

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

# МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Методические рекомендации к курсовому проектированию  
для студентов специальности 1-37 01 06  
«Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)»  
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2022

УДК 656.13  
ББК 39.37  
М55

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей»  
«31» августа 2022 г., протокол № 1

Составители: ст. преподаватель А. В. Юшкевич;  
ст. преподаватель С. В. Лихтар

Рецензент М. Н. Миронова

Методические рекомендации к курсовому проектированию по дисциплине  
«Механизация процессов технической эксплуатации» предназначены для  
студентов специальности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей  
(по направлениям)» очной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

## МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ответственный за выпуск	О. В. Билык
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 31 экз. Заказ №.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/ 156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2022

## Содержание

Введение.....	4
1 Патентно-информационные исследования.....	5
2 Выбор аналога к курсовому проектированию.....	6
3 Пример расчета датчика момента стенда тяговых качеств.....	7
4 Функциональный расчет стенда тяговых качеств.....	12
5 Пример проектирования бортового устройств для диагностирования тормозной системы автомобиля.....	16
Список литературы.....	20

## Введение

В настоящее время внедрение совершенной технологии по повышению уровня механизации при техническом обслуживании и ремонте, внедрение средств управления машинами, находящимися в эксплуатации на данный момент времени, сдерживается отсутствием разработанных методов и средств эффективного управления режимами работы машин, а также средств диагностирования. Возникает необходимость в их разработке исходя из требований простоты конструкции, малой стоимости, достаточной точности, что предопределяет их широкое внедрение на машины и тем самым обеспечит снижение затрат на автомобильном транспорте.

Курсовая работа является частью курса «Механизация процессов технической эксплуатации» и имеет своей целью: расширение, систематизация и закрепление теоретических знаний по дисциплине и применение их к разработке методов и средств диагностирования для агрегатов автотранспортных средств, методов управления технологическим оборудованием; развитие творческих способностей и навыков самостоятельной работы.

Содержание курсовой работы включает:

- выбор и описание аналога стенда или устройства бортового диагностирования агрегатов АТС;
- описание спроектированного стенда или устройства бортового диагностирования;
- функциональный расчет спроектированного устройства;
- прочностной расчет для спроектированного устройства.

Курсовая работа состоит из пояснительной записки (ПЗ) и двух листов графической части (ГЧ). Объем записки не должен превышать 25–30 страниц формата А4.

Графическая часть состоит из двух листов формата А1 и включает: чертеж общего вида стенда или бортового устройства (лист 1); схемное решение измерительных устройств диагностических параметров (лист 2).

## 1 Патентно-информационные исследования

Изобретение по дисциплине «Механизация процессов технической эксплуатации» является новым и обладающим существенными отличиями техническим решением задачи по совершенствованию технологического и диагностического оборудования, как стационарного, применяемого на автопредприятиях, так и бортового, устанавливаемого на эксплуатируемые машины. Следовательно, данное изобретение решает задачу в сфере практической деятельности автопредприятия, обусловленную определенной потребностью. При этом в результате применения технологического и диагностического оборудования выявляются их конструктивные и иные недостатки, тормозящие развитие автомобильного транспорта, рост производительности труда, улучшение эксплуатационных показателей машин. Появляется потребность в устранении этих недостатков путем совершенствования уже используемого на автопредприятиях оборудования, способов диагностирования и управления этим оборудованием.

Техническое решение может быть признано изобретением, если оно обладает новизной, существенными отличиями и дает положительный эффект. Оно новое при условии, что до даты приоритета заявки на изобретение сущность его не была раскрыта настолько, что стало возможным его осуществление. Раскрытие сущности решения может произойти его опубликованием, либо демонстрацией на выставке, либо в результате открытого применения. Во всех этих случаях становится доступным копирование решения, что влечет за собой утрату им новизны. Изложенные требования указывают на то, что изобретением может быть признано решение новое по сравнению с достигнутым, известным, современным уровнем техники; такая новизна называется абсолютной или мировой.

Решение признается обладающим существенными отличиями, если по сравнению с решениями, известными в науке и технике на дату приоритета заявки на изобретение, оно характеризуется новой совокупностью признаков, дающих положительный эффект. Эта совокупность может состоять полностью из новых признаков, может иметь часть новых, часть известных признаков. Известные признаки характеризуют современное состояние техники, новые же признаки в данной совокупности обеспечивают ускорение научно-технического прогресса на автомобильном транспорте.

Сходные однородные изобретения называются аналогами, а наиболее близкие из них к предложенному новому техническому решению именуется прототипами. Наличие новизны и существенных отличий у предложенного решения означает, что оно повышает известный, достигнутый, современный уровень техники хотя бы в узкой области. Предполагаемые в этом решении средства, еще никогда не использованные, представляют собой шаг вперед в развитии технологического и диагностического оборудования.

Признаком технического решения является также положительный эффект, под которым понимается та конкретная польза, которую принесет применение изобретения. Имеется в виду снижение затрат на техническое обслуживание и

ремонт, улучшение топливной экономичности, снижение токсичности отработавших газов, рост производительности труда.

Помимо выполнения вышеперечисленных требований для признания того или иного технического решения изобретением необходимо, чтобы оно было надлежащим образом оформлено и обязательно заявлено. Прежде чем подать заявку на выдачу патента в Белпатент, ее необходимо тщательно и правильно оформить в соответствии с заданными правилами оформления, утвержденными постановлением Белпатента. Патент – документ, удостоверяющий признание предложения изобретением, приоритет изобретения, авторство на изобретение и исключительное право патентообладателя на изобретение.

## **2 Выбор аналога к курсовому проектированию**

Работа над заявкой на выдачу патента начинается с выбора аналога и осуществляется автором или авторами предполагаемого технического решения. Для этого необходимо провести патентный поиск и подбор материалов по описанию патентов и других литературных источников, где содержится информация об аналогах предполагаемого изобретения. Приведем пример выбора аналога, выполненного при составлении заявки на выдачу патента, имеющей название «Стенд для диагностирования колесной мощности автомобиля».

