

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО МЕТОДА В ДИАГНОСТИРОВАНИИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Семенов И. Н.,*

Брестский государственный технический университет,  
г. Брест, Республика Беларусь, e-mail: *mea@bstu.by*

## **APPLICATION OF THE IMPULSE METHOD IN DIAGNOSING MOTOR CARS**

*I. Semenov,*

Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus,  
e-mail: *mea@bstu.by*

*Рассмотрены вопросы диагностирования гидрофицированных трансмиссий современных легковых автомобилей. Предложены диагностические параметры и критерии качества оценки технического состояния современных трансмиссий легковых автомобилей. Отмечено, что применение импульсного метода в диагностировании гидрофицированных трансмиссий позволяет осуществить своевременную локализацию неисправностей элементов гидравлического блока управления коробкой передач, а также регулировать величину давления рабочей жидкости с целью уменьшения нагрузок на детали трансмиссии и для увеличения ресурса и повышения плавности хода.*

*Ключевые слова: легковой автомобиль, гидрофицированная трансмиссия, диагностика, диагностический параметр, техническое состояние, импульсный метод*

*The issues of diagnostics of hydraulic transmissions of modern passenger cars are considered. Diagnostic parameters and quality criteria for assessing the technical condition of modern transmissions of motor cars are proposed. It is noted that the use of the impulse method in diagnosing hydraulic transmissions allows timely localization of faults in the elements*

*of the hydraulic control unit for the gearbox, as well as regulating the pressure of the working fluid in order to reduce the loads on the transmission parts and to increase the resource and improve the smoothness of the ride.*

*Keywords: motor cars, hydraulic transmission, diagnostics, diagnostic parameter, technical condition, impulse method.*

## **Введение**

Современные легковые автомобили (ЛА) широко оснащаются новейшими бортовыми электронными системами управления, контроля и диагностики. Легковой автомобиль представляет собой сложную иерархическую систему взаимодействующих друг с другом элементов (механизмов и деталей). Движение ЛА происходит в очень разнообразных и нередко сложных условиях. Эти условия преимущественно определяются параметрами дорожных, эксплуатационно-технических, природно-климатических характеристик, маршрутами и фазами движения, режимами нагружения трансмиссии и всевозможными опасными и нештатными ситуациями [1].

Функциональные свойства ЛА как технического объекта определяют степень его приспособленности к эксплуатации в качестве транспортного средства. К ним относятся: тягово-скоростные свойства, тормозные свойства, топливная экономичность, устойчивость, управляемость, маневренность, плавность хода, проходимость. Тягово-скоростные свойства ЛА характеризуют его способность перевозить пассажиров с высокой средней скоростью и производительностью. Тормозные свойства автомобиля определяют его способность быстро снижать скорость при одновременном исключении заносов с целью уменьшения вероятности дорожно-транспортных происшествий и повышения безопасных скоростей движения. Топливная экономичность характеризует эффективность использования энергии топлива при выполнении работы по перевозке пассажиров.

Важнейшим качеством ЛА является его надежность. К свойствам надежности относятся безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Безотказность – свойство ЛА непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки. Признаком нарушения работоспособности (отказа) является необходимость текущего ремонта. Долговечность –

свойство автомобиля сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Ремонтпригодность – свойство, определяющее приспособленность автомобиля к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов или повреждений и поддержанию или восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Сохраняемость – свойство ЛА сохранять безотказность, долговечность и ремонтпригодность после хранения или транспортирования.

Эффективное функционирование ЛА в процессе перевозки пассажиров зависит от правильно сформированных тягово-скоростных и топливно-экономических показателей автотранспортного средства. При этом важным является обеспечение его безопасности и надежности. В связи с этим необходимо осуществлять дифференцированный их учет при синтезе алгоритмов управления и диагностики в процессе комплексных исследований их влияния на показатели эффективности и качества, важное значение при этом имеет научно-техническое прогнозирование на стадии проектирования перспективных систем управления и диагностики [1, 2].

Трансмиссии современных легковых автомобилей в основном являются гидрофицированными. Их основными частями служат механические и гидромеханические передачи, которые работают в сложных условиях. Элементы (сборочные единицы и детали) этих механизмов, представляющие собой вальные и планетарные коробки передач, постоянно подвергаются знакопеременным нагрузкам. Для обеспечения безопасного движения автомобиля и его работоспособности в целом необходимо непрерывно в режиме реального времени отслеживать техническое состояние этих сложных дорогостоящих передач.

