

ЛИТЕРАТУРА

1. Лефаров А.Х. Дифференциалы автомобилей и тягачей. — М., 1972. — 147 с.
2. Гуськов В.В. Тракторы: Часть II: Теория. — Минск, 1977. — 384 с.
3. Тракторные поезда/П.П.Артемов, Ю.Е.Атаманов, Н.В.Богдан: Под ред. В.В.Гуськова. — М., 1982. — 183 с.
4. Шины пневматические для тракторов и сельскохозяйственных машин. ГОСТ 7463-80. — М., 1981. — 34 с.

УДК 629.113.672.3

С.Ф.ОПЕЙКО (БПИ)

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ПОПЕРЕЧНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МАШИНЫ МВУ-30

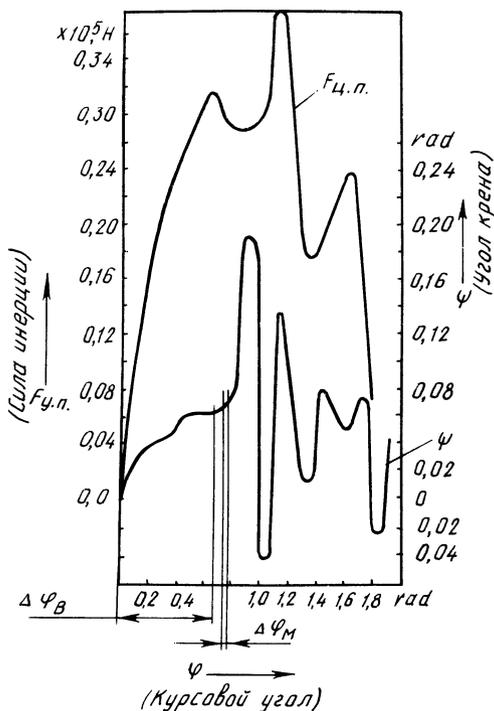
Производственное объединение "БелавтоМАЗ" внедрило в мелкосерийное производство самоходную машину МВУ-30 для внесения удобрений. Эта машина отличается от выпускавшихся ранее в СССР самоходных сельскохозяйственных машин максимальной (паспортной) технологической скоростью движения по полю (8,6 м/с).

Однако, как показали исследования, указанную в паспорте скорость можно достичь при условии сохранения поперечной динамической устойчивости только в режиме строго прямолинейного движения по горизонтальной поверхности поля. Анализ конструкции МВУ-30, а также оценка ее поперечной динамической устойчивости с помощью ЭВМ показали, что ее реальную технологическую скорость движения можно значительно увеличить. Это осуществимо путем рационального выбора на расчетно-модельной основе значимых с точки зрения устойчивости конструктивных и эксплуатационных параметров, учитывая, что исходя из требований ГОСТа 12.2.019-76 поперечная устойчивость этой машины остается пока удовлетворительной [1].

В данной статье разрабатываются рекомендации, направленные на повышение поперечной устойчивости рассматриваемой машины путем рационального выбора таких параметров, как вертикальная координата центра масс МВУ-30, ширина колеи задних колес, скорость движения. Кроме того, сделана попытка оценить влияние макрорельефа поля на устойчивость машины. Анализ работ, изучающих поперечную динамическую устойчивость колесных транспортных средств, показал, что для исследования пространственного колебательного движения машины МВУ-30 с учетом упругих и диссипативных характеристик пневматиков подходит математическая модель [2] трехколесного самохода. Эта модель описывается системой дифференциальных уравнений в форме Аппеля в квазикоординатах и уравнениями неголономных связей катящихся пневматиков. Макронеровности моделируются синусоидальным законом. Траектория курсового движения может выбираться исследователем в соответствии с характером решаемой задачи. С помощью соответствующей ФОРТРАН-программы на ЭВМ ЕС-1022 был проведен вычислительный эксперимент, результаты которого представлены на рис. 1—3.