Известен стенд для диагностирования колесной мощности автомобиля, содержащий беговые барабаны, нагрузочное устройство, выполненное в виде балансирной электрической машины, ротор которой соединен валом с ведущим барабаном, измеритель нагрузки, выполненный в виде маятникового динамометра, монтажную плиту, тахогенератор [1].

Однако применение известного стенда для диагностирования автомобиля не обеспечивает достаточную точность измерения тяговых качеств автомобиля, так как диагностирование на известном стенде осуществляется не по основному показателю эксплуатационных свойств автомобиля, которым является его колесная мощность, а по ее производной. Такой производной колесной мощности является сила тяги или момент на ведущем колесе автомобиля, который измеряется стрелочным маятниковым динамометром, показания которого необходимо записывать при диагностировании на бумагу. Затем таким же образом записываются показания частоты вращения ротора от тахогенератора. Оператор стенда преобразует значение частоты вращения в угловую скорость, выполняет операцию перемножения значения момента на значение угловой скорости вращения ротора, результат перемножения и есть колесная мощность.

Кроме того, применение балансирной электрической машины в качестве нагрузочного устройства удорожает стенд и повышает расходы на его эксплуатацию.

Из-за этого результат диагностирования автомобиля отличается погрешностями, а последующее устранение обнаруженных неисправностей недостаточно обеспечивает восстановление колесной мощности автомобиля,

производительности и расхода топлива. Возникает необходимость в совершенствовании стенда путем применения в качестве нагружающего устройства более дешевых электрических машин обычного исполнения и путем обеспечения выполнения диагностирования автомобиля непосредственно по основному показателю, а именно по колесной мощности.

Поэтому задачей изобретения является повышение топливной экономичности и производительности автомобилей путем использования для диагностирования такой диагностический параметр как измеряемую на стенде колесную мощность и таким образом при последующем устранении неисправностей обеспечить их полное устранение, а также снижение расходов на создание стенда и его эксплуатацию.

### 3 Пример проектирования стенда тяговых качеств

В результате решения поставленной задачи разработан стенд для диагностирования колесной мощности автомобиля (рисунок 1). На основе выполненных патентно-информационных исследований, выбора аналога, оптимальных параметров устройства и разработки технического задания было предложено новое техническое решение, которое состоит в следующем. Стенд содержит (см. рисунок 1) опорные 24 и ведущие 23 беговые барабаны, нагрузочное устройство, выполненное в виде электрической машины 2 переменного тока общего исполнения, ротор которой соединен упругим валом 16 с ведущим барабаном 23, монтажную плиту 1, тахогенератор 11, измеритель нагрузки, выполненный в виде датчика 3 крутящего момента, включающего в себя установленные по концам упругого вала металлические диски 10, 18 с радиальными прорезями и выступами, преобразователи 9, 17 импульсные, установленные с обеспечением возможности прохождения выступов и прорезей каждого из дисков 10, 18 возле соответствующего преобразователя 9, 17, соединенные с выходами преобразователей 9, 17 дифференцирующие цепи 7, 32 с отсекающими диодами 8, 22, триггер 15, выполненный на первом 14 и втором 21 транзисторах и четырех резисторах 12, 13, 19, 20, при этом базы транзисторов 14, 21 соединены с выходами дифференцирующих цепей 7, 32 с отсекающими диодами 8, 22.

В схеме стенда имеется первый эмиттерный повторитель 25, выполненный на транзисторе 27 и резисторе 28, второй эмиттерный повторитель 33, выполненный на транзисторе 34 и резисторе 35. Вход первого эмиттерного повторителя 25 соединен с выходом триггера 15, а выходом первый эмиттерный повторитель 25 соединен посредством резистора 26 со входом второго эмиттерного повторителя 33.

Датчик 36 угловой скорости ротора электрической машины выполнен на тахогенераторе 11 и делителе 36 напряжения, имеющем первый 38 и второй 39 резисторы.