Для оценки технического состояния гидрофицированных трансмиссий (ГТ) ЛА, своевременной постановки технического диагноза, оперативного выявления опасных отказов и скрытых дефектов, предотвращения появления неисправностей и прогнозирования остаточного ресурса, необходимо использовать новые информационные технологии и прогрессивные методы, основанные на комплексных экспериментальных и теоретических исследованиях и новых способах обработки результатов [4, 5].

Применению бортовых систем не только на ГТ ЛА, но и на многих автотранспортных средствах (АТС) в целом, сопутствует ряд проблем. Основная из них – это проблема постоянных отказов в трансмиссиях. Существующие подходы к решению проблемы *неэффективны и пассивны*, т. к. приходится исключать АТС из рабочего цикла в связи с аварийными ситуациями или необходимостью проведения технических обслуживаний и ремонтов, часто преждевременных и необоснованных ни технически, ни экономически [5, 6].

## **1. Основы диагностирования трансмиссий легковых автомобилей**

Трансмиссии легковых автомобилей с электронным управлением так же, как и обычные неавтоматизированные трансмиссии – механические и гидромеханические коробки передач – используют гидравлическую систему с рабочей жидкостью для включения муфт и тормозных лент, при этом каждый гидравлический контур управляется электромагнитным (реже – гидравлическим) клапаном.

Под *гидрофицированной трансмиссией* автотранспортного средства будем понимать такую автоматизированную трансмиссию, которая оснащена электронно-гидравлической системой управления, контроля и диагностики, при этом в ее состав входят гидромеханические или гидродинамические элементы, а также технические средства гидроавтоматики и различные гидроаппараты. Гидрофицированные трансмиссии современных автомобилей, как правило, являются автоматизированными или легко поддаются автоматизации на основе средств микроэлектроники и бортовой диагностики.

Многие современные ЛА имеют автоматические коробки переключения передач (АКП). Эти АКП являются принадлежностью гидрофицированных трансмиссий (ГТ). Неправильное или несанкционированное управление гидравлическими параметрами рабочего тела (гидравлической жидкости) является основной причиной выхода из строя и уменьшения срока службы АКП ЛА.

В процессе эксплуатации может произойти еще одно явление с негативными последствиями – это деформация рабочей жидкости при ударе (сжатие жидкости). Это можно расценивать как реакцию на гидравлические возмущения.

В момент удара, субъективно воспринимаемого водителем, происходит резкое наполнение рабочей жидкостью подпоршневого пространства, и увеличение давления в тормозах планетарного ряда. Все это может снизить ресурс трансмиссии. Для парирования последствий удара необходим *специальный способ*.

Суть разработанного автором способа, который реализован в импульсном методе, сводится к следующему. Для повышения ресурса гидрофицированной трансмиссии ЛА необходимо увеличить плавность хода и уменьшить ударные нагрузки, воздействующие на нее. Электронный блок управления АКП не реагирует на ударные нагрузки, а только воспринимает пробуксовки в пакетах фрикционных муфт или лентах, соответственно повышается давление до момента исключения пробуксовки. Когда давление становится слишком высоким, то появляется удар (толчок), возникающий как следствие резкого возрастания давления жидкости, вызванное также и мгновенным изменением скорости ее течения в магистрали. Такой удар воспринимается как мощный толчок, что негативно сказывается на деталях всей трансмиссии, резко снижая надежность [7–8].

## **2. Диагностирование легковых автомобилей на основе импульсного метода**

Данный раздел статьи посвящен разработке эффективного метода осуществления оперативной оценки текущего состояния ГТ ЛА. Таким современным методом, использующим новые технологии и который может быть успешно реализован в автоматизированных гидрофицированных трансмиссиях, является импульсный метод [9].

С помощью *импульсного метода* можно определить величину толчков, воздействующих на детали трансмиссии, и за счет *правильно выстроенных команд* исполнительных модулей системы управления / диагностирования по заложенным алгоритмам можно снизить давление вплоть до пробуксовки муфт. После этого электронная система зафиксирует факт пробуксовки и далее повысит давление до требуемого уровня. Таким образом, обеспечивает плавность процессов включения элементов и повышается ресурс ГТ.

Для восприятия толчков можно дополнительно на карте коробки передач установить датчик детонации.

