

НАДЗЕЙНАСЦЬ І ДАУГАВЕЧНАСЦЬ МАШЫН

УДК 629.113(075.8)

М. С. ВЫСОЦКИЙ, А. В. ЖУКОВ, С. Ф. ОПЕЙКО, Н. П. ХОНТОВА

АНАЛИЗ УПРАВЛЯЕМОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ МОДУЛЬНОГО АВТОПОЕЗДА

Решение задач, связанных с выбором общих компоновочных решений модульных автопоездов на основе моделирования штатных и нештатных дорожных ситуаций и оценки управляемости и устойчивости исследуемых объектов, может быть осуществлено с помощью методологии вычислительного эксперимента. Его проведение предполагает создание адекватных математических моделей и соответствующего пакета прикладных программ.

С помощью разработанной математической модели [1] и пакета прикладных программ производилось моделирование движения модульного однозвенного автопоезда полной массой 41 т. Он снабжен четырьмя осями: ведущей управляемой (№ 1), ведомой неуправляемой (№ 2 и № 3), ведомой самоустанавливающейся (№ 4). Их нумерация произведена, начиная с передней.

В ходе вычислительного эксперимента анализировалось влияние на параметры курсового движения изменения осевых баз, выноса вертикальной оси модуля «самоустанавливающаяся ось», упругих и диссипативных свойств его стабилизатора.

Оценка влияния межосевых баз автопоезда на траекторию его курсового движения и колебания курсового угла показала, что по мере уменьшения полубазы задней тележки амплитуда колебаний курсового угла и ширина коридора движения автопоезда уменьшаются.

Результаты численного анализа приведены в таблице. Из нее следует, что база задней тележки автопоезда является конструктивным параметром, изменение которого ощутимо влияет на устойчивость и управляемость курсового движения. Так, при изменении полубазы задней тележки с 3,0 до 1,36 м максимальная амплитуда первого полупериода колебаний курсового угла меняется на 33,4%, максимальное боковое смещение центра масс — на 33%, максимальная амплитуда первого полупериода колебаний боковой скорости центра масс — на 44%.

На рис. 1 приведены расчетные оценочные зависимости, показывающие влияние полубазы симметричной трехосной задней тележки четырехосного однозвенного автопоезда на максимальное боковое смещение центра масс, отклонение курсового угла, боковую скорость центра масс при выполнении маневра «переставка» на скорости 33,3 м/с.

Была произведена также оценка влияния упругого и неупругого сопротивления стабилизатора, предназначенного для возвращения в нейтральное положение и гашения колебаний модуля «самоустанавливающаяся ось» относительно собственной вертикальной оси. Исследовалось также влияние величины выноса вертикальной оси этого модуля на показатели управляемости и устойчивости автопоезда с четырьмя осями и задней симметричной трехосной тележкой.

В качестве внешнего возмущения, выводящего тележку из нейтраль-

ного положения, принималась центробежная сила инерции при маневре «переставка».

Произведена оценка влияния коэффициента упругости стабилизатора на траекторию курсового движения центра масс (параметр y_0) и угловые колебания самоустанавливающейся оси (параметр α_4).

Анализ произведенных расчетов показал, что варьированием одной лишь упругостью сложно добиться эффективной работы стабилизатора. Так, увеличение угловой упругости стабилизатора с 2000 до 20000 Н·м,

Оценка влияния полубазы трехосной симметричной задней тележки автопоезда на показатели его курсового движения

Показатель курсового движения (со знаком замснения)	Величина полубазы задней тележки			
	Уменьшение на 14%, с 3 до 2,5 м	Уменьшение на 40%, с 3,5 до 1,4 м	Уменьшение на 9,35%, с 1,5 до 1,36 м	Уменьшение на 50%, с 3 до 1,36 м
Максимальная амплитуда первого полупериода колебаний курсового угла	—8%	—27,5%	Практически не наблюдается	—33,4%
Максимальное боковое смещение центра масс автопоезда	—10%	—25,8%	Практически не наблюдается	—33%
Максимальная амплитуда первого полупериода колебаний боковой скорости центра масс	—9,74%	—38,5%	Практически не наблюдается	—44,5%

т. е. в 10 раз, позволяет уменьшить максимальную амплитуду первого полупериода угловых колебаний самоустанавливающейся оси лишь на 0,14 град, а время затухания колебаний — на 1 с.

