

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Сегодня, наряду с появившимися на рынке новыми технологиями в виде специализированного программного обеспечения (CAD/CAM/CAE/PDM) не менее важным остается вопрос математического моделирования.

Только при условии полного осмысления работы той или иной машины у оператора появляется реальная возможность максимально эффективно использовать достаточно дорогие компьютерные технологии.

Именно создание математической модели позволяет конструктору (оператору) еще на стадии ознакомления с общим принципом работы машинного агрегата, промоделировать процесс его работы от начала до конца с учетом силовых, массовогеометрических и кинематических характеристик всех механизмов и их звеньев. И только тогда, опираясь на полученные зависимости основных характеристик работы всей машины в целом, необходимо приступить к детальному анализу существующего варианта конструкции отдельно взятого механизма или системы механизмов, трехмерному моделированию и т.д., используя при этом специализированное дорогостоящее программное обеспечение.

На примере динамической модели тормозной системы транспортного средства, изображенной на рис. 1, моделируя процессом изменения его скорости от пути торможения, выявим степень влияния силовых, массовогеометрических и кинематических характеристик подвижных звеньев механизмов, входящих в его тормозную систему.

Динамическая модель представляет собой звено приведения, совпадающее с входным звеном (педали тормоза) исполнительного механизма и вращающееся с угловой скоростью ω_n . При этом оно обладает приведенным моментом инерции J_n . К звену приведения приложен приведенный момент M_n , представляющий собой разность приведенных моментов M_n^{ds} сил движущих и M_n^c сил сопротивления, определяемых из условия равенства работ (мощностей) движущих сил (моментов) и сил (моментов) технологического сопротивления приведенной работе (мощности).

Для линейной зависимости изменения скорости транспортного средства от пути его торможения $V = f(S)_{\text{тор}}$. Математическая модель, составленная на основе динамической модели, изображенной на рис.1, устанавливающая функциональную взаимосвязь заданного закона изменения скорости затормаживающегося транспортного средства и закона движения его педали тормоза, может быть представлена в виде:

$$F_n = \frac{1}{l} \left(M_n^c + J_n \cdot \epsilon + \frac{\omega_n^2}{2} \cdot \frac{dJ_n}{d\phi} \right)$$

Таким образом, данная математическая модель позволяет осуществлять моделирование процессом передачи мощности от педали тормоза (звена привода) к тормозным колодкам (рабочему органу), т.е. от начала торможения и до полной остановки транспортного средства, с учетом всех массово-геометрических и кинематических характеристик механизмов, входящих в тормозную систему, в том числе и закона изменения скорости транспортного средства.

В результате, используя математическую модель, появляется возможность определить степень влияния всех массовогеометрических и кинематических характеристик механизмов, входящих в тормозную систему транспортного средства на надежность ее работы при разных законах его торможения.

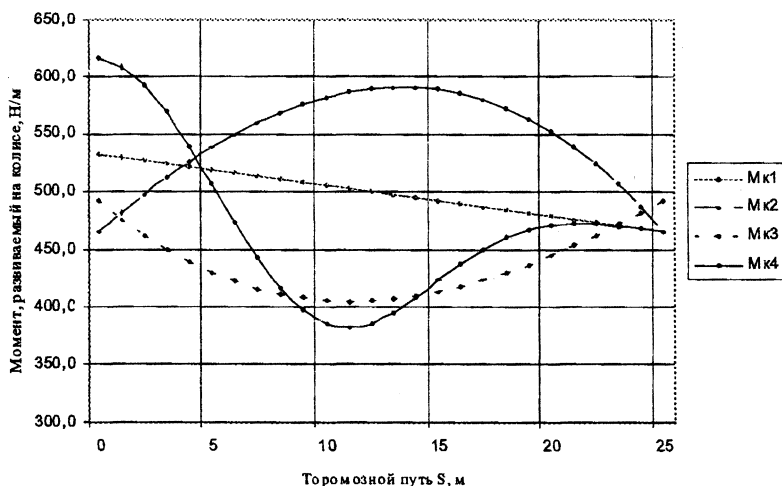


Рис. 2. График моментов на колесе транспортного средства с учетом возможных законов изменения скоростей при его торможении