Методика проведения вычислительного эксперимента состояла в следующем. Для оценки влияния поперечной силы инерции на динамическую устой-

Рис. 1. Оценка совместного возмущающего действия на остов от центробежной силы инерции и от наезда на макронеровность. Масса машины $M = 16550$ кг. Обозначено: $\Delta \varphi_M$ — интервал формирования возмущения от наезда на макронеровность; $\Delta \varphi_B$ — интервал входа в поворот.



чивость МВУ-30 моделировалось ее криволинейное движение, состоящее из двух фаз: неустановившегося и установившегося поворота. В первой фазе центр масс машины движется по спиральной курсовой траектории вследствие равномерного увеличения угла поворота направляющего колеса. Темп поворота колеса выбирался на основании результатов осциллографирования криволинейного движения реального процесса поворота машины МВУ-30 [3].

При необходимости оценки совместного действия на машину двух возмущающих факторов (центробежной силы инерции и наезда на макронеровность опорной поверхности) в конце первой фазы поворота моделировался наезд на макронеровность колесом, ближним к центру поворота. Во второй фазе центр масс движется по окружности вследствие достижения направляющим колесом максимального угла поворота, равного 0,412 рад.

В качестве показателя поперечной динамической устойчивости принималось равенство нулю вертикальной опорной реакции на одном из колес. Расчеты показали, что такое равенство применительно к машине типа МВУ-30 (колесная формула 3 × 2) соответствует моменту начала потери поперечной динамической устойчивости. Для оценки возмущающего действия макронеровностей опорной поверхности на поперечную устойчивость моделировался наезд задним колесом на макронеровность при прямолинейном движении. Вычислительный эксперимент позволил оценить суммарное воздействие различных типов возмущений на устойчивость колебательного движения машины. Так, при движении по ровной горизонтальной поверхности в режиме входа в поворот со скоростью 5 м/с угол крена под действием одной только центро-

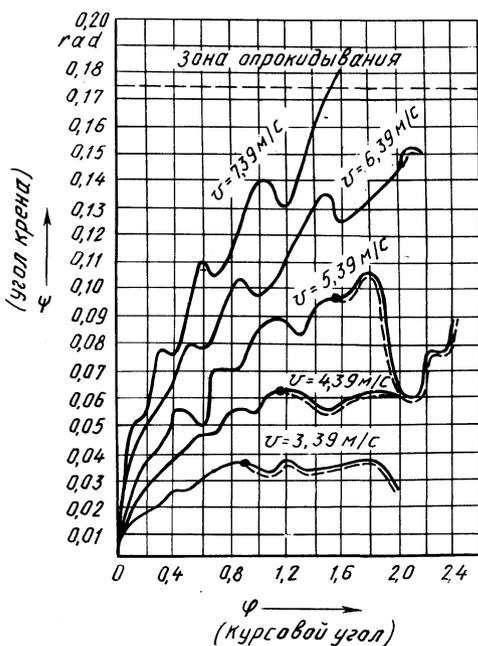


Рис. 2. Оценка влияния скорости движения по криволинейной траектории на поперечную динамическую устойчивость МВУ-30. Масса машины $M = 14000$ кг. Сплошная линия – 1-я фаза (вход в поворот); пунктирная – 2-я фаза (установившееся круговое движение).

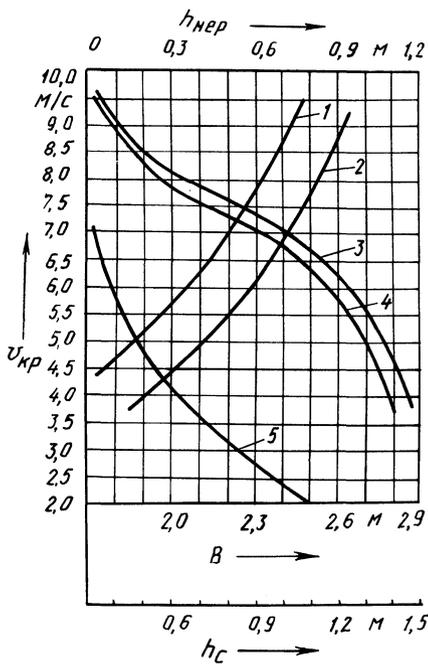


Рис. 3. Оценочные зависимости поперечной динамической устойчивости машины МВУ-30:

