

УДК 658.562

## АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ ВЯЗКОСТНЫХ МУФТ

© 2014 О.М. Батищева, В.А. Папшев, П.Е. Карпов

Самарский государственный технический университет

Поступила в редакцию 18.03.2014

Приведены результаты эксперимента и основанного на них анализа конструкции муфты привода вентилятора. Выделены направления деятельности по предупреждению дефектов.

Ключевые слова: *муфта привода, испытания, анализ, дефект*

Надежность и долговечность работы автомобильного двигателя зависит от многих факторов. Неотъемлемым элементом современных конструктивных решений является система охлаждения двигателя, которая содержит вентилятор с определенным видом привода. В целях снижения нагрузок при резкой смене режимов работы мотора в настоящее время вместо простейшего механического используются гидромеханические и электрические приводы. Гидромеханический привод, в свою очередь, может быть представлен вязкостной или гидравлической муфтой. Производство вязкостных муфт привода вентилятора для автомобилей семейства УАЗ является одним из направлений деятельности компании ОАО «Авиаагрегат». Специфика конструкции, а также особенности технологического процесса сборки обуславливают необходимость выполнения большого объема испытаний с целью проверки выходных показателей продукции, несоответствие которых установленным требованиям существенно влияет на рабочие характеристики устройства. Например, одним из отказов может являться включение муфты на высоких оборотах, что не позволит ей впоследствии перейти на необходимые рабочие обороты.

Полный цикл испытаний включает в себя весь процесс испытания муфты, начиная с визуального осмотра, заканчивая записью в журнале испытаний о годности объекта. Неполный цикл

---

*Батищева Оксана Михайловна, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Транспортные процессы и технологические комплексы». E-mail: [omb@list.ru](mailto:omb@list.ru)*

*Папшев Валерий Александрович, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Транспортные процессы и технологические комплексы». E-mail: [pva\\_samara@mail.ru](mailto:pva_samara@mail.ru)*

*Карпов Павел Евгеньевич, аспирант*

испытаний может прерваться в любой момент испытаний – по факту непопадания контролируемых параметров в заданные допуски. При этом муфта, снятая с испытаний по какой-либо причине, направляется специалистам сборочного цеха для конкретизации причин отказа и выполнения дополнительной регулировки. Таким образом, в общем случае можно выделить 2 этапа проверки собранных муфт:

- первичные испытания – проверяются все объекты; в случае обнаружения несоответствий муфты отправляются на доработку;
- вторичные (окончательные) испытания – проверке подвергаются доработанные муфты; в случае обнаружения несоответствий муфта отправляется в брак.

В целях получения информации о причинах эксплуатационных отказов муфт привода вентилятора был выполнен следующий эксперимент. Рабочие условия, имитирующие подкапотное пространство автомобиля семейства УАЗ, воспроизводились на специализированной испытательной установке, в камере которой задавалась соответствующая температура. Контролю подлежали следующие выходные параметры испытываемой муфты:

- обороты холостого хода при температуре в камере  $T=20^{\circ}\text{C}$ ;
- обороты холостого хода при температуре в камере  $T=60^{\circ}\text{C}$ ;
- обороты рабочего хода при температуре в камере  $T=68^{\circ}\text{C}$ ;
- обороты рабочего хода при температуре в камере  $T=47^{\circ}\text{C}$ ;
- включение муфты при температуре в камере  $T=68^{\circ}\text{C}$ ;
- выключение муфты при снижении температуры до  $60^{\circ}\text{C}$  и ниже.

Технические требования к контролируемым параметрам муфты приведены в табл. 1.

**Таблица 1.** Технические требования к контролируемым параметрам муфты

Температура	Обороты холостого хода, об/мин	Обороты рабочего хода, об/мин
20 С	≤1500	–
60 С	≤1500	–
(68±2)°С (включение муфты)	–	2700÷3000
(40÷60) С (выключение муфты)	–	≤1500

Для проведения эксперимента было отобрано случайным образом 411 муфт. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