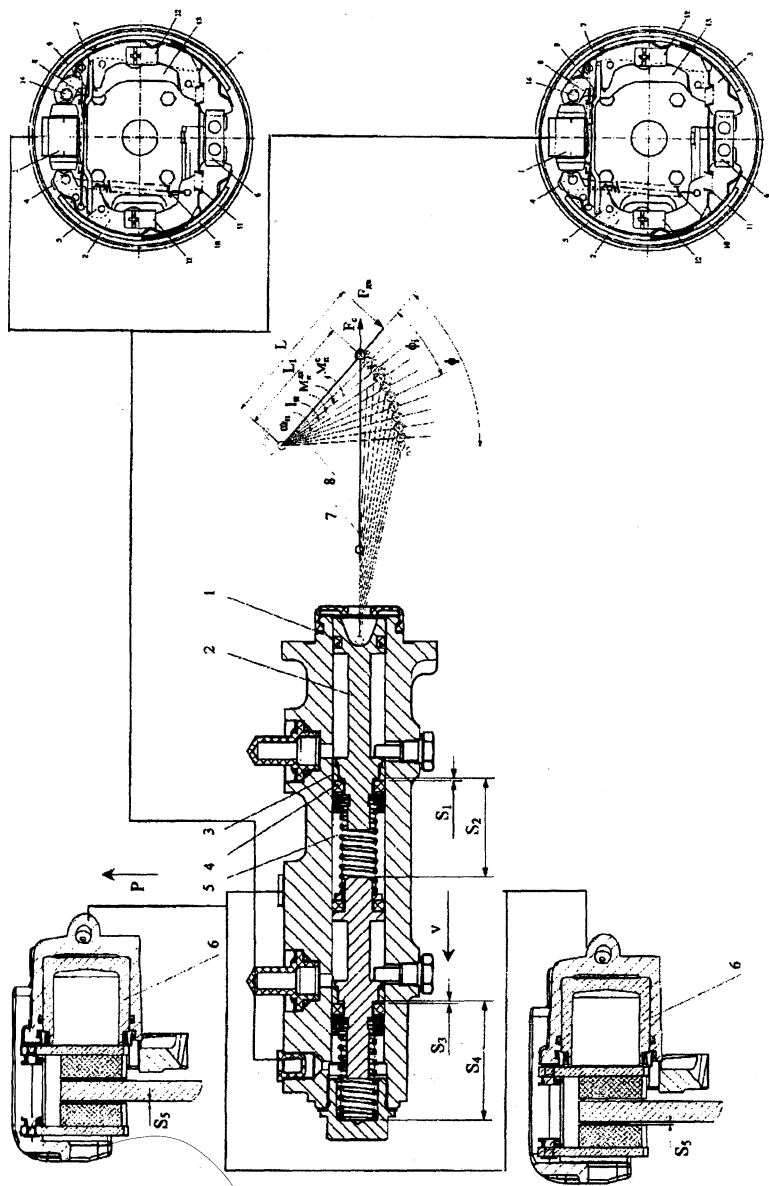


Рис. 1. Динамическая модель гидравлической тормозной системы транспортного средства

Так, в ходе моделирования законов изменения скорости транспортного средства от пути его торможения, установлено, что характер изменения усилия на педали тормоза, моментов, создаваемых на колесе и в зоне контакта трущихся деталей (тормозных колодок и тормозного диска) не однозначен (рис. 2), а поскольку давление, действующее в зоне контакта пропорционально создаваемому моменту на колесе:

$$P = \frac{4 \cdot M_k}{\pi \cdot d^2 \cdot \mu \cdot r_{mp}}$$

то тогда видно, что износ тормозных колодок и тормозного диска также неоднозначен:

$$U = k \cdot P \cdot V_{ск} \cdot t_{ск}$$

Кроме того, численные исследования показали, что величина износа не постоянна по всей трущейся поверхности как в круговом (i), так и в радиальном (j) направлениях (рис. 3) ввиду влияния на него массовогеометрических и кинематических характеристик всех механизмов, входящих в тормозную систему транспортного средства.

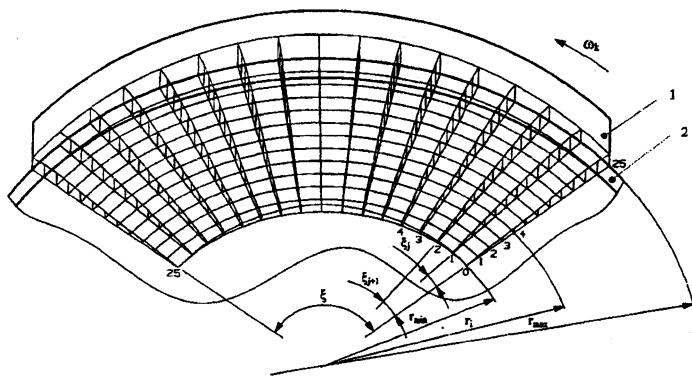


Рис. 3. Эпюра распределения износа по всей поверхности тормозной колодки

Прибегая к известным технологическим методам нанесения износостойкого покрытия на трущиеся поверхности, появляется возможность пересмотреть ожидаемый износ с целью обеспечения его равномерности и долговечности трущихся поверхностей тормозных колодок и тормозного диска, тем самым, повышая надежность работы тормозной системы транспортного средства в целом.

Таким образом, в зависимости от величины износа на каждую i -ю площадку наносят износостойкое покрытие, при чем на участке с большим износом наносят более износостойкое покрытие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филонов И.П. Теория механизмов, машин и манипуляторов. — Мн.: Дизайн ПРО, 1998. — 656с.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. — М.: Наука, 1988. — 640с.

УДК 621.75.002

И.П. Филонов, Д.В. Кусков

НЕКОТОРЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Тормозной системой транспортного средства называется совокупность устройств, предназначенных для передачи усилия, создаваемого водителем на педали тормоза к тормозным механизмам (рис. 1).

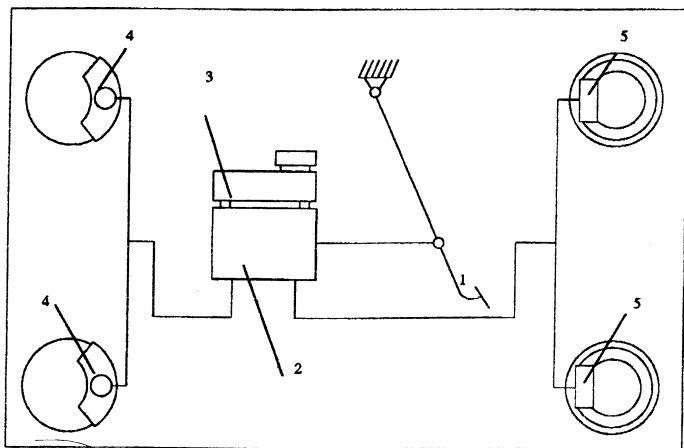


Рис. 1. Гидравлическая тормозная система транспортного средства