$V_{кр}$ – критическая скорость движения, при которой начинается поперечное динамическое опрокидывание; зависимости 1, 2 характеризуют влияние ширины колеи B ; зависимости 3, 4 – влияние вертикальной координаты центра масс h_c относительно плоскости, в которой лежат оси колес; зависимость 5 оценивает влияние высоты макронеровностей поля $h_{нер}$.

бежной силы инерции плавно возрастает. Причем, угол крена возрастает (см. рис. 1) до значения, составляющего $0,062$ рад к концу входа в поворот. Затем моделируется наезд на макронеровность колесом, ближним к мгновенному центру поворота. Тем самым суммируются упомянутые разнохарактерные возмущения. Скачкообразное возмущение от наезда на макронеровность вызывает стремительное возрастание угла крена до значения $0,19$ рад, которое является надкритическим для данного комплекса динамических факторов.

Рассмотрено также воздействие на объект только одного типа возмущения, в частности центробежной силы инерции при движении по криволинейной траектории на ровной горизонтальной поверхности. Результаты расчета показывают, что в этих условиях машина обладает более высокой максимально безопасной скоростью движения. Так, анализ зависимостей, приведенных на рис. 2, говорит о том, что в расчетных условиях скорость движения на поворо-

те достигает значения 7 м/с. Из рис. 2 видно также, что во второй фазе (установившееся круговое движение) процесс колебания угла крена остова носит затухающий характер. Затухание колебаний происходит вследствие уменьшения возмущающего действия центробежной силы инерции. Значение этой силы главным образом зависит от темпа поворота направляющего колеса.

В результате расчетных работ на ЭВМ ЕС-1022 были получены оценочные зависимости, характеризующие поперечную динамическую устойчивость МВУ-30. Прослежено влияние таких параметров, как ширина колеи задних колес, высота центра масс и размеры макронеровностей опорной поверхности. Анализ зависимостей показал, что рациональным подбором названных параметров можно ощутимо увеличить реальную эксплуатационную скорость движения этой машины. Причем установлено, что увеличение ширины колеи оказывает в среднем в 1,4 раза большее влияние на прирост поперечной устойчивости, чем равновеликое уменьшение вертикальной координаты центра масс. Так, увеличение ширины колеи с 2,2 до 2,4 м дает прирост поперечной устойчивости на 23,4 %, а уменьшение вертикальной координаты центра масс на 0,2 м от номинального значения (1,77 м) обуславливает возрастание устойчивости на 16,5 %.

Кривые 1—4 на рис. 3 получены для движения, состоящего из двух фаз (входа в поворот и установившегося кругового движения). Кривые 1, 3 соответствуют массе машины 14 000 кг, кривые 2, 4 — массе 16 550 кг, кривая 5 — массе 14 000 кг и прямолинейному движению. Анализ зависимости 5 (рис. 3) показывает, что макрорельеф поля существенно влияет на максимально безопасную скорость движения этой машины с точки зрения устойчивости к опрокидыванию. Так, при наезде задним колесом на макронеровность высотой 0,3 м скорость движения (допустимая из условия сохранения поперечной устойчивости) снижается на 42,2 % по сравнению с движением по ровной горизонтальной поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.2.019-76. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности. — М., 1980. — 20 с. 2. О п е й к о С.Ф. Математическая модель для оценки поперечной динамической устойчивости трехколесного самохода. — В кн.: Автотракторостроение. Минск, 1983, вып. 18, с. 78—84. 3. О п е й к о С.Ф. К вопросу определения кинематических параметров движения самоходного разбрасывателя удобрений МВУ-30 в дорожно-полевых условиях. — Минск, 1982. — 12 с. Рукопись деп. в БелНИИНТИ, № 416 Деп.