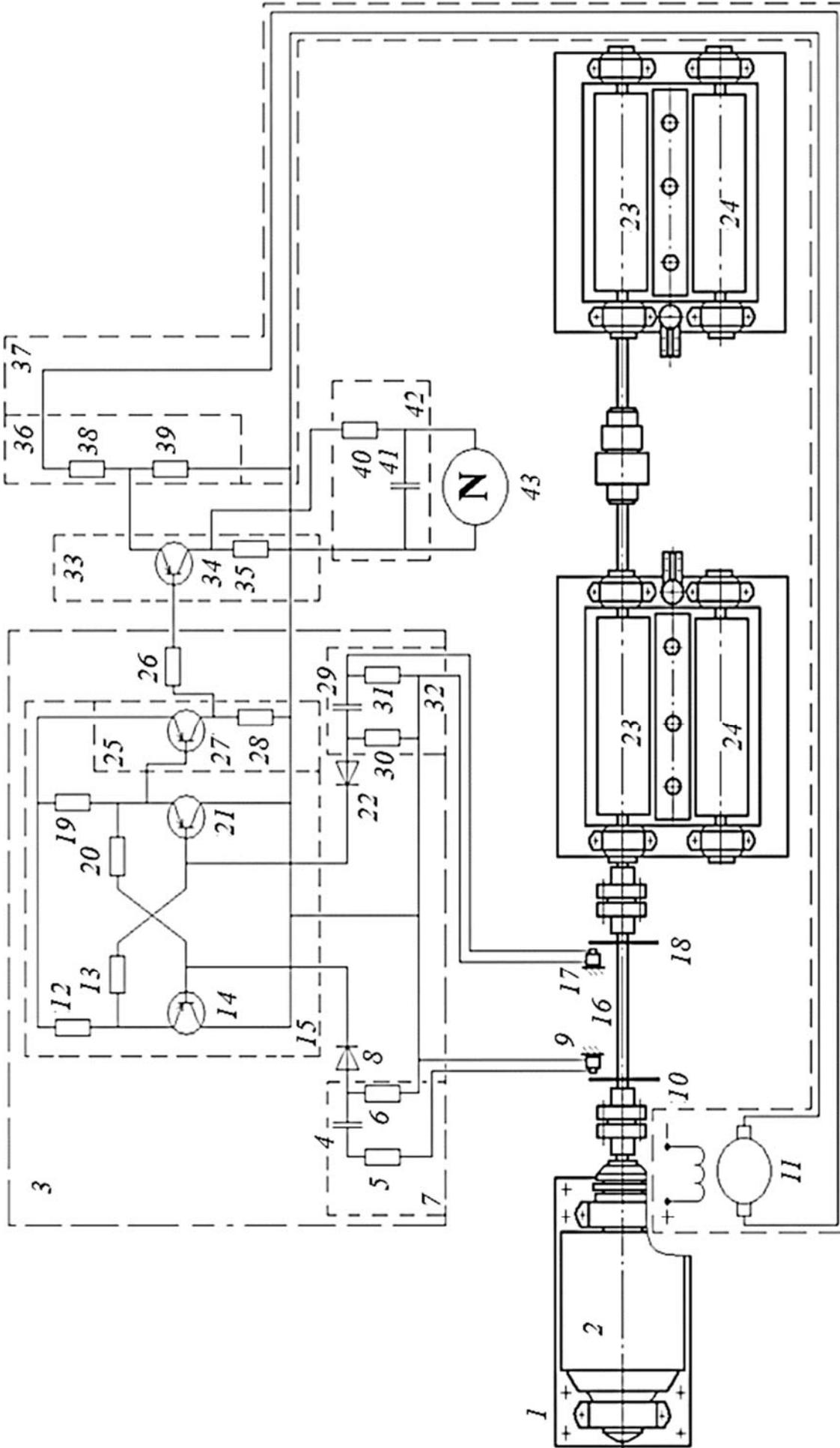


Рисунок 1 – Общий вид стенда

Делитель имеет коэффициент деления, отражающий соотношение частоты вращения вала и величины его угловой скорости, и равен частному от деления 3, 14 на 30, при этом делитель соединен с выходом тахогенератора 11, а выход делителя выполнен на резисторе 39 с меньшим сопротивлением и является источником постоянного тока для питания второго эмиттерного повторителя 33.

В качестве сглаживающего элемента в схеме стенда имеется фильтр 42 низших частот, выполненный на резисторе 40 и конденсаторе 41 и соединенный с выходом второго эмиттерного повторителя 33. Измерительным прибором 43 постоянного тока, соединенным с выходом фильтра 42 низших частот и имеющим отметку на своей шкале нормативного значения колесной мощности диагностируемого на стенде тяговых качеств автомобиля, измеряется колесная мощность и производится сравнение измеренной величины с нормативным ее значением.

Первая дифференцирующая цепь 7 выполнена на резисторах 5, 6 и конденсаторе 4, вторая дифференцирующая цепь 32 выполнена на резисторах 30, 31 и конденсаторе 29.

Стенд работает следующим образом.

Автомобиль устанавливают на стенд, запускают двигатель внутреннего сгорания, включают прямую передачу, запускают электрическую машину 2 стенда в режиме электродвигателя, при этом устанавливается частота вращения ротора машины 2 меньше синхронной частоты вращения электромагнитного поля статора машины 2 (рисунок 2, точка А).

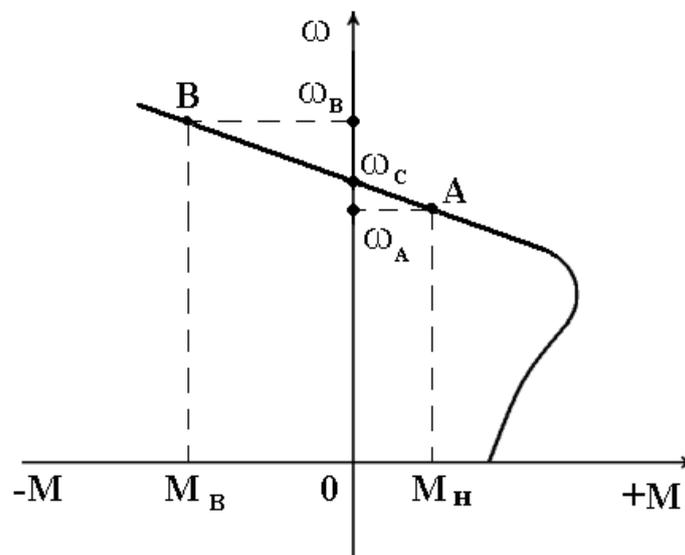


Рисунок 2 – Механическая характеристика электрической машины переменного тока

Переводят электрическую машину 2 в режим генератора посредством перемещения педали управления подачей топлива до полной подачи топлива, при этом частота вращения ротора машины 2 увеличивается до значения, соответствующего точке В (см. рисунок 2), и на выходе датчика 37 угловой скорости появляется напряжение. Ток в роторе машины 2 изменяется по

направлению и вследствие взаимодействия электромагнитного поля статора и тока в роторе машины 2 на валу ротора появляется тормозной момент, который измеряется датчиком 3 момента, установленным на упругом валу 16 стенда. Установленная угловая скорость ротора электрической машины 2 (см. рисунок 2, точка В) измеряется датчиком угловой скорости.