Рассмотрим, какие же диагностические параметры целесообразно использовать для эффективной диагностики ГТ ЛА. Предложим также критерии качества оценки технического состояния ГТ.

В качестве параметров диагностирования ГТ целесообразно использовать *наиболее информационные*, а также те из них, которые легко могут быть зафиксированы и определены средствами бортовой автомобильной микроэлектроники. Такими параметрами являются:

– амплитуды пульсации давлений рабочей жидкости в соответствующих каналах  $A_{pi}$  (рисунок 1);

– частоты вращения входного  $n_1$  и выходного  $n_2$  валов АКП;

– величины текущих давлений  $p_i$ ;

– коэффициент пульсации давления  $K_{II} = 100 \cdot \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2 \cdot p_{cp}}$ ;

– длительность переходного процесса  $t_{п.п}$  в системе гидропривода управления.

В качестве дополнительных параметров можно использовать напряжение  $U_{эк}$  и силу тока  $I_{эк}$  на обмотках электромагнитных клапанов.

Для анализа степени износа элементов муфт можно оценивать величину изнашивания  $\Delta_i$  дисков трения ФМ.

Для оценки работоспособности ГТ ЛА инструментальными методами можно использовать ряд показателей, среди которых коэффициент вариации  $V_s = \frac{\sigma_s}{\bar{s}}$  ( $\sigma_s$  и  $\bar{s}$  – среднее квадратическое отклонение и математическое ожидание диагностического параметра).

Характеристики пульсаций гидравлических и электрических диагностических параметров могут иметь разный вид, требующий специального математического описания (рисунок 2).

Характеристики пульсаций гидравлических и электрических диагностических параметров могут иметь разный вид, требующий специального математического описания (рисунок 2).

В качестве критериев оценки технического состояния ГТ ЛА как объекта диагностики нужно выбирать те из них, которые могут указывать на возможность приближения состояния объекта к предельному состоянию, при котором он не способен выполнять свои функции либо выполнение своего функционального назначения экономически нецелесообразно.

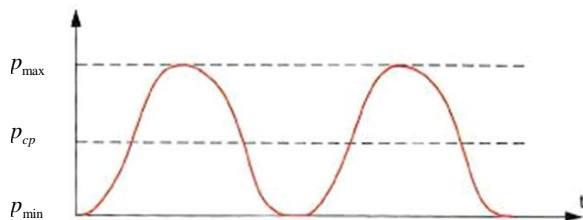


Рисунок 1 – Максимальное, среднее и минимальное значения давления

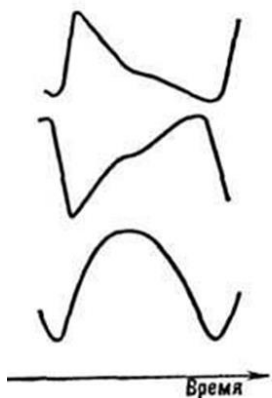


Рисунок 2 – Характер пульсаций диагностического параметра гидравлической или электрической природы

Таковыми критериями для автотранспортных средств, имеющими гидрофицированные трансмиссии, могут служить КПД трансмиссии, температура коробки передач, производительность выполнения транспортной работы и др.

В электронных бортовых системах ГТ ЛА в алгоритмах управления используются два основных параметра: скорость движения автомобиля и нагрузка на двигатель. Эти параметры определяются электронными датчиками. Основными из них являются датчики: частоты вращения на входе коробки передач (скорость вращения турбинного колеса гидротрансформатора для ГТ с ГМП), частоты вращения на выходе коробки передач (скорость выходного вала), положения колленчатого вала, температуры рабочей жидкости, положение рычага

селектора и переключателя режима работы АКП, массового расхода воздуха или абсолютного давления во впускном коллекторе и положение педали акселератора. Кроме того, блок управления АКП получает дополнительную информацию от блока управления двигателем и других электронных систем автомобиля (например, от системы динамического контроля устойчивости автомобиля). Это позволяет более точно, чем в обычной АКП, определять моменты переключений передач и блокировки гидротрансформатора для коробок с ГМП. Программа переключения передач по характеру изменения скорости при данной нагрузке на двигатель может легко вычислить силу сопротивления движению автомобиля и ввести соответствующие поправки в алгоритм переключения, например, попозже включать повышенные передачи на полностью загруженном автомобиле или невысоком ускорении разгона.

