диссипативная функция; t_0 и t_1 - соответственно время начала и окончания маневра; M - масса машины.

Вид функции D зависит от типа машины, ее конструкции и способа управления.

Экстремумы выражений (1) находятся при ряде ограничений, накладываемых на конструктивные параметры машины по условиям надежности и эксплуатации, на показатели целевой функции по условиям безопасности и устойчивости движения, на управляющие воздействия по возможностям механизма управления и двигателя. Названные ограничения можно записать следующим образом:

$$a_{i1} \leq a_i \leq a_{i2}; \quad Mg \frac{dE}{dt} \leq N;$$

$$2\omega^2 \rho z g \leq 1; \quad \varphi g \geq \omega^2 \rho d;$$

$$\xi_i \leq \xi_{i \max},$$

где a_i - конструктивные параметры; N - мощность двигателя; d - поперечная база машины; z - высота центра масс; φ - коэффициент сцепления движителя с дорогой; ξ_i - управляющие воздействия.

Условия и комфортабельность работы водителя также могут быть введены в виде ограничений типа

$$\eta_i \leq \eta_{i \max},$$

где η_i - параметры, характеризующие эти условия.

При выборе той или иной конструктивной схемы машины по условиям маневренности можно исходить из соотношений $\frac{\Phi_{11}}{\Phi_{12}}$, $\frac{\Phi_{21}}{\Phi_{22}}$, $\frac{\Phi_{31}}{\Phi_{32}}$. Предпочтение следует отдать маши-

не с индексом один, если $\frac{\Phi_{11}}{\Phi_{12}} < 1$, $\frac{\Phi_{21}}{\Phi_{22}} > 1$, $\frac{\Phi_{31}}{\Phi_{32}} < 1$, и на-
оборот - машине с индексом два, если неравенства выполня-

ются с другой стороны. При выполнении комплекса неравенств не полностью преимущество следует отдать тем из них, которые имеют наибольшее значение для рассматриваемой машины.

Применим предложенную методику для оценки маневренных свойств колесных самоходов с бортовой схемой управления, имеющих колесные формулы 2 х 2 и 3 х 3. На величину функций Φ_1 , Φ_2 и Φ_3 для таких машин основное влияние при одинаковых законах управления оказывает [1, 3] коэффициент базы $a_r = \frac{a}{d}$, где a - продольная база машины. Учитывая [3] r , можно после несложных преобразований записать

$$\frac{\Phi_{13}}{\Phi_{12}} = \frac{\rho_3}{\rho_2} = \frac{4a_r^2 + 3 - a_r \sqrt{4a_r^2 + 3}}{3(1 + a_r^2)} = \frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{\Phi_{22}}{\Phi_{23}} \quad (3)$$

Здесь индекс 3 относится к трехосной машине, 2 - к двухосной.

Из выражения (3) следует равенство $\rho_3 \omega_3 = \rho_2 \omega_2$, которое показывает, что продольная скорость машин одинакова.

Для вычисления третьего соотношения запишем выражение для диссипативной функции [3]

$$D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 L_{ij} \omega^2,$$

где L_{ij} - момент трения опорной площадки соответствующего колеса относительно ее центра вращения: $i = 1 \dots n$ - номер оси; $j = 1, 2$ - номер борта.

Тогда при статическом повороте

$$E = \frac{1}{Mg} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 L_{ij} \omega^2 t,$$

где t - продолжительность поворота.

Если сравнивать потери энергии при повороте на 180° , то

$$t = \frac{\pi}{\omega} \quad \text{и} \quad E = \frac{\pi}{Mg} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 L_{ij} \omega.$$

Тогда на основании [3] третье соотношение

$$\frac{\Phi_{33}}{\Phi_{32}} = \frac{4\sqrt{3 + 5a_r^2} - 2a_r\sqrt{4a_r^2 + 3} + 4a_r\sqrt{4a_r^2 + 3}}{9\sqrt{a_r^2 + 1}} \cdot (4)$$

Зависимости (3) и (4) представлены на рис. 1. Их анализ показывает, что по всем трем показателям трехосная машина с бортовой схемой управления обладает лучшими маневренными свойствами, чем двухосная во всей области изменения коэффициента a_r базы. Полученные выводы подтверждаются результатами экспериментальных исследований на моделях колесных самоходов [3].

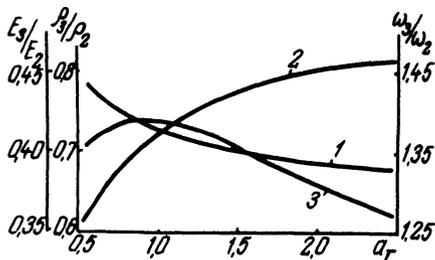


Рис. 1. Сравнительная характеристика маневренных свойств колесных машин с бортовой схемой управления: 1 — $\rho_3/\rho_2 = f(a_r)$, 2 — $\omega_3/\omega_2 = f(a_r)$, 3 — $E_3/E_2 = f(a_r)$.

Л и т е р а т у р а

1. Фаробин Я.Е. Теория поворота транспортных машин. — М., 1970. 2. Опейко Ф.А. Колесный и гусеничный ход. — Минск, 1960. 3. Исследование нагруженности колес движителя с бортовой схемой поворота при движении на повороте. (Науч.-техн. отчет)/БПИ.— №ГР 75057527. Инв. №635638. — Минск, 1977.

УДК 621.878.6:629.114.01 — 587

Л.И.Карако

К ВОПРОСУ ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ МЕЖКОЛЕСНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ САМОХОДНЫХ СКРЕПЕРОВ

В СССР общий объем земляных работ к концу пятилетки достигнет 22100 млн. м³ в год [1]. При этом постоянно возрастает удельный вес производства земляных работ скреперами. За последнее время увеличились мощности самоходных скреперов, появились полноприводные машины с двумя раздельными силовыми установками. Ведутся опытно-конструктор-