Крутящий момент на валу 16 измеряется следующим образом. В исходном состоянии транзистор 14 триггера 15 закрыт, а транзистор 21 открыт. Поэтому напряжение на коллекторе транзистора 21 равно нулю, а на коллекторе транзистора 14 принимает максимальное значение. При вращении вала 16 и нагружении его моментом диск 10 проходит выступом возле преобразователя 9 и на выходе преобразователя 9 появляется первый импульс, он дифференцируется цепью 7, на выходе которой образуются два разнополярных импульса. Выходной сигнал этой цепи выпрямляется диодом 8, образуя положительный импульс, который подается на базу транзистора 14. Транзистор 14 открывается, а транзистор 21 закрывается, поэтому на коллекторе транзистора 21 появляется положительное напряжение. При нагружении моментом вал 16 закручивается на угол пропорционально приложенному моменту (рисунок 3). Поэтому диск 18 закручивается относительно диска 10 и на выходе преобразователя 17 формируется импульс, имеющий фазовое смещение относительно первого импульса, сформированного преобразователем 9. Этот импульс дифференцируется цепью 32, выходной сигнал цепи 32 выпрямляется диодом 22, образуя положительный импульс, который подается на базу транзистора 21. Транзистор 21 открывается, а транзистор 14 закрывается. На коллекторе транзистора 21 опять устанавливается напряжение, равное нулю. В результате происходит формирование на коллекторе второго транзистора 21 прямоугольного импульса, длительность которого пропорциональна величине крутящего момента в данный момент времени. Далее формирование прямоугольных импульсов на выходе второго транзистора 21 происходит аналогично описанному выше. Полученные прямоугольные импульсы (рисунок 4) подаются на вход первого эмиттерного повторителя 25. С выхода последнего сигнал о величине крутящего момента подается на вход второго эмиттерного повторителя 33 на время, равное длительности каждого из подаваемых прямоугольных импульсов от эмиттерного повторителя 25.

Величина угловой скорости вращения ротора машины при нажатии педали подачи топлива автомобиля до упора измеряется следующим образом. Выходное напряжение тахогенератора 11 подается на вход делителя 36, при этом на выходе резистора 39 формируется напряжение (рисунок 5), пропорциональное угловой скорости вращения ротора машины, т. к. делитель выполнен с коэффициентом, равным частному от деления 3, 14 на 30. Это напряжение подается на коллектор транзистора 34 второго эмиттерного повторителя 33. Таким образом, на второй эмиттерный повторитель 33 непрерывно подается напряжение на коллектор, пропорциональное угловой скорости вращения ротора машины, и при появлении на его входе прямоугольных импульсов напряжения от датчика момента, длительность которых пропорциональна моменту, развиваемому электрической машиной в генераторном режиме ее работы, на выходе второго эмиттерного

повторителя 33 формируются прямоугольные импульсы напряжения (рисунок 6), площадь которых пропорциональна колесной мощности автомобиля.

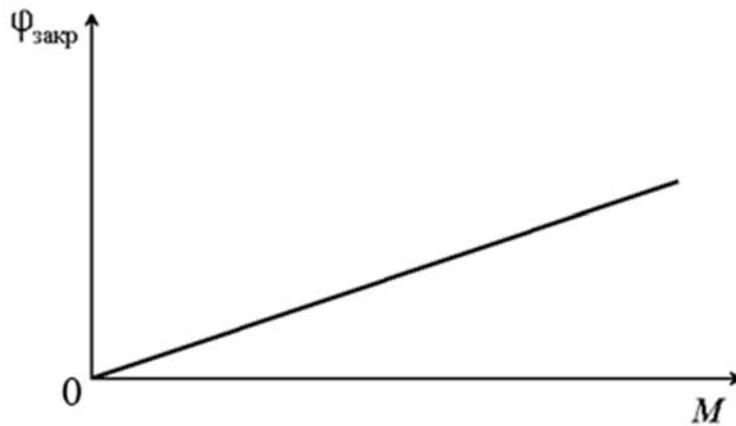


Рисунок 3 – Статическая характеристика упругого вала

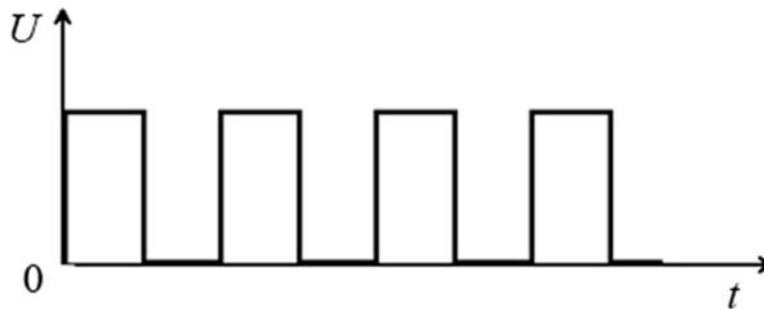


Рисунок 4 – Напряжение на выходе первого эмиттерного повторителя

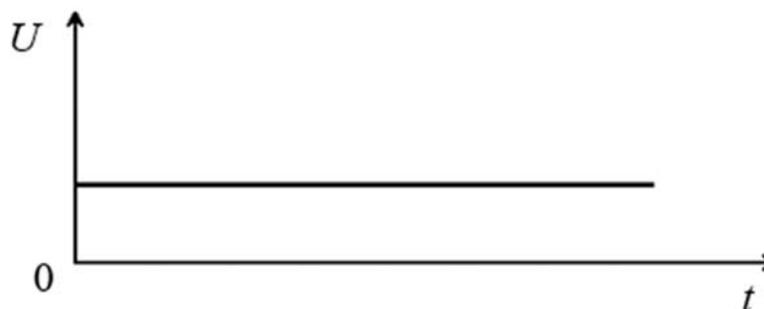


Рисунок 5 – Напряжение на коллекторе второго эмиттерного повторителя

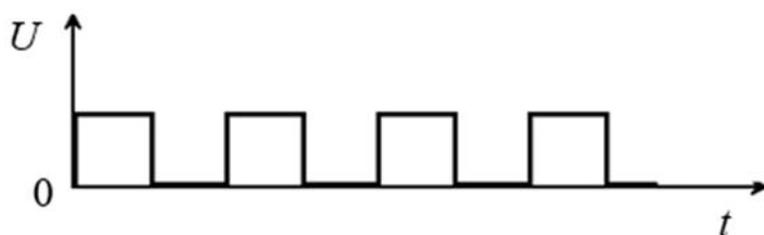


Рисунок 6 – Напряжение на выходном резисторе

Полученные на выходе второго эмиттерного повторителя 33 прямоугольные импульсы сглаживаются фильтром 42 низших частот, выполненным на резисторе 40 и конденсаторе 41 и соединенным с выходом второго эмиттерного повторителя 33. После сглаживания полученная механическая мощность (рисунок 7) на колесе диагностируемого автомобиля измеряется прибором 43 постоянного тока. Измеренная колесная мощность сравнивается с ее нормативной величиной. Если она меньше нормативной, принимается решение о наличии в автомобиле неисправностей.

