

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

15.04.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Эксплуатация транспортных средств

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему «Исследования вибропрочности боковых зеркал автомобиля при эксплуатации»

Студент

И.П. Васильев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, И.В. Турбин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Содержание

Введение.....	3
1 Конструкция и общая информация	5
1.1 Конструкция зеркал	5
1.2 Вибрация автомобиля и зеркального элемента	17
2 Обнаружение резонансных частот	27
3 Критерии оценки виброустойчивости.....	31
4 Оценка зеркал	33
4.1 Оценка виброустойчивости наружных зеркал.....	33
4.2 Оценка вибропрочности наружных зеркал	35
5 Результаты оценки	37
5.1 Результаты оценки виброустойчивости наружных зеркал	37
5.2 Результаты оценки вибропрочности наружных зеркал	42
6 Исключение влияния оснастки на виброустойчивость наружного зеркала.....	50
6	
7 Обнаружение дефектов бокового зеркала	562
7.1 Теоретическое обнаружение дефекта зеркала	562
7.2 Практическое обнаружение дефекта зеркала.....	595
7.2.1 Опыты с рамкой зеркального элемента	60
7.2.2 Опыты с добавлением второй лапки.	64
Заключение	68
Список используемых источников.....	69

Введение

В современном автомобилестроении возрастает конкурентная борьба за конечного потребителя. В результате чего конструкция автомобилей становится все более сложной, а требования к деталям, узлам и элементам, входящим в ее состав, становятся более жесткими.

Все, вплоть до атома, вибрирует с определенной частотой. Когда транспортное средство развивает аномальную вибрацию, правильные инструменты и методы позволяют быстро идентифицировать источник вибрации.

В данной диссертационной работе будет рассмотрена проблема вибрации зеркальных элементов в боковых зеркалах автомобиля при движении. Основная проблема вибрации зеркального элемента недостаточная жёсткость конструкции.

Каждый отдельный компонент в транспортном средстве имеет частоту, с которой он имеет тенденцию вибрировать, в зависимости от массы, размера и состава компонента. Термин частота вибрации означает только то, как часто вибрация возникает. Частота измеряется в герцах (Гц), что является измерением циклов в секунду. Таким образом, частота 20 Гц означает, что измеряемый компонент вибрирует 20 раз в секунду. Частота, которая вызывает вибрацию конкретного компонента, называется его точкой резонанса [35].

Главной проблемой, ограничивающей массовое применение методов виброакустического диагностирования, является достоверность результатов диагностирования – «диагнозов». Сформулировать признаки достоверности в обобщенной форме при данном виде диагностирования не представляется возможным, потому как уровень неопределенности реакции вибросигнала на эксплуатационные дефекты довольно высок. Современный уровень развития элементной базы позволяет снизить уровень неопределенности виброотклика до приемлемого.

«Когда производитель проектирует транспортное средство, он пытается построить его так, чтобы точка резонанса каждого компонента не равнялась частоте каких-либо естественных колебаний. Если пассажиры автомобиля не чувствуют вибрации, это не значит, что вибрации не существует. Вот почему мы видим демпферы, висящие на выхлопных системах, опорах двигателя, дифференциалах и почти везде. Эти веса изменяют массу, размер и состав компонента, изменяя его точку резонанса до значения вне диапазона частот любых естественных колебаний» [28].

Во время вождения автомобиля зеркальная поверхность боковых зеркал вибрирует. Эта вибрация мешает водителю четко идентифицировать приближающиеся транспортные средства, что оказывает большое влияние на безопасность вождения. Вибрация зеркала определяется как размытие изображения, вызванное вибрацией поверхности зеркала. Как только явления происходят, водитель смотрит на изображение размытого объекта, отраженного в зеркале. Эта ситуация очень опасна для водителя, поскольку водитель не может четко понять приближающиеся транспортные средства сзади [33].

Цель магистерской диссертации заключается в определении проблемных мест зеркала и зеркального элемента и предложить решения найденных проблем.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ оптических элементов автомобильных зеркал;
- провести обнаружение резонансных частот;
- провести оценку виброустойчивости и вибропрочности зеркал;
- разработать методы решения обнаруженных проблем;
- собрать опытный образец и провести испытания.

Решению данных задач посвящены последующие разделы диссертации.

1 Конструкция и общая информация

1.1 Конструкция зеркал

Для водителей наличие зеркал заднего и бокового вида жизненно важно для безопасного вождения. Они дают более полное представление о том, что происходит вокруг автомобиля [33].

«Наружное зеркало заднего вида, содержащее корпус, в котором размещен отражательный элемент, соединенный с приводом регулировки его положения, у которого управляющий элемент выведен в салон транспортного средства, опору, неподвижно закрепленную на кузове транспортного средства, механизм поворота корпуса, размещенный между опорой и корпусом и снабженный тарировочной пружиной усилия его срабатывания, отличающееся тем, что отражательный элемент закреплен на корпусе с возможностью его перемещения относительно корпуса и соединен с корпусом через привод регулировки положения отражательного элемента, механизм поворота корпуса снабжен опорной пластиной с резьбовой втулкой, неподвижно закрепленной на опоре, и установочной пластиной, неподвижно закрепленной на корпусе, надетой на резьбовую втулку и подпружиненной относительно опорной пластины тарировочной пружиной усилия срабатывания механизма поворота корпуса, при этом тарировочная пружина усилия срабатывания механизма поворота корпуса снабжена регулировочной гайкой, накрученной на вышеупомянутую резьбовую втулку» [5].

Известны различные конструкции наружных зеркал заднего вида для транспортных средств.

«Известна, например, конструкция наружного зеркала заднего вида по а.с. СССР N 882795, В60R 1/06, 1980, содержащего опору, неподвижно закрепленную на кузове транспортного средства, корпус, в котором размещен и неподвижно закреплен» [13].

«Относительно корпуса отражательный (зеркальный) элемент, соединенный с ручным приводом регулировки его положения, размещенным между корпусом и опорой, и у которого управляющий элемент (рукоятка управления) выведен в салон транспортного средства, механизм поворота корпуса (например, в аварийной ситуации), имеющий шарнирный узел сферического типа, размещенный между опорой и корпусом, и тарировочную пружину усилия срабатывания механизма поворота корпуса, выполненную в виде пружины растяжения и закрепленную между корпусом и управляющим элементом (рукояткой управления), а также узел возврата корпуса в исходное положение после завершения аварийной ситуации, функцию которого выполняет тарировочная пружина усилия срабатывания механизма поворота корпуса» [13].

«Такая конструкция, хотя и позволяет обеспечить сохранность отражательного элемента при его отклонении вместе с корпусом от первоначального положения в аварийной ситуации и их возврата в исходное положение после завершения аварийной ситуации, однако данная конструкция довольно сложна и нетехнологична при изготовлении деталей и их сборке. Кроме того, жесткая связь отражательного элемента с корпусом влечет за собой увеличение массы регулируемого узла, а, следовательно, требует и большой жесткости пружины узла тарировки усилия срабатывания механизма поворота для обеспечения надежной работы всей конструкции в любом положении. При этом усилие «складывания» корпуса с отражающим элементом в аварийной ситуации возрастает при увеличении угла их отклонения относительно опоры. Кроме этого шарнирная связь корпуса с опорой через узел сферического типа с рабочими элементами, имеющими полусферические поверхности, сопряженные со сферической поверхностью шарового основания, дают возможность корпусу с отражательным элементом бесконтрольно перемещаться по вертикали от инерционных нагрузок во время движения транспортного средства» [13].

«Известна также конструкция наружного зеркала заднего вида по патенту РФ на полезную модель N 16274, B60R 1/06, 2000. Данное зеркало содержит корпус, внутри которого размещен отражательный элемент, соединенный с приводом регулировки его положения, у которого управляющий элемент выведен в салон транспортного средства, опору (для размещения наружного зеркала заднего вида на транспортном средстве), неподвижно закрепленную на кузове транспортного средства, механизм поворота корпуса, размещенный между опорой и корпусом, и тарировочную цилиндрическую пружину усилия срабатывания механизма поворота корпуса, при этом установочная пластина механизма поворота корпуса неподвижно закреплена на корпусе, надета на резьбовую втулку и подпружинена относительно опорной пластины тарировочной пружиной усилия срабатывания механизма поворота корпуса, в свою очередь поджимаемой регулировочной гайкой, накрутой на резьбовую втулку» [13].