В то же время большой проблемой современных ГТ ЛА является, тем не менее, два негативных фактора. Это снижение надежности управления трансмиссией и то, что заложенные в электронный блок алгоритмы управления искажаются и оказываются недостоверными ввиду проявляющихся неисправностей гидропривода ГТ. Неисправности в работе электромагнитных клапанов-регуляторов, как механические, так и электрические, являются причиной неправильного управления гидравлическими параметрами рабочего тела и впоследствии приводящие к отказам и снижению надежности гидрофицированных трансмиссий.

Методика повышения точности информации о техническом состоянии электромагнитных клапанов-регуляторов АКП ГТ ЛА, полученных при импульсном методе диагностирования, подробно изложена в [8].

Важным этапом исследований является также установление закономерностей изменения параметров рабочего процесса ГТ (амплитуд пульсации давлений, расходов рабочей жидкости, длительности переходных процессов в системе гидропривода управления фрикционными), а также получение статистических характеристик процесса пульсации [10, 11].



## **Вывод**

Эффективное и надежное функционирование легковых автомобилей может быть обеспечено лишь путем применения самых совершенных принципов, методов и технических средств определения их технического состояния, т. е. процессов диагностирования. Применение импульсного метода в диагностировании гидрофицированных трансмиссий позволяет осуществить своевременную локализацию неисправностей элементов гидравлического блока управления АКП, а также корректировать величину давления, подаваемого в тормозные муфты и к лентам, с целью уменьшения нагрузок на детали трансмиссии и для увеличения ресурса и повышения плавности хода.

## **Литература**

1. Рынкевич, С. А. Управление и диагностика мобильных машин на основе бортовой микроэлектроники: этапы и перспективы / С. А. Рынкевич // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2015. – № 3 (44). – С. 57–67.
2. Рынкевич, С. А. Автоматизация трансмиссий гидрофицированных мобильных машин / С. А. Рынкевич // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2015. – № 4 (45). – С. 68–78.
3. Рынкевич, С. А. Проектирование, эксплуатация и диагностика мобильных машин / С. А. Рынкевич, В. В. Кутузов. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2016. – 223 с.
4. Рынкевич, С. А. Основы управления и диагностирования автотранспортных средств с применением бортовой микроэлектроники / С. А. Рынкевич // Вестник Курганского государственного университета. Серия «Технические науки». Выпуск 12. – 2017. – № 2 (45) – С. 77–84.
5. Рынкевич, С. А. Методология проектирования подвижных объектов / С. А. Рынкевич // Сб. науч. трудов БНТУ «Транспорт и транспортные системы: конструирование, эксплуатация, технологии» : Минск, 2018. – С. 130–153.
6. Рынкевич, С. А. Автоматизация диагностирования механических и гидромеханических трансмиссий / С. А. Рынкевич // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : сборник научных

трудов в 2-х томах / Белорусский национальный технический университет; редкол. : отв. ред. Д. В. Капский [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – Т. 1. – С. 46–50.

7. Семёнов, И. Н. Повышение надежности гидрофицированных трансмиссий легковых автомобилей / И. Н. Семёнов, С. А. Рынкевич // Автомобиле- и тракторостроение : материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 24–27 мая 2019 г. / Белорусский национальный технический университет; редкол. : отв. ред. Д. В. Капский [и др.]. – Минск : БНТУ, 2019. – Т. 1. – С. 48–52.

8. Семёнов, И. Н. Методика повышения надежности гидрофицированных трансмиссий легковых автомобилей : Автотракторостроение и автомобильный транспорт : сборник научных трудов : в 2 т. / отв. ред. Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2020. Т. 1. – С. 42–45.

9. Семёнов, И. Н. Импульсный метод диагностирования гидрофицированных трансмиссий легковых автомобилей // Вестник БрГТУ. – 2019. – № 4 (117) : Машиностроение. – С. 94–96.

10. Рынкевич, С. А. Параметры управления фрикционными муфтами ГМП и их влияние на износно-ресурсные характеристики и тепловую нагруженность фрикционов / С. А. Рынкевич // Автомобильная промышленность. – 2009. – № 12. – С. 15–18.

11. Рынкевич, С. А. Результаты экспериментальных исследований закономерностей изменения ресурса автомобильных ГМП // Автомобильная промышленность. – 2010. – № 1. – С. 20–23.

Статья поступила 25.11.2021