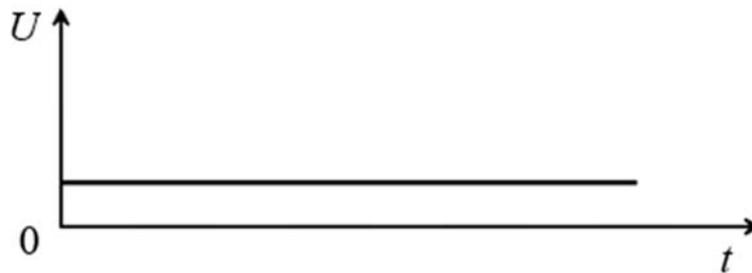


Рисунок 7 – Напряжение на фильтре низших частот

Применение предлагаемого стенда позволяет повысить топливную экономичность и производительность автомобиля путем использования для диагностирования такого диагностического параметра, как измеряемая на стенде колесная мощность, и таким образом при последующем устранении неисправностей обеспечить их полное устранение, а также снизить расходы на создание стенда и его эксплуатацию.

#### 4 Функциональный расчет стенда тяговых качеств

Для перевода электрической машины из режима двигателя в режим тормоза необходимо от двигателя внутреннего сгорания автомобиля, установленного на беговые барабаны, посредством трансмиссии и самих беговых барабанов сообщить ротору электрической машины частоту вращения, превышающую синхронную частоту вращения магнитного поля статора. Синхронная частота вращения поля вычисляется по формуле

$$n_c = \frac{60f}{p}, \quad (1)$$

где  $f$  – частота переменного тока в сети, равная 50 Гц;

$p$  – число пар полюсов машины.

Если сообщить ротору машины частоту вращения, превышающую по величине синхронную частоту вращения поля, то он будет обгонять вращающееся магнитное поле статора машины, и проводники ротора будут пересекать линии магнитного поля статора в направлении, обратном

направлению пересечения его при работе машины в режиме двигателя. В результате этого сила взаимодействия вращающегося электромагнитного поля статора и токов ротора изменит свое направление и станет противодействовать вращению ротора.

Поэтому момент и мощность, развиваемые машиной в таком режиме ее работы, когда частота вращения ее ротора выше, чем синхронная частота вращения поля статора, становятся отрицательными. Машина превращается в тормоз и отдает энергию в сеть переменного тока.

Данный стенд, в котором нагружение осуществляется тормозным устройством, кинематически связанным с роликами, носит название «силовой стенд».

Мощность электромашины стенда определяем из условия обеспечения максимальной тяговой силы и максимальной скорости движения автомобиля. Мощность, которую может реализовать автомобиль, определяем по формуле

$$N = P_{к\max} \cdot v_{\max}, \quad (2)$$

где  $P_{к\max}$  – максимальная тяговая сила;

$v_{\max}$  – максимальная скорость движения автомобиля, определяемая по характеристике конкретного автомобиля. Например, для автомобиля МАЗ-5335  $v_{\max} = 85 \text{ км/ч} = 23,6 \text{ м/с}$  [1].

Максимальную тяговую силу определяем из условия равновесия колеса автомобиля, установленного на стенде.  $G$  – вертикальная нагрузка на колесо;  $P_k$  – тяговое усилие на колесе;  $H_1, H_2$  – реакции на роликах стенда.

Условие равновесия колеса на стенде определяется следующим образом:

$$\sum X = P_k \cos \alpha - H_1 \sin \alpha + H_2 \sin \alpha; \quad (3)$$

$$\sum Y = P_k \sin \alpha + H_1 \cos \alpha + H_2 \cos \alpha - G, \quad (4)$$

где  $\alpha$  – угол, характеризующий расположение роликов.

Для определения реакции на рабочем ролике стенда из уравнения (3) определяем

$$H_1 \sin \alpha - P_k \cos \alpha = H_2 \sin \alpha;$$

$$H_2 = \frac{H_1 \sin \alpha - P_k \cos \alpha}{\sin \alpha}. \quad (5)$$

Подставляем полученное выражение для реакции  $H_2$  в уравнение (4):

$$P_k \sin \alpha + H_1 \cos \alpha + \frac{H_1 \sin \alpha - P_k \cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha - G = 0. \quad (6)$$

Преобразуем уравнение (6):

$$P_K \sin^2 \alpha + H_1 \cos \alpha \cdot \sin \alpha + H_1 \cos \alpha \cdot \sin \alpha - P_K \cos^2 \alpha - G \sin \alpha = 0. \quad (7)$$

Из последнего уравнения определяем реакцию  $H_1$ :

$$H_1 = \frac{P_K \cos^2 \alpha - P_K \sin^2 \alpha + G \sin \alpha}{2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}; \quad (8)$$

$$H_1 = \frac{G}{2 \cdot \cos \alpha} + \frac{P_K}{\operatorname{tg} 2\alpha}. \quad (9)$$

Значение реакции  $H_1$  подставляем в уравнение (5):

$$P_K \cos \alpha - \left( \frac{G}{2 \cdot \cos \alpha} + \frac{P_K}{\operatorname{tg} 2\alpha} \right) \cdot \sin \alpha + H_2 \sin \alpha = 0. \quad (10)$$

Разделим последнее уравнение на  $\sin \alpha$ :

$$H_2 + \frac{P_K}{\operatorname{tg} \alpha} - \frac{G}{2 \cdot \cos \alpha} - \frac{P_K}{\operatorname{tg} 2\alpha} = 0. \quad (11)$$

В результате вычислений получаем выражение для реакции на колесо со стороны свободного ролика

$$H_2 = \frac{G}{2 \cdot \cos \alpha} - \frac{P_K}{\sin 2\alpha}. \quad (12)$$

Анализ формул для нормальных реакций на колесо позволяет сделать вывод, что при переднем рабочем ролике последний нагружается значительно больше, чем задний. Это является достаточным для всех узлов, конструкция которых удовлетворяет условию  $\alpha < 45^\circ$ .