«Такая конструкция позволяет обеспечить небольшие габариты опоры зеркала за счет обеспечения совмещения функций одних и тех же деталей для тарировки усилия поворота корпуса и фиксации угла поворота корпуса, обеспечить небольшое усилие регулирования положения отражательного элемента за счет исключения зависимости положения отражательного элемента от положения корпуса, внутри которого он размещен, обеспечить небольшое потребное усилие «складывания» корпуса с отражательным элементом в аварийной ситуации при увеличении угла их отклонения относительно опоры, неподвижно закрепленной на кузове транспортного средства, обеспечить высокую надежность работы наружного зеркала заднего вида за счет исключения возможности вертикального перемещения корпуса с отражательным элементом относительно кузова транспортного средства в процессе его движения» [13].

«В то же время данная конструкция имеет относительно ограниченную жесткость, а также имеет относительно ограниченные возможности по декоративному оформлению из-за наличия только одной силовой детали»

«Известна также конструкция наружного зеркала заднего вида транспортного средства по патенту РФ на полезную модель N 50176, B60R 1/06, 2005, содержащего кронштейн (опору), имеющий боковую наружную часть и крепежную часть с цилиндрическим отверстием, которое выполнено концентрично с отверстием опорного элемента, являющимся частью пластины корпуса и подвижно установленного на крепежной части кронштейна, причем пластина установлена в корпусе зеркала и соединена с рамкой, на которой установлен зеркальный элемент» [13].

На крепежную часть кронштейна вокруг отверстия установлен упругий элемент, а на опорный элемент пластины корпуса вокруг отверстия установлена тарельчатая пружина, при этом в отверстие вставлена полая втулка с выступающим наружу фланцем в ее нижней части и выполненная с возможностью поворота корпуса зеркала вокруг оси втулки, которая ориентирована вертикально.

«При этом, полая втулка развальцована, упругий элемент представляет собой гофрированную пружину, а по периметру рамки размещена двухсторонняя клеящая лента для соединения с зеркальным элементом» [13].

«Кроме этого, корпус зеркала выполнен единой с крепежными штырями, расположенными на внутренней стороне корпуса для фиксации пластины, а крепежная часть кронштейна закрыта заглушкой» [13].

«Данная конструкция наружного зеркала на период ее разработки, хотя и удовлетворяла требованиям ее относительной простоты и обеспечения технологичности сборки, однако, в настоящее время с быстрым ростом требований к данным изделиям достигнутых показателей стало недостаточно»

«Наиболее близким решением по технической сущности и достигаемому эффекту от его использования к заявляемому является

известная конструкция наружного зеркала заднего вида по патенту РФ N 26037, В60R 1/06, 2002, содержащего корпус с горизонтальным хвостовиком и с размещенной на нем съемной накладкой, внутри которого размещен отражательный элемент, соединенный с приводом регулировки его положения, у которого управляющий элемент выведен в салон транспортного средства, опору, снабженную закрепленной на ней съемной декоративной облицовкой и имеющую боковую наклонную часть, неподвижно закрепленную на кузове транспортного средства, и нижнюю горизонтальную часть, механизм поворота корпуса, имеющий устройство дискретной фиксации поворота корпуса и резьбовую цилиндрическую втулку, на одном из торцов которой выполнен фланец, размещенную в соосных цилиндрических отверстиях, выполненных в горизонтальной части опоры и в горизонтальном хвостовике корпуса с возможностью осевого перемещения, а также тарировочную цилиндрическую пружину усилия срабатывания механизма поворота корпуса, надетую на резьбовую цилиндрическую втулку, и регулировочную гайку, накрученную на эту втулку» [13].

Корпус выполнен в виде защитного кожуха, неподвижно закрепленного на несущей пластине, установленной на резьбовой втулке с возможностью осевого перемещения и поджатой к ней цилиндрической пружиной усилия срабатывания механизма поворота корпуса.

«Вокруг резьбовой втулки в нижней ее части расположены гофрированная пружина устройства дискретной фиксации корпуса в процессе его поворота с тремя выступами (по числу возможных фиксированных положений наружного зеркала заднего вида в аварийной ситуации), размещенная в выемке опоры, и стопор гофрированной пружины, установленный в пазу несущей пластины и выполненный, соответственно с тремя ответными впадинами» [13].

«Данная конструкция зеркала, хотя и позволяет обеспечить довольно высокую надежность его работы и хорошие условия эксплуатации, однако, в

настоящее время в связи с ростом требований к основным характеристикам таких зеркал появилась необходимость в дальнейшем совершенствовании их конструкции» [13].

«Наружное зеркало заднего вида легкового автомобиля, содержащем корпус, выполненный в виде защитного кожуха с горизонтальным хвостовиком и с размещенной на нем съемной накладкой (облицовкой), внутри которого размещен на рамке отражательный элемент, соединенный с приводом регулировки его положения, у которого управляющий элемент выведен в салон автомобиля» [13].

«Опору, имеющую боковую наклонную часть, неподвижно закрепленную на кузове автомобиля, и нижнюю горизонтальную часть, механизм поворота корпуса, имеющий устройство дискретной фиксации поворота».

«Корпуса и цилиндрическую втулку, на одном из торцев которой выполнен фланец, размещенную в соосных совпадающих цилиндрических отверстиях, выполненных в горизонтальной части опоры и в горизонтальном хвостовике (крепежной части) корпуса» [13].

«Кроме этого, имеется тарировочная цилиндрическая пружина усилия срабатывания механизма поворота корпуса, надетая на цилиндрическую втулку, которая выполнена взаимодействующей своим фланцем с верхним торцом тарировочной цилиндрической пружины» [13].

На нижнем торце втулки выполнены четыре выступа байонетного соединения, четыре ответных квадратных прорези (паза) которого выполнены радиально по кромке цилиндрических соосных отверстий, выполненных в горизонтальной части опоры и в горизонтальном хвостовике корпуса. При монтаже выступы помещают в зацепы опоры, прижимая пружину и обеспечивая узлу возможность поворота корпуса из рабочего положения примерно на 90 градусов вперед или назад, поворачиваясь вокруг оси втулки, которая ориентирована вертикально.

«Хвостовик корпуса со стороны опоры имеет торцевую дугообразную площадку» [13].

«Устройство дискретной фиксации поворота корпуса выполнено в виде трапециевидного выступа-стопора, размещенного снизу на хвостовике корпуса и выполненного взаимодействующим со стенками трех ответных трапециевидных углублений с наклонными кромками, например, под углом 45 градусов (для обеспечения одинакового усилия «складывания» зеркала во всех положениях), выполненных в верхней части горизонтальной части опоры. На рамке для отражательного элемента имеются демпфирующие выступы, выполненные взаимодействующими с внутренней поверхностью корпуса» [13].

«На нижней и боковой поверхностях корпуса выполнен трапециевидный буртик, препятствующий попаданию воды и грязи на отражательный элемент».

«В нижней части корпуса выполнена вогнутость для снижения аэродинамического сопротивления» [13].

«Корпус зеркала имеет универсальные посадочные места под привод регулировки положения отражательного элемента, что позволяет, не меняя конструкции всего зеркала, для регулировки положения отражательного элемента устанавливать по мере необходимости либо моторедуктор с электроприводом, либо тросовый привод с ручной регулировкой. Привод регулировки положения зеркального элемента крепится «саморезами» на посадочные места, расположенные в корпусе» [13].

«Отражательный элемент установлен в рамке, соединенной с приводом регулировки положения отражательного элемента, и закреплен в ней либо с помощью двухстороннего скотча, повторяющего размеры отражательного элемента, либо с помощью нагревательного элемента, имеющего двухстороннюю клеящую поверхность, размеры которого повторяют размеры отражательного элемента» [13].

«Для исключения вибрации зеркала и заливания воды в дверь автомобиля на боковую наружную часть опоры установлена прокладка из полимерного материала» [13].

Установка сборки и эксплуатация зеркала на автомобиле.

«Перед началом эксплуатации в процессе изготовления компонентов зеркала производят тарировку усилия срабатывания механизма поворота корпуса, подбирая нужную жесткость тарировочной цилиндрической пружины. После этого, опору неподвижно закрепляют на кузов автомобиля, после чего пружину надевают на цилиндрическую втулку, которую вставляют в цилиндрические отверстия, выполненные в горизонтальной части опоры и в горизонтальном хвостовике корпуса, ориентируя ее таким образом, чтобы нижние байонетные выступы вошли в соответствующие ответные прорези, прошли через них, (при этом верхний фланец втулки сожмет пружину) и после поворота втулки зафиксировались за зацепы опоры, обеспечивая в то же время возможность поворота корпуса из рабочего положения в одну или в другую сторону в зависимости от обстановки» [13].