Демпфирующая способность стабилизатора обладает более гибкой способностью влияния на характер угловых колебаний самоустанавливающейся оси без отрицательного воздействия на характер курсового движения автомобиля. Так, например, при увеличении коэффициента демпфирования стабилизатора с 5 до 200 кН·м·с максимальная амплитуда угловых колебаний самоустанавливающейся оси уменьшается с 5,6

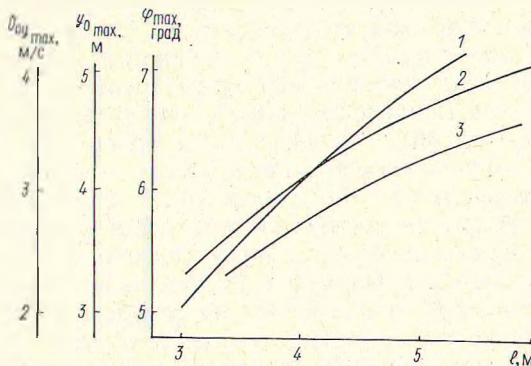
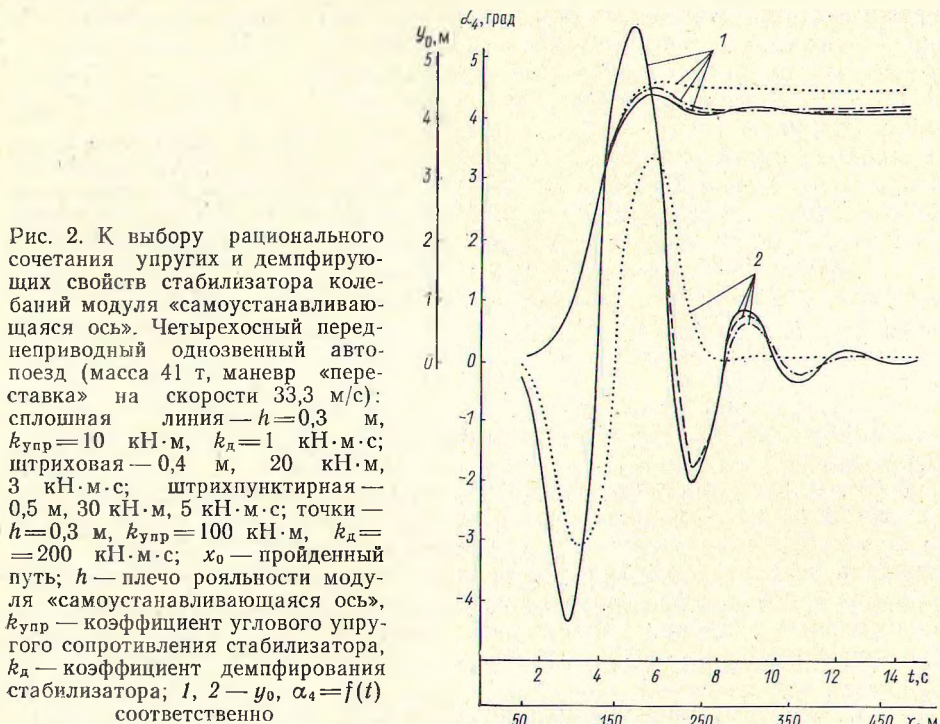


Рис. 1. Расчетные оценочные зависимости влияния изменения базы задней тележки четырехосного переднеприводного модульного автопоезда на показатели устойчивости и управляемости (масса 41 т, маневр «переставка» на скорости 33,3 м/с, самоустанавливающаяся ось разблокирована): 1, 2, 3 — ϕ_{max} , y_{0max} , $V_{oymax} = f(l)$ соответственно. ϕ_{max} — максимальное отклонение курсового угла, y_{0max} — максимальное боковое смещение центра масс, V_{oymax} — максимальное отклонение боковой скорости центра масс автопоезда, l — полная база трехосной задней тележки

до 4,2 град, время затухания колебаний — с 15,2 до 12,1 с, бокового смещения центра масс автомобиля — с 4,35 до 4,26 м.

Исследования показали, что такой конструктивный параметр, как плечо рояльности, определяющего влияния при изменении его в пределах 0,1—0,5 м на характер угловых колебаний самоустанавливающейся оси и форму траектории курсового движения центра масс автопоезда не оказывает и может выбираться исходя из удобства компоновки, минимума материалоемкости и т. д.