**Таблица 2.** Результаты испытаний муфт

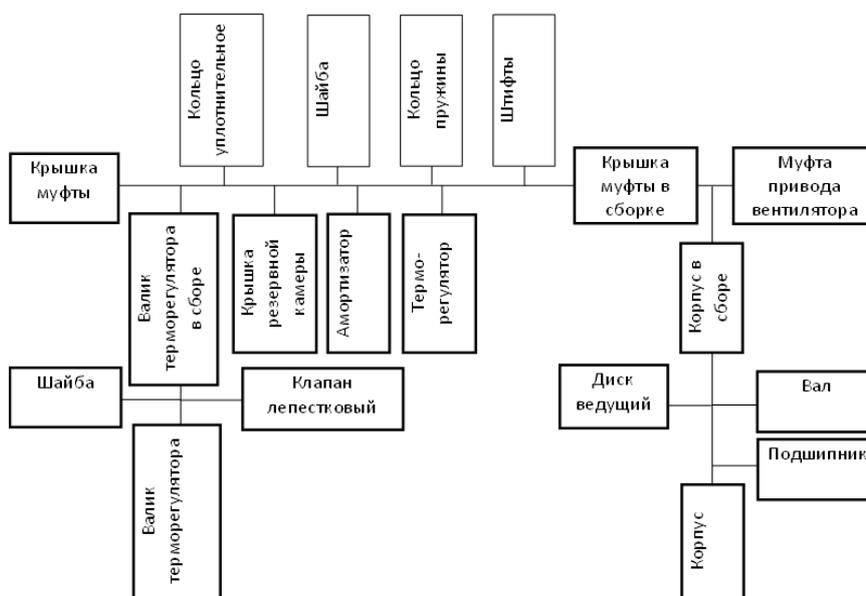
	Общее количество муфт	Число муфт, прошедших испытания	Число муфт, не прошедших испытания
первичные испытания	411	223	188
вторичные испытания	188	153	35

Анализ данных эксперимента позволил систематизировать причины отказов муфт при испытаниях (табл. 3). В целях снижения брака и уменьшения объема приемо-сдаточных испытаний было принято решение о необходимости системного анализа конструкции муфты привода вентилятора. В качестве метода был выбран

анализ FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), который используется на многих предприятиях как составная часть системы менеджмента качества с целью анализа и доработки конструкции, производственного процесса, технологического оборудования и других объектов для предупреждения и (или) ослабления тяжести последствий дефектов и достижения требуемых характеристик безопасности, экологичности, эффективности и надежности [1].

**Таблица 3.** Причины отказа муфт при испытаниях

Наименование	Кол-во
превышение оборотов холостого хода муфты	142
муфта не перекачивает жидкость	67
муфта не отключается	23
муфта не включается	9
зажат ролик	6
зажат вал	3
малые обороты холостого хода	1
высокие обороты холостого хода	1



**Рис. 1.** Структурная блок-схема сборки муфты привода вентилятора

На этапе сбора и подготовки исходной информации была разработана [2] структурная блок-схема сборки муфты привода вентилятора (рис. 1). Элементы муфты, включенные в анализ

FMEA, выделены на рис. 1 жирными линиями. Муфта относится к сборочным единицам средней сложности. В нее входят 14 деталей и одно изделие (подшипник). Базовой деталью является

крышка муфты. Входящие детали и подузлы присоединяются к ней с использованием шести методов соединений. Наиболее важными функциональными элементами муфты являются крышка муфты в сборе и корпус в сборе. Корпус в сборе служит для размещения подшипника и ведущего диска с валом и образует с крышкой в сборе рабочую камеру муфты. Основные требования: плавность вращения ведущего диска с валом в корпусе, прочность, точность, герметичность. Крышка муфты в сборе образует резервную камеру. Обеспечивает регулировку перепуска рабочей жидкости из резервной камеры при изменении температуры окружающей среды. Основные требования: герметичность, прочность, точность, открытие и закрытие отверстий Ø3,5.

Муфта в сборе передает вращение вентилятору при повышении температуры окружающей среды, а при снижении температуры отключает вращение вентилятора. Основные требования: плавность вращения, режимы работы (скорость вращения, величины температур включения и выключения), герметичность,

прочность. В целях выявления потенциальных дефектов муфты, а также их последствий выполнен анализ:

- перечня возможных отказов системы охлаждения двигателя автомобилей, в которые входит муфта;
- сборочных чертежей и чертежей входящих деталей;
- описания их функций;
- результатов приемо-сдаточных испытаний изготовленных изделий.

В таблицах 4-6 приведены потенциальные дефекты и их причины, выявленные в ходе анализа FMEA. Для дальнейшей обработки информации в таблицах использована сквозная нумерация потенциальных причин возможных дефектов. Все потенциальные дефекты ранжировались по значимости в соответствии с последствиями, причинами и предусмотренными контрольными мероприятиями относительно вероятности возникновения, влияния на потребителя и возможности обнаружения путем расчета приоритетного числа рисков (ПЧР).

**Таблица 4.** Корпус в сборе

Вид возможного дефекта	Потенциальные причины возможного дефекта	Последствия
Размер зазора между плоскостью ведущего диска и плоскостью заплечиков корпуса, а так же биение плоскости ведущего диска не соответствуют требованиям	1. Не обеспечена параллельность плоскости ведущего диска при его напрессовке на вал, установленный в корпус 2. Неперпендикулярность плоскости ведущего диска относительно его посадочного отверстия 3. Неоднородность и несоответствие механических характеристик материала ведущего диска	Муфта не достигает максимальной скорости вращения. Большая вариация скорости вращения при работе муфты
Заедание подшипника (повышенное сопротивление вращению подшипника)	4. Несоответствие посадочных диаметров корпуса и вала, на которые устанавливается подшипник 5. Огранка посадочного диаметра вала 6. Момент сопротивления вращению подшипника превышает значение, установленное требованиями	Скорость вращения муфты на холостом ходу значительно выше допустимой При снижении температуры окружающего воздуха муфта не выключается

