

БОРТОВАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Маколов К.В.

Научный руководитель – доцент Мальчиков С.В.

Сибирский федеральный университет

Одной из основных задач технической эксплуатации является поддержание технического состояния транспортных средств на высоком уровне путем определения оптимальной периодичности технического обслуживания. Сложность данного процесса заключается в необходимости учитывать условия эксплуатации конкретного транспортного средства и производить корректировку именно в соответствии с этими условиями.

С учетом интеграции электронно-вычислительной техники в управление рабочими процессами транспортного средства [1], а так же внедрения, интенсивно развивающихся систем спутникового мониторинга [2] подвижного состава, имеется возможность создания системы бортового контроля технического состояния транспортного средства, которая смогла бы, имея определенную информацию, отслеживать износ системы, узла, детали (например, тормозные колодки, диски барабаны, эксплуатационные жидкости, элементы подвески и т.д.) машины. Также с помощью данной системы возможно определять остаточный ресурс, корректировать пробеги до проведения и виды работ по техобслуживанию, основываясь не на усредненных нормативах, а на фактическом износе элементов транспортного средства. При этом данный процесс автоматизируется в масштабе конкретного автомобиля.

Предлагается для датчиков систем управления ввести дополнительную функцию в виде инструмента сбора информации о режимах, условиях работы систем машины для определения износа системы, узла, детали. В свою очередь программное обеспечение (ПО), установленное в электронный блок управления (ЭБУ), на основе математической модели определения износа и показаний датчиков определяет износ детали и делает прогноз, о имеющемся ресурсе детали в км пробега, моточасах и т.д. и выводит результат на информационное табло, расположенное в кабине водителя, или через систему спутникового мониторинга на компьютер предприятия. Схема работы представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Принципиальная схема работы бортовой системы контроля с установленным программным обеспечением в ЭБУ

Либо сигналы с датчиков машины, предварительно преобразованные ЭБУ в величины, с которыми сможет работать ПО, передаются через систему спутникового

мониторинга на компьютер предприятия, где и будет происходить обработка данных полученных со всего парка машин. Схема работы представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Принципиальная схема работы бортовой системы контроля с установленным программным обеспечением на компьютере предприятия

На сегодняшний день мы занимаемся разработкой одного из элементов бортовой системы контроля, а именно контролем технического состояния тормозных колодок. За основу была взята система ABS.

Датчиками, с помощью которых определяются условия режима работы тормозных колодок, являются: датчик скорости вращения колеса, датчик давления в тормозном приводе, датчик температуры воздуха на впуске. Зная, также закон изменения температуры для данного тормозного механизма физические характеристики материала накладки, конструктивные параметры колодки и системы привода используем модель определения износа тормозной колодки и получаем значение износа при каждом торможении транспортного средства. ЭБУ накапливает эту информацию при каждом торможении и представляет сведения о техническом состоянии тормозных накладок.

Износ колодок можно описать как,

$$U = I \cdot l, \quad (1)$$

где I – интенсивность изнашивания (мкм/км);

l – пробег за время работы тормозных колодок (км).

Интенсивность износа тормозных колодок зависит от таких факторов [3], как скорость скольжения, давление в контакте, температура в зоне контакта, различные конструкционные параметры. Так как в процессе торможения эти факторы изменяются постоянно, то интенсивность износа можно представить в виде

$$I = \int_0^{\tau} f(p, v_{ск}, t, K) d\tau, \quad (2)$$

где p – давление в контакте;

$v_{ск}$ – скорость скольжения;

t – температура в зоне контакта;

K – конструкционные параметры.

Температуру в зоне контакта следует определять расчетным методом, учитывая давление в зоне контакта, скорость скольжения, теплоотвод от пары трения (зависит от конструкции тормозов)

$$t = t_0 + \int_0^{\tau} f(p, v_{ск}, c) d\tau, \quad (3)$$

где t_0 – температура в зоне контакта в начале торможения;

c – теплоотвод от пары трения.