Затем водитель автомобиля с помощью привода устанавливает нужное положение отражательного элемента для получения нужной обзорности с водительского места.

В процессе движения транспортного средства в штатной ситуации водитель пользуется предлагаемым наружным зеркалом заднего вида обычным образом. При этом корпус с настроенным отражательным элементом внутри располагаются в средней рабочей позиции.

«В аварийной же ситуации, например, при наезде корпуса на препятствие, корпус поворачивается вдоль кузова автомобиля в одно из положений впереди или сзади в зависимости от того, с какой стороны воздействует нагрузка, тем самым смягчая удар. При этом, поскольку усилие складывания не зависит от угла поворота, то удар смягчается более эффективно» [13].

«После ликвидации последствий аварийной ситуации перед возобновлением движения автомобиля водитель вручную, взявшись за корпус, возвращает его в исходное рабочее положение» [13].

«В настоящее время системы оптического наблюдения во все большей степени используются на транспортных средствах, например, система оптического наблюдения используется на транспортном средстве в контексте дополнительной системы обычных зеркал, например, для обеспечения помощи при парковке для водителя пассажирского транспортного средства. Кроме того, системы оптического наблюдения во все большей степени используются в контексте так называемых систем замещения зеркал, где зеркала, которые предназначены для транспортных средств, например, внешние зеркала (основные зеркала), внутренние зеркала легковых автомобилей или широкоугольные зеркала и зеркала обзора переднего бампера коммерческих транспортных средств, полностью замещены. В таких системах замещения зеркал соответствующее поле зрения, которое обычно делается видимым посредством зеркала, постоянно и в реальном времени демонстрируется водителю транспортного средства на мониторе или другом устройстве отображения, например, внутри транспортного средства, так что водитель транспортного средства может видеть соответствующее поле зрения в любое время, хотя зеркала отсутствуют. Кроме того, системы оптического наблюдения на транспортном средстве используются в контексте так называемой продвинутой системы помощи водителю, где или захваченные системой оптического наблюдения данные, например в зависимости от соответствующей текущей дорожной ситуации, демонстрируются водителю транспортного средства, или где захваченные данные изображения оцениваются для управления другими компонентами транспортного средства, например в контексте расстояния и/или обнаружения препятствий, обнаружения состояния дороги, помощи в удержании в пределах полосы движения, распознавания дорожных знаков и т.п.» [28].

«Зачастую для использования в транспортном средстве или из-за юридических предписаний, или из-за объекта и, соответственно, предполагаемой области применения системы оптического наблюдения, захватывающее устройство (например, оптическая камера) системы оптического наблюдения должно удовлетворять специфическим требованиям, например, в отношении подлежащего захвату системой оптического наблюдения разрешения, углового диапазона, требованиям в отношении резкости с учетом глубины изображения и т.п. Эти требования, например, разрешение на извлечение требуемых данных из захваченных данных изображения, являются во временном отношении противоположными, так что, например, в одно и то же время должен записываться широкий угловой диапазон и одновременно по меньшей мере в одной области/части захваченного углового диапазона должны быть достигнуты высокое разрешение и глубина фокуса. Таким образом, в комплексной системе оптического наблюдения на транспортном средстве обычно необходимо обеспечить несколько захватывающих устройств, даже если они направлены к одной и той же или к перекрывающимся областям вокруг транспортного средства, и затем объединять захваченные несколькими захватывающими устройствами данные изображения, например, в объединенное изображение. Факультативно, за счет использования нескольких захватывающих устройств каждому захватывающему устройству может быть назначена его собственная функция в отношении разных, возможно противоположных требований, и затем захваченные несколькими захватывающими устройствами данные изображения могут быть проанализированы так, что из каждого изображения, например, для системы помощи водителю, извлекается соответствующим образом заданная и размещенная информация» [28].

«На практике это означает, что обычно, например, в системе замещения зеркал, отдельные поля зрения должны захватываться соответственно отдельными захватывающими устройствами, то есть по

меньшей мере одним захватывающим устройством на поле зрения. Для этой цели уровень техники, прежде всего, обеспечивает системы оптического наблюдения на транспортном средстве, где обеспечиваются несколько отдельных датчиков изображения и оптических систем, то есть обеспечиваются отдельные устройства захвата, данные изображения которых затем объединяются путем сшивки. Факультативно, также известно обеспечение общей оптической системы, имеющей несколько датчиков изображения, которые затем объединяются в большую поверхность датчика изображения, делая, таким образом, возможным захват более крупного изображения посредством общей оптической системы, на отдельных (нескольких) датчиков изображения» [28].

Также в зеркалах присутствуют различные другие элементы обеспечивающие безопасное движение на транспортном средстве такие как боковой указатель поворота (БУП), подогрев зеркального элемента, датчик слепых зон.

«Сигнализатор «мертвых зон» установлен вне зоны топологии проводников нагревательного элемента и может быть зафиксирован на поверхности нагревательного элемента, например, посредством двухстороннего скотча или иным образом» [26].

«Нагревательный элемент выполнен по стандартной технологии на лавсановой пленке ПЭТ с нанесением полимеризованного серебра, развальцованными контактами 2,8 мм и покрытием скотчем со стороны топологии с необходимой адгезией. Сигнализатор «мертвых зон» установлен на нагревательном элементе вне зоны топологии проводников, что обеспечивает отсутствие влияния нагревательного элемента на работу сигнализатора «мертвых зон» [26].

«Стандартный контроль окружающей обстановки сзади транспортного средства, состоит из двух внешних боковых зеркал и салонного (обычного, призматического или панорамного) зеркала. Основной недостаток данной системы – эффект «мертвых зон», т.е. областей, недоступных для обзора

водителю ТС. Наличие такого эффекта создает неудобства при маневрировании ТС и зачастую приводит к авариям. Для обеспечения безопасности движения водителю необходимо контролировать участки, находящиеся не только спереди/сзади, но и по бокам ТС» [26].

«В настоящее время для легковых автомобилей и грузовиков существуют системы, выполненные с возможностью отслеживания полос движения с одной или обеих сторон транспортного средства, чтобы проверять, имеются ли какие-либо транспортные средства вдоль борта рассматриваемого транспортного средства, например, под углами «мертвой зоны». Эти системы указывают водителю, имеется ли транспортное средство на какой-либо соседней полосе движения, формируя некоторую форму визуального предупреждения близко к зеркалу заднего вида или на передней стойке, т.е. части кузова транспортного средства, которая находится перед передними дверьми, служит в качестве опоры крыши и к сторонам которой прикреплено ветровое стекло. Предупреждение может также принимать форму звукового предупреждения, которое может быть объединено с визуальным предупреждением. Если водитель начинает двигаться на полосу, на которой уже находится транспортное средство, предупреждение будет нарастать» [29].

«Предпочтительно, чтобы каждое место соединения было выполнено с использованием специальной технологии соединения стали и синтетического материала таким образом, чтобы синтетический материал внешнего кожуха охватывал или проникал в локализованную трехмерную структуру элемента из листовой стали. Локализованные трехмерные структуры листовой детали могут быть выполнены в виде соответствующих выемок или образованы имеющими определенную форму областями, которые могут быть получены, в частности, простым способом выполнения отверстий, или областями, в которых выдавлен рельеф» [34].

«По большому счету, основание бокового зеркала заднего вида может содержать несколько формованных деталей из листовой стали в качестве

упрочняющих элементов. В предпочтительном варианте, однако, предусмотрена только одна формованная деталь из листовой стали в качестве упрочняющего элемента, которая предпочтительно расположена в области перехода между практически вертикальной плоскостью крепления основания бокового зеркала к транспортному средству и практически горизонтально расположенным кронштейном крепления. Еще более предпочтительно, если элемент из листовой стали представляет собой угловую деталь с примерно L-образным поперечным сечением, которая содержит выдавленные или наваренные на ней ребра жесткости, расположенные на небольшом расстоянии от ее края» [34].

1.2 Вибрация автомобиля и зеркального элемента

«Всё многообразие видов расчета шума, генерируемого ДВС, можно свести к двум основным видам: расчет внешнего и внутреннего шума. Внутренний шум транспортного средства, генерируемый при работе двигателя внутреннего сгорания (ДВС), складывается из передаваемого по воздуху и структурного»[2].