Максимальная тяговая сила  $P_{k \max}$ , которую можно реализовать на стенде по условию сцепления, определяется нормальной реакцией  $H_1$  и коэффициентом сцепления  $\varphi$ :

$$P_{k \max} = H_1 \cdot \varphi. \quad (13)$$

Определяем теперь нормальные реакции на колесо, подставляя в выражения (9) и (12) значение  $P_{k \max}$ , в рабочем режиме стенда. Для реакции  $H_1$  имеем

$$H_1 = \frac{G}{2 \cdot \cos \alpha} + \frac{H_1 \cdot \varphi}{\operatorname{tg} 2\alpha}. \quad (14)$$

Откуда в результате нижеследующих вычислений находим нормальную реакцию  $H_1$  при работе станда:

$$H_1 - \frac{H_1 \cdot \varphi}{\operatorname{tg} 2\alpha} = \frac{G}{2 \cdot \cos \alpha};$$

$$H_1 \cdot \left(1 - \frac{\varphi}{\operatorname{tg} 2\alpha}\right) = \frac{G}{2 \cdot \cos \alpha};$$

$$H_1 = \frac{G}{2 \cdot \cos \alpha} / \left(1 - \frac{\varphi}{\operatorname{tg} 2\alpha}\right);$$

$$H_1 = \frac{G \cdot \operatorname{tg} 2\alpha}{2 \cdot \cos \alpha (\operatorname{tg} 2\alpha - \varphi)} = \frac{G \cdot \sin 2\alpha}{2 \cdot \cos 2\alpha \cdot \cos \alpha \cdot (\operatorname{tg} 2\alpha - \varphi)}.$$

Окончательно для нормальной реакции  $H_1$  имеем выражение

$$H_1 = \frac{G \cdot \sin \alpha}{\cos 2\alpha (\operatorname{tg} 2\alpha - \varphi)} = \frac{G \cdot \sin \alpha}{\cos 2\alpha \cdot \left(\frac{\sin 2\alpha}{\cos 2\alpha} - \varphi\right)} = \frac{G \cdot \sin \alpha}{\sin 2\alpha - \varphi \cdot \cos 2\alpha}. \quad (15)$$

При работе станда нормальная реакция  $H_2$  вычисляется следующим образом:

$$\begin{aligned} H_2 &= \frac{G}{2 \cdot \cos \alpha} - \frac{H_1 \cdot \varphi}{\sin 2\alpha} = \frac{G}{2 \cdot \cos \alpha} - \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot \varphi}{(\sin 2\alpha - \varphi \cdot \cos 2\alpha) \cdot \sin 2\alpha} = \\ &= \frac{G}{2 \cdot \cos \alpha} - \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot \varphi}{(\sin 2\alpha - \varphi \cdot \cos 2\alpha) \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha} = \\ &= \frac{G \cdot \sin 2\alpha \cdot \sin \alpha - G \cdot \sin \alpha \cdot \varphi \cdot \cos 2\alpha - G \cdot \sin \alpha \cdot \varphi}{(\sin 2\alpha - \varphi \cdot \cos 2\alpha) \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha} = \\ &= \frac{G(\sin 2\alpha - \varphi \cdot \cos 2\alpha - \varphi)}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (\sin 2\alpha - \varphi \cdot \cos 2\alpha)}. \end{aligned} \quad (16)$$

Выполнив преобразования в числителе, окончательно для  $H_2$  имеем выражение

$$H_2 = \frac{G(\sin \alpha - \varphi \cdot \cos \alpha)}{\sin 2\alpha - \varphi \cdot \cos 2\alpha}. \quad (17)$$

Максимальная тяговая сила, возникающая при работе стенда,

$$P_{к \max} = \frac{G \cdot \varphi \cdot \sin \alpha}{\sin 2\alpha - \varphi \cdot \cos 2\alpha}. \quad (18)$$

На практическом занятии по данной теме выполнить следующее:

- 1) описать эксплуатационные показатели, которые улучшаются при применении стендов тяговых качеств;
- 2) описать диагностические параметры, которые можно измерить на стендах тяговых качеств;
- 3) описать тормозной режим работы двигатель-тормоза стенда;
- 4) вычислить реакции на колесо машины со стороны роликов по условию равновесия колеса на стенде;
- 5) вычислить реакции и тяговую силу при работе стенда по условию сцепления.

## **5 Пример проектирования бортового устройства для диагностирования тормозной системы автомобиля**

Рассмотрим вопросы, связанные с проектированием бортового устройства для диагностирования тормозной системы автомобиля, которое может быть использовано для повышения безопасности вождения и снижения расходов на ремонт автомобилей путем определения фактического технического состояния тормозной системы автомобилей непосредственно в процессе их эксплуатации и последующего устранения разрегулировок и неисправностей, если они обнаруживаются.

Как и в предыдущем случае, выберем аналог. Это стенд для диагностирования тормозной системы автомобилей с приводом от ведущих колес, содержащий ролики, маховики, цепные передачи, соединительные электромагнитные муфты, редукторы, передаточный вал, счетчик оборотов роликов стенда [1].

Однако на известном стенде обеспечивается недостаточная точность определения такого диагностического параметра, как замедление, т. к. условия диагностирования тормозной системы на стенде отличаются малой степенью приближения к реальным эксплуатационным условиям работы автомобиля. Это отличие объясняется тем, что ведущие колеса автомобиля, установленного на стенд для диагностирования тормозной системы, вращаются по поверхности

роликов, а эта поверхность отличается от поверхности дороги. Кроме того, на создание и эксплуатацию стенда для диагностирования тормозной системы требуются большие затраты, в то время как на создание и оборудование автомобиля устройством для бортового диагностирования тормозной системы затраты уменьшаются в десятки раз.