Так как определение износа колодки основывается на показаниях датчиков скорости и давления в приводе необходимо получить математическую модель

зависимости интенсивности износа от давления и скорости торможения, а так же определить коэффициент, учитывающий влияние температуры пары трения на интенсивность износа. Тогда выражение (2) примет вид

$$I = \int_0^{\tau} f(I_{pv_{ск}}, k_t) d\tau, \quad (4)$$

где $I_{pv_{ск}}$ – зависимость интенсивности износа от давления и скорости торможения;

k_t – коэффициент, учитывающий влияние температуры пары трения на интенсивность износа.

В рамках работы были проведены экспериментальные исследования зависимости интенсивности изнашивания тормозных колодок от скорости торможения и давления в приводе для дискового тормозного механизма Brembo и тормозных колодок DIXCEL. Эксперимент проводился на инерционном стенде оригинальной конструкции в «Лаборатории испытания транспортных средств» кафедры «ТиТМ» «ПИ СФУ».



Рисунок 3 – Инерционный стенд

Для экспериментального исследования выбран точный D-оптимальный насыщенный план 2-го порядка [4] для нелинейной двухфакторной модели

$$I_{pv_{ск}} = b_0 + b_1v + b_2p + b_3v^2 + b_4p^2 + b_5vp, \quad (5)$$

Где b_0, b_1, \dots, b_5 – константы функции (5), аппроксимирующие экспериментальную зависимость интенсивности износа.

В качестве варьируемых факторов были выбраны давление в приводе и скорость торможения.

Согласно данному плану составлена матрица планирования, представлена в таблице 1. Величина варьируемых факторов выбрана, исходя из нагрузочных и скоростных характеристик стенда.

Таблица 1 – Матрица планирования

№ опыта	Скорость торможения, км/ч	Давление в приводе, кгс/см ²
1	80	100
2	20	100
3	20	40
4	62	40
5	80	58
6	47	67

Измерялись следующие параметры: давление в приводе тормозного механизма ($\text{кгс}/\text{см}^2$); скорость торможения ($\text{км}/\text{ч}$); тормозной путь (м); время торможения (с); температура пары трения ($^{\circ}\text{C}$); толщина накладок тормозных колодок по шести точкам (мм). Схема измерения представлена на рисунке 4.

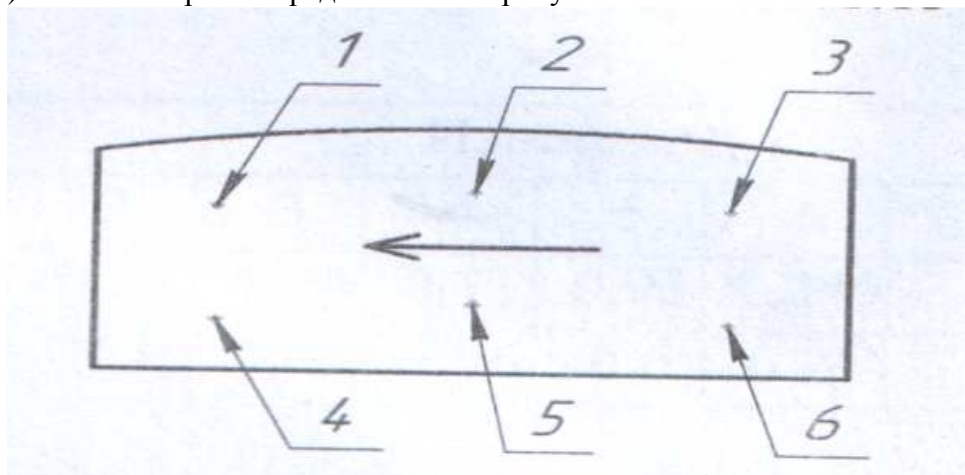


Рисунок 4 – Точки измерения износа

Методика проведения эксперимента включает три этапа:

1. Приработка рабочих поверхностей накладок в соответствии с ГОСТ Р 41.13-99.

2. Предварительное торможение.

Целью предварительных торможений было определение времени торможения в каждом опыте третьего этапа, за которое накладки нагреются до 150°C при значениях варьируемых факторов для каждого опыта так как, в диапазоне до 150°C изменение температуры не существенно влияет на интенсивность износа (Согласно данным производителя тормозных колодок).