Вклад структурного шума наиболее значительный в легковых автомобилях, микроавтобусах и грузопассажирских автомобилях, где применяются неуравновешенные поршневые двигатели[2].

«Вибрации, которые мы диагностируем на легковых и грузовых автомобилях, являются вынужденными вибрациями, что означает, что вибрация возникает только при наличии силы, которая инициирует вибрацию. Например, вибрация, вызванная шиной, прекратится, как только шина перестанет вращаться. Вынужденные вибрации являются сложными, потому что объект, который чувствует водитель, никогда не является

источником вибрации, и часто два или три компонента удалены от фактической причины вибрации [другое]» [2].

«Особенность распространения звука по наружным ограждениям кабины от внешнего источника состоит в затухании звука по наружным ограждающим конструкциям. Учитывая, что реальные кабины имеют неравномерную звукоизоляцию ограждающих конструкций, а также наличие в этих конструкциях открытых проемов, щелей, отверстий, нельзя ограничиваться расчетом только проникновения звука через близкорасположенную к источнику конструкцию. В то же время звуковая энергия неравномерно распределяется по элементам кабины, что также необходимо учитывать при расчете» [19].

«Комплексное снижение шума ДВС (в том числе и внутреннего) может быть достигнуто при условии использования эффективных средств снижения шума в области низких частот, одним из которых является активное шумоглушение, позволяющее достичь снижения шума двигателя в пассажирском салоне при одновременном снижении веса автомобиля» [2].

«Метод конечных элементов является наиболее широко используемым. Высокая «технологичность» метода позволила создать на его основе ряд промышленных систем стандартных программ решения задач, в частности задач теории упругости. При использовании таких систем не требуется знание теории численных методов и тонкостей программирования. Для моделирования распространения акустических волн имеются стандартные методы конечных элементов, при использовании которых моделируемая структура разделяется на конечное число дискретных элементов простой геометрической формы (например, шестиугольник или тетраэдр). В пределах этих конечных элементов потенциальное поле скорости вычисляется интерполяцией от потенциала скорости на «вершинах», так называемых «узлах». Объединение этого подхода с вариационной формулировкой основополагающего частного дифференциального уравнения даёт систему обычных дифференциальных уравнений, которая, в свою очередь, приводит к

линейной алгебраической системе уравнений. Для моделирования безграничных областей разработаны так называемые бесконечные элементы» [24].

«Для многочисленных проблем акустического дизайна ДВС области и границы довольно сложны. С другой стороны, многоходовая модель граничных элементов может помочь инженеру-акустику определить эффект снижения шума при использовании тех или иных звукопоглощающих материалов и выбрать наиболее оптимальное решение для снижения внутреннего шума автомобиля. Метод также позволяет определить размеры и расположение отверстий в моторном отсеке ДВС (в том числе при наличии активного источника), оценить и оптимизировать акустическое излучение в пространстве моторного отсека. Таким образом, метод граничных элементов может использоваться для эффективного решения как внутренних, так и внешних акустических проблем ДВС» [24].

При проведении экспериментальных исследований по комплексному снижению шума автотранспортного средства необходимо также обеспечение эффекта снижения шума по широкому диапазону спектра шума [2].

Следующий этап экспериментальных исследований, моторные стендовые испытания акустических характеристик ДВС. При этом акустические измерения проводятся в свободном или диффузном звуковом поле [19].

Наконец, заключительный этап экспериментальных исследований – это полномасштабные исследования внутреннего шума транспортных средств в реальных дорожных условиях. Например, измерение шума в пассажирском салоне автомобиля целесообразно производить при резком разгоне до скорости 120 км/ч. Измерение производится у сидения водителя и у сидений пассажиров. Микрофон устанавливается на высоте 0,6 м над серединой сидения. Измеряемые акустические характеристики регистрируются по максимальным показателям шумомера в режиме работы «Быстро» [31].

«Следует также учитывать генерируемые в салоне и кабине автомобиля вибрации. На грузовом автомобиле при частотах 1-3 Гц возбуждаются колебания поддрессоренной массы, 6-20 Гц - колебания силового агрегата, кабины, мостов (как твердых тел). При частоте 7-11 Гц проявляются первые формы изгибных и крутильных колебаний рамы длиннобазного грузового автомобиля. При частотах свыше 30 Гц выявляются формы изгибных колебаний рамы грузового автомобиля с большим числом узлов и пучностей. На легковом автомобиле при частотах 25-30 Гц проявляются первые формы изгибных и крутильных колебаний кузова, собственные колебания рулевого колеса и др.» [31].

«Эксперименты показывают, что наибольшая звуковая энергия в спектре внутреннего шума сосредоточена в области инфразвуковых и низких звуковых частот и вызывается кинематическим возбуждением автомобиля. Причем интенсивность инфразвука в кабине или кузове существенно повышается при движении автомобиля по дорогам с неровным покрытием, а также при совпадении частоты вращения колес с частотами собственных колебаний неподдрессоренных масс и частотами первых форм изгибных колебаний кузова или рамы автомобиля» [31].

«Трудность исследования низкочастотного звукового и инфразвукового поля в автомобиле обусловлена в том числе и тем фактом, что обычная акустическая аппаратура позволяет регистрировать только скалярную величину: уровень звукового давления и непригодна для исследования инфразвука, когда замкнутый объем кузова мал по сравнению с длиной плоской волны» [31].

При проведении комплексных экспериментальных исследований ДВС с использованием активной компенсации важным моментом является учет структурных путей передачи шума. Первичный источник (двигатель) генерирует шум и вибрацию, передающуюся в ограниченном пространстве через ограниченное число структурных путей. Таким образом, становится возможным снизить шум внутри ограниченного пространства с помощью

активной компенсации шума и вибрации, передаваемых через эти пути. Сложность этой стратегии активной компенсации будет зависеть от природы структурных путей, формы волны и частотного диапазона источника дискомфорта. Шум и вибрация автомобильного двигателя являются периодическими. Если шум ДВС передается в пассажирский салон путем распространения акустических волн в стержневой структуре, то проблема в определенной мере аналогична активной компенсации звука в каналах. Одно существенное отличие состоит в том, что скорость распространения структурных волн может быть намного больше, чем для акустического случая, особенно для компрессионных волн, поэтому зачастую трудно изготовить контроллер для практического использования активной компенсации. При изгибных волнах в структурах скорость распространения увеличивается с частотой, при этом имеется кратковременный компонент для волнового движения, который необходимо учитывать на низких частотах [2].

Для разработки и испытания двигателя с хорошими виброакустическими характеристиками необходимо осуществить компромисс между хорошей виброизоляцией и приемлемой жесткостью установки (последнее условие предполагает, что статическое смещение мало). Этот баланс может в определенной степени быть соблюден путем использования активного генератора звука и вибрации. Для обеспечения эффективной шумовиброизоляции ДВС активными методами в общем случае должны регулироваться шесть компонентов вибрации (3 поступательных и 3 вращательных). Однако, чтобы уменьшить сложность активной компоненты установки, могут быть разработаны пассивные компоненты, позволяющие обеспечить хорошую изоляцию относительно всех вибрационных компонентов. Фирмой Carl Freudenberg был осуществлен проект разработки и испытания гибридной (активно-пассивной) шумовиброизоляции ДВС, основанной на использовании гидроузла в качестве виброизолирующей опоры. Ниже приблизительно 20 Гц эта опора ведет себя как обычный гидроузел, где затухание обеспечивается с помощью жидкости,

выталкиваемой назад и вперед между центральной и нижней камерой. Выше этой частоты инерция жидкости в узких соединяющих путях становится достаточно высокой, чтобы блокировать этот поток. Электромагнитный генератор производит движение в металлической диафрагме, которая затем может действовать непосредственно на жидкость в центральной камере, вызывая значительные колебания у основания крепления из-за гидравлического увеличения, свойственного опоре. Результаты показывают, что может быть достигнуто значительное снижение вибрации на частоте работы двигателя с помощью системы компенсации, использующей одиночную активную опору двигателя [2].