Известен переносной прибор – деселерометр, состоящий из корпуса, подвижной инерционной массы – груз, маятник, измеритель – стрелочное устройство, шкала, сигнальная лампа. Замедление измеряют на ровном горизонтальном участке дороги, при этом автомобиль разгоняют до скорости 10 км/ч, что соответствует идеальным условиям работы автомобиля, а не его естественным условиям работы, отличающимся работой по дорогам с неровностями [2–4].

Однако с помощью переносного прибора обеспечивается недостаточная точность определения такого диагностического параметра тормозной системы автомобиля, как замедление, т. к. условия диагностирования тормозной системы отличаются малой степенью приближения к реальным эксплуатационным условиям работы автомобиля, не учитываются неровности дороги, а они непрерывно изменяются.

Наиболее близким является устройство для регулирования частоты вращения затормаживаемого колеса автомобиля, принятое за прототип, содержащее датчик частоты вращения затормаживаемого колеса автомобиля, содержащий металлический диск с прорезями и выступами, установленный на валу затормаживаемого колеса автомобиля, импульсный целевой преобразователь, установленный вблизи диска с обеспечением возможности вхождения выступа диска в щель преобразователя, и дифференцирующую цепь, последовательно соединенные компаратор с инвертирующим и неинвертирующим входами, повторитель напряжения и диод, при этом инвертирующий вход компаратора соединен с выходом датчика частоты вращения [3].

Однако это устройство имеет ограниченные функциональные возможности, т. к. оно пригодно только для регулирования частоты вращения затормаживаемого колеса автомобиля, а для целей диагностирования тормозной системы автомобиля его невозможно применить.

Задачей изобретения является расширение функциональных возможностей устройства, повышение безопасности вождения и снижение расходов на ремонт автомобилей путем определения фактического технического состояния тормозной системы автомобилей непосредственно в процессе их эксплуатации и последующего устранения разрегулировок и неисправностей, если они обнаруживаются.

При осуществлении предлагаемого устройства происходит измерение частоты вращения колеса датчиком и до торможения на выходе датчика устанавливается определенный уровень напряжения. При торможении автомобиля частота вращения колеса и напряжение на выходе датчика снижаются, при этом быстрота этого снижения определяется постоянной времени. Для определения быстроты снижения частоты вращения колеса выходное напряжение датчика далее дифференцируется и с помощью компаратора сравнивается с

напряжением, соответствующим нормативной величине. Если максимальное значение производной больше нормативного значения, то тормозная система автомобиля не имеет неисправностей.

На рисунке 8 изображена передаточная характеристика компаратора, на рисунке 9 – общая схема устройства.

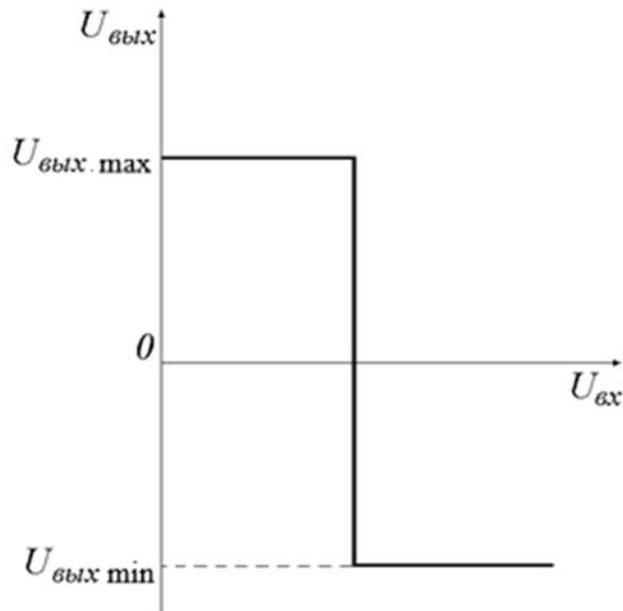


Рисунок 8 – Характеристика компаратора

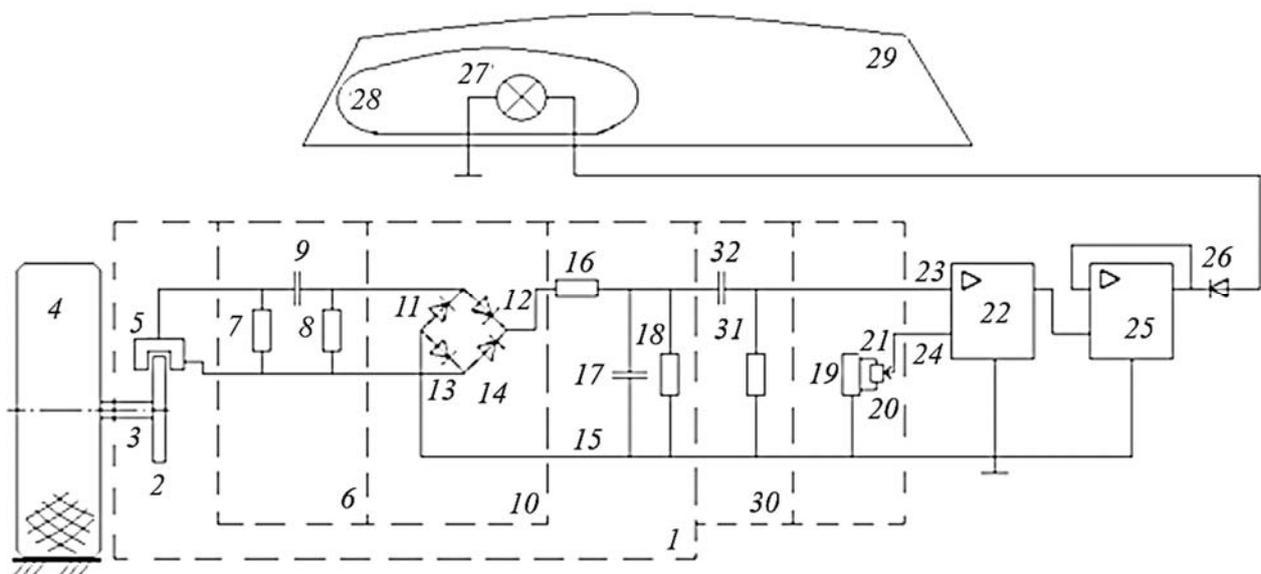


Рисунок 9 – Схема устройства бортового диагностирования тормозной системы автомобиля