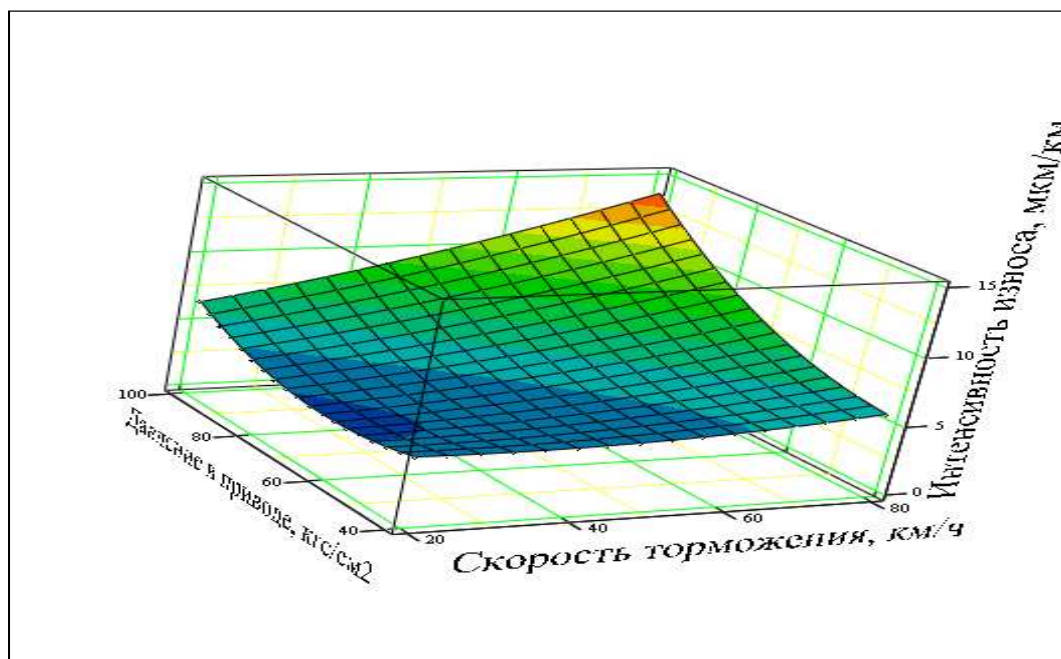
3. Определение интенсивности износа тормозных накладок.

Согласно матрице планирования таблица 1 было проведено 6 опытов с количеством торможений от 10 до 15 в каждом опыте, учитывая различную интенсивность изнашивания в зависимости от режима трения, для получения величин износа пригодных для замера.

В результате была получена математическая модель для исследуемых тормозного механизма и колодок следующего вида

$$I_{pv_{\text{ск}}} = 12,282 - 0,1016 \cdot v - 0,2525 \cdot p + 0,00053 \cdot v^2 + 0,00179 \cdot p^2 + 0,001692 \cdot v \cdot p \quad (6)$$

Был проведен статистический анализ, который подтвердил, что, полученная математическая модель интенсивности износа фрикционных накладок тормозных колодок, адекватна. График интенсивности износа в зависимости от скорости торможения и давления в приводе представлен на рисунке 5.



z

Рисунок 5 – График интенсивности износа в зависимости от скорости торможения и давления в приводе

Полученная математическая модель интенсивности износа фрикционных накладок тормозных колодок, позволяет с высокой точностью определить интенсивность износа при любых сочетаниях скорости торможения и давления в приводе тормозного механизма. На основе этого можно применить данную модель в бортовой системе контроля тормозной системы ТС. Однако необходимо помнить, что полученная математическая модель справедлива только, для исследуемой конструкции тормозного механизма и использованных в ходе эксперимента тормозных колодок. То есть для фиксированных геометрических характеристик тормозного механизма и материалов пары трения. Но пользуясь разработанной методикой, легко получить модели интенсивности износа, для любых конструкций тормозных механизмов и сочетаний материалов пары трения. Так же стоит помнить о том, что данная модель описывает интенсивность износа в интервале температур от 0° до 150°C , в котором для исследуемых тормозных колодок температура пары трения не оказывает существенного влияния на интенсивность износа и ее можно пренебречь. Исследование влияния температуры на полученную математическую модель интенсивности износа является темой дальнейших исследований.