Шум двигателя в автомобиле, однако, не полностью вызван передачей вибрации через опоры двигателя. Обычно существуют боковые пути через другие механические присоединения к двигателю, и акустическая передача от выхлопа и впуска. Для комплексного снижения шума ДВС необходима компенсация шума и этих путей. Было бы очень трудно использовать активную компенсацию непосредственно всех этих боковых путей, но может быть использована объединенная акустическая и виброакустическая система активной компенсации с активными узлами и внутренними микрофонами, структурными акселерометрами и микрофонами в качестве датчиков погрешности. Такая система будет снижать вибрации от доминирующего пути и акустически регулировать остающийся звук от боковых путей. Такая система использует одиночную активную опору и два внутренних громкоговорителя, регулируемые с использованием алгоритма многократной погрешности по методу наименьших квадратов для минимизации возведенных в квадрат выходных данных от одиночного акселератора и четырех внутренних микрофонов. Измерения суммарного внутреннего шума в салоне показывают, что, хотя громкоговорители дают только небольшие улучшения в снижении шума в передней части салона автомобиля, в задней части улучшение значительное. Другой важный аспект таких объединенных систем компенсации состоит в том, что общие требования к энергии могут

быть значительно снижены, так как система компенсации может снижать шум с использованием самых различных генераторов [6].

В некоторых случаях практического использования систем активной компенсации звук передается во внутреннее пространство автомобиля через ограниченное число структурных путей, и активная компенсация вибрации на каждом из этих путей вполне достижима. Однако следует иметь в виду, что любые боковые пути передачи звука при использовании активных опор для снижения шума внутри автомобилей, первоначально не принятые во внимание, всё же будут возбуждать огражденную конструкцию. В этом случае может быть применена объединенная система активной компенсации, использующая генераторы структурной компенсации и активные громкоговорители [2].

Существенным моментом, на который следует обратить внимание при проведении экспериментальных исследований, является необходимость достижения эффекта снижения шума в салоне автомобиля для различных режимов работы двигателя и для всех пассажирских сидений. Эксперименты показывают, что наблюдается значительное изменение уровня звука в зависимости от числа оборотов, а также области измерений, например, пассажирских сидений. В результате звук, генерируемый для снижения шума в определенной точке в пассажирском салоне или в кабине автомобиля, может приводить к увеличению уровней звука в других областях [2].

Таким образом, для эффективного снижения низкочастотного шума ДВС необходима многоканальная система с микрофонами погрешности, установленными в определенных точках (например, в зоне расположения ушей водителя и пассажиров) и алгоритм, позволяющий избежать того эффекта, что при ослаблении уровня звука одной точки происходит усиление звука в другой точке внутри салона автомобиля. Так как уровень звука в пассажирском салоне изменяется очень быстро в зависимости от скорости двигателя, нагрузки или места размещения пассажира, то любой алгоритм

активной компенсации должен быть вычислен достаточно быстро, чтобы учитывать изменение звукового поля [2].

Например, фирма «Lotus Engineering» (Англия) совместно с институтом звука и вибрации при Southampton университете достигла значительных результатов по снижению внутреннего низкочастотного шума легковых автомобилей различных модификаций. Так для модели «Esprit Turbo» ставилась задача снижения гула в салоне при частоте работы двигателя, соответствующей наибольшим значениям гула. Используемая система включала в себя четыре микрофона на уровне головы пассажира и два 6-дюймовых громкоговорителя. С помощью системы зажигания осуществлялась взаимосвязь сигнала скорости двигателя с микропроцессорным узлом управления, отслеживающим уровень звукового давления на микрофонах и генерирующим необходимый выход на каждый динамик. В результате достигнут эффект снижения в 10 дБ для каждого места внутри салона. Система особенно эффективна для снижения частот ниже 200 Гц. Система активной компенсации, установленная на автомобиле «Toyota-Celica», дала эффект снижения в 10-15 дБ. На выставке в рамках международного конгресса «Интер-Шум 2000», проходившего в г. Ницце Франция, фирма «Muller BBM GmbH», ФРГ совместно с автомобильным концерном «Volkswagen» представили автомобиль «Volkswagen-Beatle», оснащенный адаптивной системой активной компенсации шума внутри пассажирского салона. Достигался эффект снижения не менее 12 дБ. В течение нескольких лет в Японии продавался автомобиль марки Ниссан «Bluebird», оснащенный дополнительной системой активной компенсации внутреннего шума. Однако следует отметить, что вышеупомянутые и другие экспериментальные результаты касались отдельного снижения внешнего и внутреннего шума ДВС. Результатов же комплексного снижения шума ДВС пока не было представлено [2].

Была разработана экспериментальная установка по оценке снижения внутреннего шума автомобиля, в состав которой входят камерные емкости,

имитирующие систему “моторный отсек - пассажирский салон” автомобиля, измерительная аппаратура, система формирования антишумовых характеристик, акустические волноводы, источники шума и др. Используемые при проведении экспериментальных исследований источники звука делятся на пассивные (имитирующие заглушаемый шум) и активные. Излучающие срезы воздухозаборного патрубка воздухоочистителя и выхлопной трубы имитируются при помощи монополярных источников звука (громкоговорителей) с необходимыми низкочастотными характеристиками [2].

В тех случаях, когда уровни нежелательного виброакустического излучения высоки (например, для транспортных средств военной техники, грузовых автомобилей и пр.), для создания компенсирующих сигналов с необходимыми для эффективной компенсации уровнями акустической мощности могут дополнительно использоваться генератор (или генераторы) сигналов [19].

Целью работы является экспериментальное выяснение режимов колебаний зеркала бокового вида и численное определение сил на поверхности зеркала, вызванных разделением вихрей вокруг зеркала.

Экспериментально выявили два вывода. Во-первых, зеркало имеет собственные частоты 25, 30 и 33 Гц. Другое состоит в том, что вибрации зеркала увеличиваются пропорционально скорости потока, а их частоты имеют пиковые значения при 120 и 140 км / ч. Частоты вибрации зеркала полностью совпадают с первичными собственными частотами. Чтобы уловить внешние силы, вибрирующие поверхность зеркала, численное исследование было выполнено с помощью нестационарного анализа воздушного потока. Было обнаружено, что два спектра мощности имеют пиковые значения на одной частоте 24,4 Гц при 120 км / ч. Это показывает, что колебания скорости потока с частотой 24,4 Гц непосредственно влияют на колебания давления на поверхности зеркала. Численный анализ показывает, что частоты выпадающих вихрей составляют 24,4 Гц при

120 км / ч и 28,3 Гц при 140 км / ч. Частоты вибрации зеркала очень близки к частоте колебаний потока. Это показывает, что частоты вибрации зеркала во многом связаны с частотами сил.

Отсюда следует, что размытие изображения на высокоскоростных крейсерских полях вызвано резонансными явлениями, когда поверхность зеркала резонирует с частотой выпадения вихрей вокруг зеркала [34].

2 Обнаружение резонансных частот

Зеркало, прикрепленное к испытательному устройству, которое было установлено в той же самой испытательной ситуации, где измерялись собственные частоты, было погружено в испытательную секцию аэродинамической трубы, чтобы измерить, как частоты колебаний поверхности зеркала изменяются в зависимости от скоростей потока. Частотные спектры зеркальной поверхности колебания в направлении X, Y и Z соответственно рисунок 1 [34]

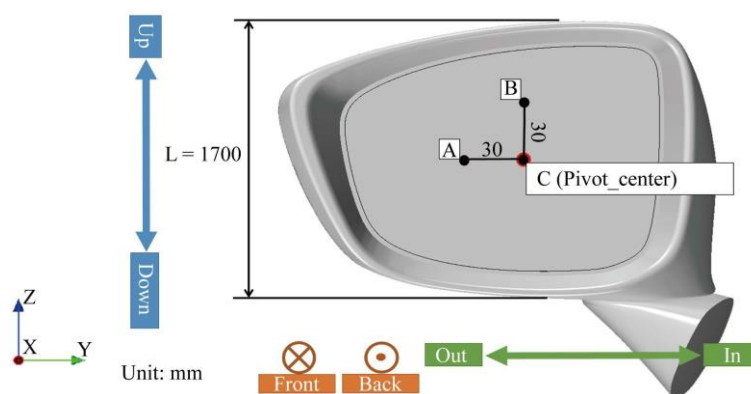


Рисунок 1 – Направления колебаний бокового зеркала

Частотные спектры были измерены для скоростей потока от 60 км / ч до 160 км / ч с шагом каждые 20 км / ч. Результаты показывают, что все виброускорения имеют пики при (25, 33 Гц), (25, 30 Гц) и (25, 30 Гц) в направлениях X, Y и Z соответственно. Эти виброускорения полностью совпадают с первичными собственными частотами, показанными на рисунках 4-6. Отсюда следует, что поверхность зеркала резонирует с теми же частотами, что и первичные собственные частоты [34].