Таким образом, изменение тех или иных исследуемых параметров стабилизатора по-разному отражается на показателях управляемости и устойчивости автомобиля, однако при их рациональном сочетании можно добиться ощутимого эффекта, что иллюстрируется результатами, представленными на рис. 2. Как видно из рисунка, при переходе от первых трех вариантов к четвертому максимальная амплитуда первого полу-периода угловых колебаний самоустанавливающейся оси уменьшается на 40%, время затухания — на 46%. Максимальное боковое смещение корпуса автомобиля несколько увеличивается (на 5%), что можно считать допустимым.

Важное значение при оценке управляемости имеют также силовые показатели, в частности усилие на штоке гидроцилиндра управления поворотом направляющей тележки. Оно существенно зависит от жесткости возвратной пружины стабилизатора самоустанавливающейся оси. Исследования показали, что при увеличении жесткости возвратной пружины с 10^4 до $2 \cdot 10^5$ Н/м усилие на штоке гидроцилиндра снижается с 230 до 170 кН, т. е. на 26%. Усилие на штоке гидроцилиндра также уменьшается, если снижать базу задней тележки. При уменьшении полубазы симметричной тележки с 3 до 1,36 м усилие на штоке снижается с 236 до 204 кН, т. е. на 15,7%.

Было проведено исследование влияния блокирования самоустанавливающейся оси на управляемость автомобиля при движении по криволинейной траектории. Было установлено, что блокирование задней само-

устанавливающейся оси значительно влияет на форму траектории центра масс автопоезда (рис. 3). Из рисунка видно, что блокировка уменьшает боковое смещение центра масс на 1,15 м, т. е. на 28%, что свидетельствует об ухудшении управляемости автопоезда и указывает на необходимость оснащения его самоустанавливающейся осью.

В процессе вычислительного эксперимента в режиме прямолинейного наезда на уступ дорожного полотна высотой 0,1 м была проведена оценка влияния типа подвески модульного автопоезда на величину критической скорости по опрокидыванию с использованием критерия максимума

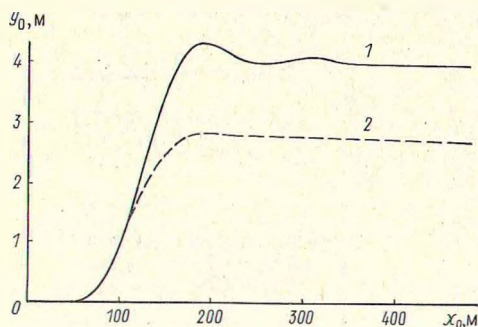


Рис. 3. Оценка влияния блокирования задней самоустанавливающейся оси однозвенного четырехосного автопоезда (масса 41 т, маневр «переставка», скорость 33,3 м/с): 1, 2 — модуль «самоустанавливающаяся ось» заблокирован в нейтральном положении и разблокирован без применения стабилизации

вертикальной реакции на догружаемом борту и угла крена подрессоренной массы.

При этом максимальный угол крена для варианта независимой подвески составил на 20% меньше, чем для зависимой, при скорости движения 11 м/с. Предпочтительность применения независимой подвески подтверждена результатами вычислительного эксперимента по моделированию входа в поворот радиусом 12 м для диапазона скоростей 4—14 м/с. Максимальные значения вертикальных реакций для независимой подвески при этом на 25—30% меньше, чем для варианта зависимой подвески.

Таким образом, проведенные исследования позволили с помощью разработанного математического и программного обеспечения изучить особенности динамики и кинематики движения модульных автопоездов. Получены новые результаты, отражающие особенности влияния ряда конструктивных параметров на управляемость и устойчивость большегрузного модульного автопоезда. На основании анализа результатов вычислительного эксперимента даны рекомендации по выбору базы задней тележки, упругим и демпфирующим характеристикам стабилизатора модуля «самоустанавливающаяся ось», величине выноса его вертикальной оси. Эти рекомендации приняты к внедрению в новых опытных образцах модульных автопоездов.

Summary

A computer-based study of the influence of design parameters of the four-axle module road-train (41 t) on its stability and handling was carried out. The computer program is based on a mathematical model of the course movement dynamics.

Литература

1. Высоцкий М. С., Жуков А. В., Опейко А. Ф., Опейко С. Ф. // Весті АН БССР. Сер. фіз.-тэхн. навук. 1991. № 2. С. 81—86.

ПО «БелавтоМАЗ»,
Белорусский технологический институт
им. С. М. Кирова,
НПО «Белсельхозмеханизация»,
Белорусский политехнический институт

Поступила в редакцию
16.07.90