**Таблица 5.** Крышка муфты в сборе

Вид возможного дефекта	Потенциальные причины возможного дефекта	Последствия
Неплотное прилегание лепесткового клапана к плоскости крышки резервной камеры	7. Перекос лепесткового клапана при соединении крышки резервной камеры с крышкой муфты	При снижении температуры муфта не выключается из-за постоянного поступления жидкости в рабочую камеру
Неравномерность вращения валика терморегулятора	8. Огранка посадочного диаметра валика. 9. Большой натяг при посадке валика в крышку муфты	
Нестабильность работы терморегулятора	10. Не выдержана геометрия терморегулятора	

Таблица 6. Муфта в сборе

Вид возможного дефекта	Потенциальные причины возможного дефекта	Последствия
Не выдержаны размер и равномерность зазора между ведущим диском и крышкой резервной камеры	11. Перекос крышки муфты в сборе	Муфта не достигает максимальной скорости вращения Большая вариация скорости вращения при работе муфты
	12. Нестабильное (неконтролируемое) усилие завальцовки корпуса в сборе при его сборке с крышкой муфты в сборе	

Численные значения показателей значимости дефекта, его возникновения и обнаружения определялись для каждой причины дефекта с помощью типовых десятибалльных шкал для FMEA-конструкции [1]. Результаты обработки информации обобщены в диаграмме (рис. 2), позволяющей ранжировать причины дефектов по показателю приоритетного числа рисков. При ПЧР > 125 требуется разработать рекомендации по устранению причины дефекта.

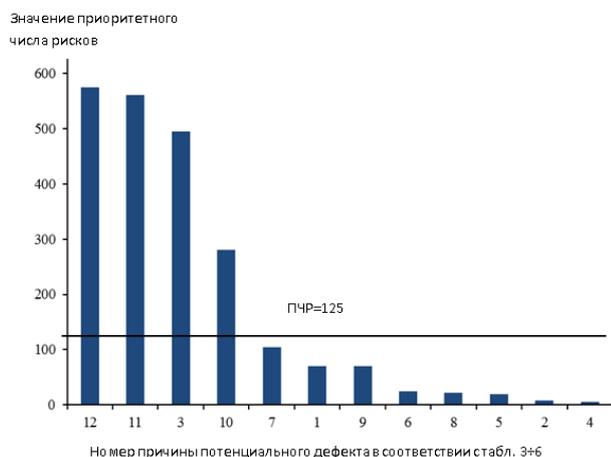


Рис. 2. Диаграмма риска причин потенциальных дефектов

Установлены наиболее значимые причины, устранение которых приведет к созданию безрисковой конструкции муфты привода вентилятора:

- нестабильное (неконтролируемое) усилие завальцовки корпуса в сборе при его соединении с муфтой в сборе (причина № 12);

- перекося крышки муфты в сборе при запрессовке (причина № 11);  
 - неоднородность и несоответствие механических характеристик материала ведущего диска (причина № 3);  
 - не выдержана геометрия терморегулятора (причина № 10).

В качестве возможных действий по снижению риска дефектообразования было предложено следующее:

- пересмотр конструкции муфты с учетом требований по технологичности;  
 - пересмотр технологии окончательной сборки муфты.

**Выводы:** системный анализ конструкции муфты привода вентилятора автомобилей семейства УАЗ, основанный на результатах испытаний репрезентативной выборки объектов, дал возможность определить направления деятельности по предупреждению дефектов, что, в свою очередь, позволит уменьшить объем приемодаточных испытаний и сократить брак.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Юнак, Г.Л. Исследование и применение FMEA конструкции, технологии и оборудования на ОАО «АВТОВАЗ»: Метод. материалы / Г.Л. Юнак, В.Е. Годлевский, Г.В. Иванов, И.В. Лоцилина – Самара, ЗАО «Академический инжиниринговый центр», 2005. 176 с.
2. Кулаков, Г.А. FMEA-анализ конструкции муфты привода вентилятора автомобилей семейства УАЗ / Г.А. Кулаков, А.П. Сидорчук, И.И. Усольцева, П.Е. Карпов // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: сб. науч. статей. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. С. 18-24.

THE ANALYSIS OF POTENTIAL DEFECTS AND THEIR CONSEQUENCES BY RESULTS OF VISCOUS CLUTCH TESTS

© 2014 O.M. Batishcheva, V.A. Papshev, P.E. Karpov

Samara State Technical University

Results of experiment and based on it analysis of fan drive clutch construction are given. Activities according to the prevention of defects are allocated.

Key words: drive clutch, test, analysis, defect

Oksana Batishcheva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Transport Systems and Technological Complexes". E-mail: omb@list.ru; Valeriy Papshev, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department "Transport Systems and Technological Complexes". E-mail: pva\_samara@mail.ru; Pavel Karpov, Post-graduate Student