На рисунке 1 показаны общие ускорения (О.А.), полученные как среднеквадратичное значение ускорений в каждом направлении в течение периода измерения. Обнаружено, что общие ускорения увеличиваются

пропорционально скоростям потока, и продольное ускорение в направлении X является наибольшим из трех ускорений для измеренной зоны скорости, тогда как ускорения в направлении Y и Z почти одинаковы. На рисунке 11 показано, как спектры мощности колебаний поверхности зеркала в направлении X изменяются со скоростью потока. Спектры мощности с частотой 25 Гц имеют пиковое значение при 120 км / ч и пики 33 Гц при более высокой скорости потока 140 км / ч. С другой стороны, рисунки 12 и 13 показывают, что спектры мощности в направлении Y и Z для 25 и 30 Гц очень похожи на спектры в направлении X с пиками при 140 км / ч. Что касается частот более высокого порядка, таких как 96 Гц, 103 Гц, их спектры мощности увеличиваются пропорционально скорости потока. Частоты колебаний поверхности зеркала сдвигаются от нижней к более высокой резонансной частоте. Это может быть вызвано сбросом вихрей с зеркала, поскольку их частоты пропорциональны скорости потока [34].

Следующий метод определения резонансных частот который в последствии и использовался в диссертации.

При помощи гидра-цилиндра для испытания узлов и деталей кузова на долговечность, по методике И 35210.37.101.0005-2014, проводили оценку виброустойчивости.

Оценка виброустойчивости зеркал проводится по максимальному углу отклонения отражённого луча лазера, спроецированного на экран как показано на рисунке 2 ,при вертикальном синусоидальном вибровозбуждении с медленным изменением частоты в диапазоне от 10 до 40 Гц и поддержании постоянного амплитудного значения виброускорения основания, на котором установлено изделие, на уровне 1 g, м/с². Зеркало неподвижно закрепляется на устройстве возбуждения вибрации по аналогии крепления на автомобиле. Лазер может быть установлен на площадке устройства возбуждения вибрации или отдельно. Расстояние L от поверхности зеркального элемента до экрана

должно быть не менее одного метра. Максимальная амплитуда угла отклонения α , мин, рассчитывается по формуле:

$$\alpha = 60 \cdot \operatorname{arctg} \frac{(\Delta - \Delta_0)}{2 \cdot L}, \quad (1)$$

где 60 – коэффициент перевода полученного значения угла из градусов в минуты;

Δ – размер наибольшей оси пятна, описываемого отражённым лучом лазера на экране, мм;

Δ_0 – диаметр пятна на экране, при неподвижном зеркале, мм;

L – расстояние от поверхности зеркального элемента до экрана, мм;

2 – коэффициент перевода размаха колебаний луча в амплитуду.

Примечание – При расстоянии от поверхности зеркального элемента до экрана равном $1,72$ м размер наибольшей оси пятна, описываемого отражённым лучом лазера на экране, Δ , мм (за вычетом Δ_0 , мм), с достаточной степенью точности равен амплитуде угла отклонения α , мин.

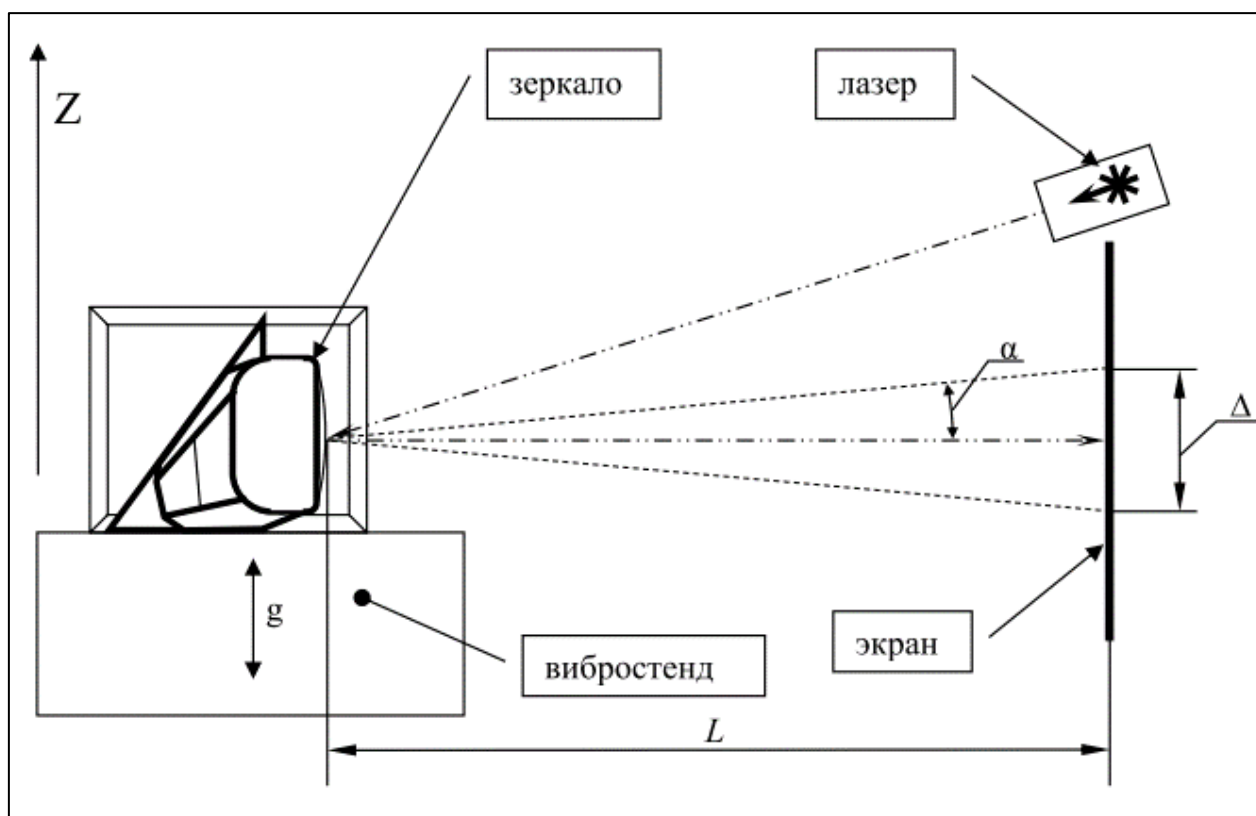


Рисунок 2 – Расположение бокового зеркала и экрана

3 Критерии оценки виброустойчивости

По методике И 35210.37.101.0005-2014

Максимально допустимая амплитуда угла отклонения отражённого луча лазера не более 40'

Технические условия на зеркала.

Отклонение луча лазера на экране должно быть не более 35 мм при ускорении $1g$, на расстоянии $1,72$ м.

При испытании одного из опытных зеркал рисунок 3 получили такие значения:



Рисунок 3 – Опытный образец

– максимальный размер пятна отражённого лазерного луча составил 88 мм, при частоте вибрации 35 Гц и ускорении $1 g$;

– форма пятна отражённого лазерного луча представлена на рисунке 4.

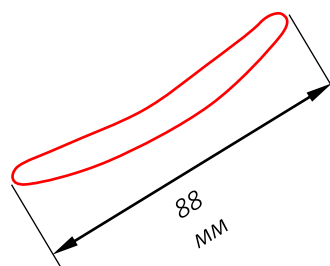


Рисунок 4 – Пятно размытия

4 Оценка зеркал

4.1 Оценка виброустойчивости наружных зеркал

На оценку виброустойчивости наружных зеркал автомобиля были взяты следующие объекты испытаний см. рисунок 5:

- наружное зеркало новое лев/прав 5/5шт,
- наружное зеркало, снятое с автомобиля после пробега по рекламации лев/прав 10/10шт.



Рисунок 5 – Опытный образец

Для дальнейшей оценки наружным зеркалам были присвоены условные номера. Объективная оценка виброустойчивости наружных зеркал, таже что была в учебной практике, методика И 35210.37.101.0005-2014.

Субъективная оценка наружных зеркал проводилась по следующей методике. Группой наблюдателей определялась отчетливо различимая через отражение в тестируемом зеркале строка в модифицированной таблице проверки зрения «таблица Сивцева» см. рисунок 6. Для удобного чтения через отражение, таблица была выполнена в зеркальном отражении. Размер таблицы 300x500 мм, высота букв верхней строки 70 мм, всего в таблице 12 строк.

