

**Особенности торможения троллейбуса с учетом идеальных
и реальных условий эксплуатации**

Мазаник К. И.

Белорусский национальный технический университет

В данной работе исследуется влияние параметров подвески, шин и микронеровностей дороги на процесс торможения двухосного троллейбуса. Процесс торможения мобильных машин большинством авторов исследуется на гладкой дороге без учета характеристик подвески, шин и силы сопротивления воздуха. Вращающиеся детали трансмиссии учитываются коэффициентом вращающихся масс, который принимают равным $1,03 \dots 1,05$ [1, 2]. В связи со сказанным, цель данной работы – выяснить, как влияют реальные условия эксплуатации троллейбуса.

Для проведения исследования разработана математическая модель, позволяющая проводить расчет как без учета (идеальные условия эксплуатации), так и с учетом параметров подвески, шин и характеристики дороги (реальные условия эксплуатации).

Следовательно, для идеальных условий приняты следующие допущения:

- идеально гладкая дорога без учета микронеровностей;
- характеристики подвесок (жесткости и демпфирование) троллейбуса не учитываются;
- характеристики шин (жесткости и демпфирование) троллейбуса не учитываются;
- характеристики трансмиссии (крутильные жесткости, демпфирование и моменты инерции вращающихся частей) троллейбуса не учитываются;
- сопротивлением воздуха пренебрегаем.

При движении троллейбуса в реальных условиях эксплуатации учитываются:

- дорога имеет реальные микронеровности;
- характеристики подвесок и шин (жесткости и демпфирование) троллейбуса;

- крутильные жесткости, демпфирование и моменты инерции вращающихся частей трансмиссии и тягового электродвигателя троллейбуса;
- сопротивление воздуха.

В качестве объекта исследования был выбран троллейбус модели АКСМ-321 (РУП «Белкоммунмаш», г. Минск), который имеет следующие технические характеристики:

- полная масса 18000 кг;
- распределение масс по мостам: передний 6000 кг, задний 12000 кг;
- поддрессоренная масса 16200 кг;
- неподдрессоренная масса переднего моста 650 кг, заднего моста 1150 кг;
- суммарная жесткость подвески передних колес 1177,2 кН/м, задних колес 2354,4 кН/м;
- суммарная жесткость шин передних колес 9947,3 кН/м, задних колес 21425,0 кН/м;
- приведенные к ведущим колесам моменты инерции полуосей, дифференциала, колесной передачи и колес 140 кг·м², тягового электродвигателя, карданного вала и главной передачи 1300 кг·м².

Анализ результатов исследования для идеальных условий (сухое асфальтобетонное покрытие) показал, что при экстренном торможении троллейбуса с начальной скорости 40 км/ч тормозной путь составил 15,1 м, а максимальное замедление при торможении 7,2 м/с². При этом через 1,2 с тормозные силы на передних колесах достигли своих максимальных значений по сцеплению (удельная тормозная сила $\gamma_1 = 0,8$), а на задних колесах не достигли, что обеспечивает устойчивость движения троллейбуса в данных условиях эксплуатации. В этих условиях троллейбус обеспечивает заложенные в нормативной документации показатели безопасности дорожного движения.

Аналогичные исследования были проведены для реальных условий эксплуатации троллейбуса. Анализ показал, что тормозной путь увеличился на 35% за счет учета моментов инерции вращающихся масс колес, трансмиссии и тягового электродвигателя, торможение двигателем отключено. Также в трансмиссии возникает колебательный процесс. Поэтому для

обеспечения нормативных требований необходимо использовать при торможении троллейбуса перевод двигателя в тормозной режим. Это показывает реальные отличия торможения троллейбуса от прочих мобильных машин с двигателем внутреннего сгорания, у которых при торможении двигатель может быть отсоединен от трансмиссии.

Таким образом, учет реальных условий эксплуатации значительно усложняет математическую модель движения троллейбуса при торможении, однако позволяет приблизить результаты аналитического расчета к экспериментальным данным. Так, при моделировании реальных условий эксплуатации тормозной путь увеличился с 15,1 до 21,0 м (на 39%) максимальное замедление снизилось на 37 %. При этом количество уравнений увеличивается на 45%.

Итак, можно сделать следующие выводы.

1. Необходимо учитывать реальные условия торможения троллейбуса, особенно моменты инерции колес и тягового электродвигателя.

2. Для обеспечения нормативных требований необходимо использовать при торможении троллейбуса перевод двигателя в тормозной режим.

3. Учет микронеровностей дороги, характеристик подвески и шин оказывает незначительное влияние на торможение.

Литература

1. Гришкевич, А. И. Автомобили: Теория / А. И. Гришкевич. – Мн.: Вышэйшая школа, 1986.
2. Литвинов, А. С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств / А. С. Литвинов, Я. Е.. Фаробин. – М.: Машиностроение, 1989.