Устройство содержит (см. рисунок 9) датчик 1 частоты вращения затормаживаемого колеса автомобиля, содержащий металлический диск 2 с прорезями и выступами, установленный на валу 3 затормаживаемого колеса 4 автомобиля,

импульсный щелевой преобразователь 5, установленный вблизи диска 2 с обеспечением возможности вхождения выступов диска 2 в щель преобразователя 5. Первую дифференцирующую цепь 6, включающую в себя резисторы 7 и 8 и конденсатор 9, выпрямитель 10 на четырех импульсных диодах 11–14, интегрирующую цепь 15, выполненную на резисторе 16 и конденсаторе 17. Выходной резистор 18, регулируемый источник 19 постоянного тока с реостатом 20 и движком 21. Последовательно соединенные компаратор 22 с инвертирующим 23 и неинвертирующим 24 входами, повторитель 25 напряжения, диод 26, электрическую лампу 27, установленную на щитке 28 приборов в кабине 29 автомобиля, при этом неинвертирующий вход 24 компаратора 22 соединен с выходом регулируемого источника 19 постоянного тока, вторую дифференцирующую цепь 30, выполненную на резисторе 31 и конденсаторе 32, входом соединенную с выходом датчика 1 частоты вращения затормаживаемого колеса 4 автомобиля, выходом соединенную с инвертирующим 23 входом компаратора 22, при этом величина напряжения, подаваемого на неинвертирующий 24 вход компаратора 22 установлена равной нормативной величине замедления автомобиля, а постоянная времени сигнала на выходе второй дифференцирующей цепи 30 есть диагностический параметр и имеет такую величину, при которой для исправной тормозной системы имеется возможность получения сигнала для загорания электрической лампы 27, а при неисправной тормозной системе лампа 27 не может загораться, при этом выход повторителя 25 через диод 26, включенный в обратном направлении, соединен с электрической лампой 27.

Устройство работает следующим образом. При торможении снижается частота вращения колеса 4, которая измеряется датчиком 1 следующим образом. При вращении колеса выступы диска 2 проходят через щели преобразователя 5 и на резисторе 7 возникают прямоугольные импульсы напряжения, которые дифференцируются первой дифференцирующей цепью 6. На резисторе 8 возникают разнополярные экспоненциальные импульсы напряжения одинаковой формы и площади, при этом количество импульсов будет больше за одинаковый промежуток времени, и меньше, если частота вращения колеса снижается. С помощью выпрямителя 10, выполненного на четырех импульсных диодах, импульсы выпрямляются, а с помощью интегрирующей цепи 15 импульсы сглаживаются. На выходном резисторе 18 формируется напряжение, уровень которого пропорционален частоте вращения колеса.

Полученное напряжение на выходе датчика непрерывно снижается при торможении автомобиля по экспоненциальному закону и подается на вход второй дифференцирующей цепи 30, на выходе которой появляется напряжение, пропорциональное производной от изменения частоты вращения колеса 4. Если тормозная система не имеет неисправностей, частота вращения падает быстрее, т. е. с меньшей постоянной времени. Поэтому максимальное значение производной от падения частоты вращения колеса больше, чем в системе, имеющей неисправности. С помощью регулируемого источника 19 постоянного тока перемещением движка 21 реостата 20 устанавливается нормативное значение максимума производной от частоты вращения колеса при торможении

автомобиля. Это нормативное значение максимума производной меньше максимального значения производной от частоты вращения затормаживаемого колеса для тормозной системы, не имеющей неисправностей на некоторую заданную величину.

Диагностирование тормозной системы производится следующим образом. Если тормозная система автомобиля не имеет неисправностей, максимальное значение напряжения, подаваемое на инвертирующий вход 23 компаратора 22 больше, чем нормативное значение напряжения, подаваемое на неинвертирующий вход 24 компаратора 22 от источника 19 постоянного тока. На выходе компаратора 22 в соответствии с его передаточной характеристикой, формируется отрицательное напряжение, которое посредством повторителя 25, диода 26 прикладывается к электрической лампе 27, лампа загорается. Принимается решение, что тормозная система находится в хорошем техническом состоянии.

Если диагностируемая тормозная система имеет неисправности, максимальное значение напряжения, подаваемое на инвертирующий вход 23 компаратора 22 меньше, чем напряжение, подаваемое на неинвертирующий вход 24 компаратора 22 от источника 19 постоянного тока. На выходе компаратора 22 в соответствии с его передаточной характеристикой формируется положительное напряжение, которое посредством повторителя 25 прикладывается к диоду 26. Диод 26 заперт, лампа 27 не загорается. Принимается решение, что тормозная система имеет неисправности. Необходимо прекратить эксплуатацию автомобиля и приступить к проведению работ по устранению возникшей неисправности.

Таким образом, использование информации о возникшей неисправности позволяет повысить безопасность вождения путем предотвращения эксплуатации автомобиля с неисправной тормозной системой, а также снизить расходы на ремонт автомобилей путем определения фактического технического состояния тормозной системы автомобилей непосредственно в процессе их эксплуатации.

## Список литературы

1 Модернизированный стенд для диагностирования тяговых качеств автомобиля / Н. А. Коваленко [и др.] // Автомобильная промышленность. – 2016. – № 11. – С. 27–30.

2 Устройство для бортового диагностирования тормозной системы автомобиля / В. В. Геращенко [и др.] // Автомобильная промышленность. – 2016. – № 3. – С. 20–22.

3 Устройство бортового диагностирования тормозной системы транспортного средства: пат. РФ 2626421 / В. М. Фридкин, Н. А. Коваленко, В. В. Геращенко, В. Н. Башаримова. – Оpubл. 27.07.2017.

4 Экологическое и топливосберегающее технологическое оборудование автомобильного транспорта / В. В. Геращенко [и др.]. – Санкт-Петербург: Политехн. ун-т, 2016. – 146 с.