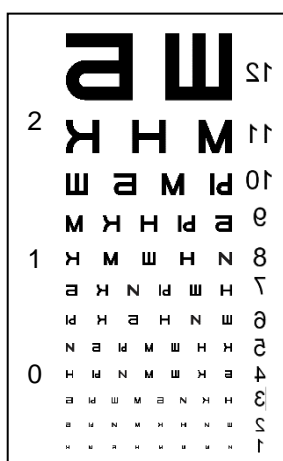


Рисунок 6 – Таблица Сивцева

Таблица располагалась на расстоянии два метра от зеркала, наблюдатели располагались на расстоянии один метр от зеркала.

Каждый наблюдатель фиксировал номер строки, отчетливо читаемой им в таблице через «спокойное» зеркало и номер строки, которую возможно прочесть через зеркало, находящееся под вибронагрузкой на частоте резонанса, определенной по объективной методике в п. 4.1.

Субъективная оценка виброустойчивости определялась по разнице между номером «спокойной» строки и номером «резонансной» строки, для каждого зеркала находилось среднее значение оценки.

4.2 Оценка вибропрочности наружных зеркал

Испытания наружных зеркал с электроскладыванием шарнира травмобезопасности, проводились в соответствии с требованиями плана валидации термостойкости и вибропрочности.

Испытания опытных наружных зеркал, проводились в соответствии И 35210.37.101.0005-2014 по монтажу и работоспособности.

При монтаже на дверь максимальные моменты закручивания винтов крепления опытных наружных зеркал 4 Нм.

Моменты складывания (М) опытных наружных зеркал вычислялись по формуле $M=F*L$, где F усилие складывания зеркал, а L плечо на котором замерялось усилие F, L=230мм для направления Р и L=260мм для направления П рисунок 7.

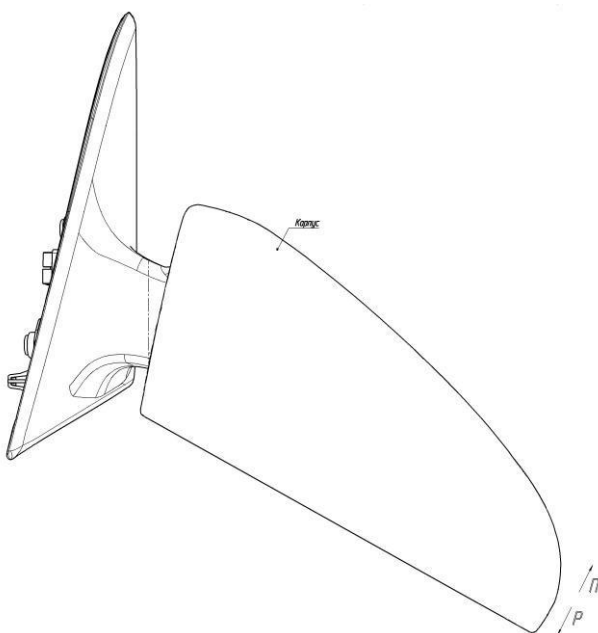


Рисунок 7 – Направления приложения сил

При оценке термостойкости испытания проводят по трем тепловым циклам.

Каждый цикл включает в себя:

1. 24ч изделие выдерживается в сухой горячей среде при температуре плюс $(85\pm 5)^{\circ}\text{C}$;

2. 24ч в постоянной влажной среде при температуре плюс $(40\pm 5)^{\circ}\text{C}$ и 98% относительной влажности;

3. 24ч в холодной среде при температуре минус $(40\pm 5)^{\circ}\text{C}$, капли воды стряхивают после испытания на влажность. Перемещение изделий из одной сферы в другую производится без перерывов.

Испытания наружного зеркала в сборе с опытными боковыми указателями поворота проводились в соответствии И 35210.37.101.0005-2014 по вибропрочности.

Испытания вибропрочности проводились в объёме 200 000 циклов для каждого образца.

Испытания вибропрочности проводились на оснастке, изготовленной из фрагментов боковых дверей автомобиля.

5 Результаты оценки

5.1 Результаты оценки виброустойчивости наружных зеркал

Результаты оценки виброустойчивости по методике И 35210.37.101.0005-2014 представлены в таблица 1.

Из представленных зеркал:

– два новых зеркала соответствуют критериям методики (размер пятна не больше 40 мм, зеркала № 24 и 26);

– семь зеркал соответствуют критериям методики с замечанием (по небольшому превышению размера пятна не более 15 мм, зеркала № 2, 4, 5, 6, 8, 12 и 16);

– остальные двадцать зеркал не соответствуют критериям методики (зеркала № 1, 3, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 28 и 29).

Схема измерения размера пятна представлена на рисунке 8.

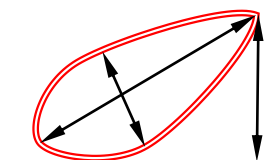


Рисунок 8 – Пятно размытия

Результаты субъективной оценки виброустойчивости представлены в таблица 2.

Из 29 оцененных зеркал на частоте резонанса:

– на 3-х зеркалах наблюдатели видели 10 или 9 строки таблицы (зеркала

– на 12-и зеркалах хотя бы один наблюдатель видел 10 строку (зеркала № 1, 3, 4, 5, 10, 13, 20, 21, 22, 23, 28 и 29);

В таблице 3 представлена сводная таблица по субъективной и объективной оценке.

Таблица 1 – Результаты виброустойчивости

Оценка виброустойчивости наружных зеркал снятых по рекламации								
№п/п	Данные гарантийной бирки		пр/лев	частота Гц	□ мм	размер пятна		
	код	АГО				a_{max} мм	b мм	c мм
1	62023	4462	лев	38	3	77	15	54,0
2	18001	206206	пр	38	3	54	40	40,0
3	62023	4462	пр	39	3	93	3	15,0
4	42318	1314	пр	40	3	46	3	23,0
5	46262	94449	пр	40	3	51	25	25,0
6	44598	4659	лев	38	3	43	20	46,0
7	62023	4365	лев	40	3	93	13	96,0
8	44625	26741	лев	39	3	46	12	49,0
9	44625	26535	лев	40	3	90	3	14,0
10	44565	8764	лев	27	3	117	15	15,0
11	42318	1215	лев	39	3	77	7	40,0
12	44004	394557	лев	40	3	46	15	49,0
13	44598	14579	лев	37	3	85	24	37,0
14	44598	15019	лев	38	3	76	35	35,0
15	44625	29870	пр	38	3	92	3	25,0
16	44360	26523	пр	36	3	56	11	59,0
17	42318	1142	пр	37,5	3	112	18	30,0
18	42702	111594	пр	34	3	139	15	53,0
19	44360	26342	пр	37,5	3	76	20	12,0
Оценка виброустойчивости новых наружных зеркал								
20	новое		лев	39	3	65	3	7
21	новое		лев	34	3	70	3	13
22	новое		лев	38	3	62	3	23
23	новое		лев	39	3	70	3	10
24	новое		лев	33	3	27	3	4
25	новое		пр	40	3	64	3	19
26	новое		пр	35	3	29	12	33
27	новое		пр	40	3	84	13	27
28	новое		пр	38	3	69	3	20
29	новое		пр	39	3	62	3	11

Таблица 2 – Результаты субъективной оценки

(Таблица отсортирована по возрастанию средней видимой строки на частоте резонанса, последний столбик)

Номер зеркала	Частота резонанса	Номер видимой линии в таблице (проверки зрения) через спокойное зеркало и на частоте резонанса с расстояния 3м (1м от зеркала до наблюдателя и 2м от зеркала до таблицы)															Средняя разница строк	Средняя видимая строка на частоте резонанса
		Наблюдатели																
		1			2			3			4			5				
		На частоте 0 Гц	На частоте резонанса	Разница строк	На частоте 0 Гц	На частоте резонанса	Разница строк	На частоте 0 Гц	На частоте резонанса	Разница строк	На частоте 0 Гц	На частоте резонанса	Разница строк	На частоте 0 Гц	На частоте резонанса	Разница строк		
26	35	4	10	6				4	10	6	3	9	6	3	9	6	6,0	10
9	40	4	10	6	3	9	6	4	10	6	3	10	7	4	11	7	6,5	10
24	33	4	10	6	3	9	6	4	11	7	3	10	7	3	10	7	6,6	10
20	30	4	11	7	3	11	8	4	10	6	3	12	9	4	9	5	7,0	11
21	29	4	11	7	3	10	7	4	11	7	3	11	8	4	10	6	7,0	11
23	29	4	11	7	3	10	7	4	11	7	3	11	8	3	10	7	7,2	11
5	40	4	11	7				4	11	7	3	10	7	3	11	8	7,3	11
13	37	4	11	7	3	10	7				3	11	8	3	10	7	7,3	11
29	39	4	11	7				4	11	7	3	11	8	3	10	7	7,3	11
1	38	4	11	7	3	11	8	4	11	7	3	11	8				7,5	11
4	40	4	11	7				4	11	7	3	11	8	3	11	8	7,5	11
22	27,5	4	11	7	3	11	8	4	12	8	3	11	8	3	10	7	7,6	11
28	38	4	11	7				4	11	7	3	11	8	3	11	8	7,5	11
3	39	4	12	8				4	11	7	3	11	8	3	11	8	7,8	11
10	27	4	12	8	3	12	9				3	11	8	3	10	7	7,7	11
16	36	4	12	8				4	11	7	3	11	8	3	11	8	7,8	11
11	39	4	12	8	3	12	9				3	11	8	3	11	8	8,0	12
15	38	4	12	8				4	11	7	3	11	8	3	12	9	8,0	12
18	34	4	12	8				4	11	7	3	12	9	3	11	8	8,0	12
17	37,5	4	13	9				4	11	7	3	12	9	3	11	8	8,3	12
19	37,5	4	12	8				4	12	8	3	12	9	3	11	8	8,3	12
2	38	4	12	8							3	12	9	3	12	9	8,7	12
6	38	4	12	8	3	12	9	4	12	8	3	12	9				8,3	12
7	40	4	12	8	3	12	9	4	12	8	3	12	9				8,3	12
8	39	4	12	8	3	12	9	4	12	8							8,3	12
12	40	4	12	8	3	12	9				3	12	9	3	12	9	8,7	12
25	40	4	12	8				4	12	8	3	12	9	3	12	9	8,5	12
27	40	4	12	8				4	12	8	3	12	9	3	12	9	8,5	12
14	38	4	13	9	3	13	10	4	13	9	3	13	10				9,5	13

Таблица 3 – Результаты оценки

Зеркало			Объективная оценка		Субъективная оценка		Форма пятна (не в масштабе)
Номер	Пр/лев	Рекл./нов.	Частота резонанса	Мах разм. пятна мм	Средняя разница строк	Средняя видимая строка на частоте резонанса	
1	лев	рекл.	38	77	7,5	11	
2	пр	рекл.	38	54	8,7	12	
3	пр	рекл.	39	93	7,8	11	
4	пр	рекл.	40	46	7,5	11	
5	пр	рекл.	40	51	7,3	11	
6	лев	рекл.	38	43	8,3	12	
7	лев	рекл.	40	93	8,3	12	
8	лев	рекл.	39	46	8,3	12	
9	лев	рекл.	40	90	6,5	10	
10	лев	рекл.	27	117	7,7	11	
11	лев	рекл.	39	77	8	12	
12	лев	рекл.	40	46	8,7	12	
13	лев	рекл.	37	85	7,7	11	
14	лев	рекл.	38	76	9,5	13	
15	пр	рекл.	38	92	8,0	12	
16	пр	рекл.	36	56	7,8	11	
17	пр	рекл.	37,5	112	8,3	12	
18	пр	рекл.	34	139	8	12	
19	пр	рекл.	37,5	76	8,3	12	
20	лев	нов.	39	65	7	11	
21	лев	нов.	34	70	7	11	
22	лев	нов.	38	62	7,6	11	
23	лев	нов.	39	70	7,2	11	
24	лев	нов.	33	27	6,6	10	
25	пр	нов.	40	64	8,5	12	
26	пр	нов.	35	29	6	10	
27	пр	нов.	40	84	8,5	12	
28	пр	нов.	38	69	7,5	11	
29	пр	нов.	39	62	7,3	11	

5.2 Результаты оценки вибропрочности наружных зеркал

Результаты монтажных испытаний наружных зеркал – удовлетворительные, с замечанием.

Клипса, для крепления зеркала на наружной панели передней двери автомобиля, на всех зеркалах не фиксируется в посадочном месте рисунок 9.



Рисунок 9 – Зацеп кронштейна зеркала

На всех зеркалах неприлегание переднего угла кронштейна наружного зеркала к наружной панели боковой двери $\approx 1,5-2$ мм рисунок 10.



Рисунок 10 – Неприлегание к поверхности

Монтаж на правой двери затруднён из-за несовпадения точек крепления зеркала с отверстиями на двери рисунок 11.

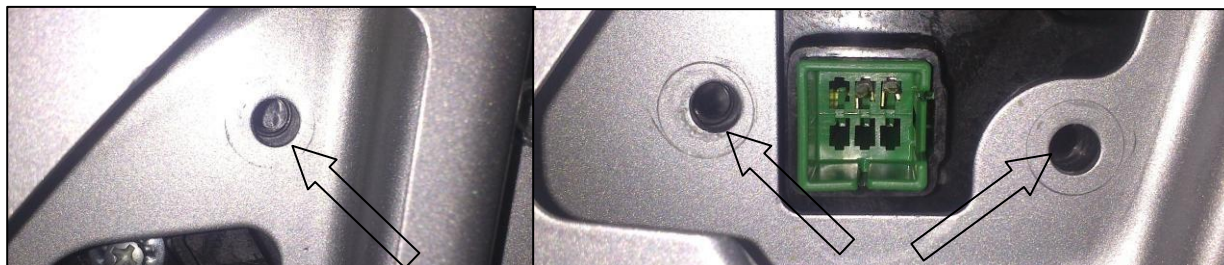


Рисунок 11 – Несоответствие отверстий

Моменты складывания опытных наружных зеркал, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Моменты складывания шарнира травмобезопасности

Моменты складывания	M1(Нм)	M2(Нм)	M3(Нм)	M4(Нм)	M5(Нм)
(по чертежу 5-18Нм)	4	6,3	9,3	3,7	7,4

M₁ — выход из фиксированного (рабочего) положения в кронштейне (направление П, рисунок 7);

M₂ — начало действия пружины после выхода из фиксированного (рабочего) положения (направление П, рисунок 7);

M₃ — максимальное усилие (направление П, рисунок 7);

M₄ — начало действия пружины (направление Р, рисунок 7);

M₅ — максимальное усилие (направление Р, рисунок 7);

Результаты испытаний по работоспособности наружных зеркал, — удовлетворительные.

Моменты складывания опытных наружных зеркал, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Моменты складывания шарнира травмобезопасности

Моменты складывания (по чертежу 5-18Нм)	M1(Нм)	M2(Нм)	M3(Нм)	M4(Нм)	M5(Нм)
	5,1	7,8	9,9	4,2	7,1
Усилия регулировки наружных зеркал (по чертежу 8-18Н)	15,5-16,8Н				

Термостойкость опытных наружных зеркал – удовлетворительная.

Виброустойчивость опытных наружных зеркал – неудовлетворительная.

Угол рассеивания отражённого луча лазера (α) на левом наружном зеркале, составил $\alpha = 58$ мм на 24 Гц. При максимальной амплитуде угла отклонения $\alpha_{\max} = \pm 35$ мм. По требованиям инструкции И 35210.37.101.0005-2014 максимальная амплитуда угла отклонения $\alpha_{\max} = 40$ мм. По требованиям ТУ 4541-00825482187-2019 максимальная амплитуда угла отклонения $\alpha_{\max} = 50$ мм.

Угол рассеивания отражённого луча лазера (α) на правом наружном зеркале, составил $\alpha = 77$ мм на 23 Гц. При максимальной амплитуде угла отклонения $\alpha_{\max} = \pm 35$ мм. По требованиям инструкции И 35210.37.101.0005-2014 максимальная амплитуда угла отклонения $\alpha_{\max} = 40$ мм. По требованиям ТУ 4541-00825482187-2019 максимальная амплитуда угла отклонения $\alpha_{\max} = 50$ мм.

Вибропрочность опытных наружных зеркал, – неудовлетворительная.
Образование пластиковой пыли на поверхности наружных зеркал от взаимодействия между деталями при вибрации рисунок 12 и 13.



Рисунок 12 – Пластиковая пыль на поверхности зеркала



Рисунок 13 – Пластиковая пыль на поверхности зеркала

Люфт и скрип облицовки наружных зеркал. Возможной причиной данного замечания является неудовлетворительное раскрытие фиксирующих лапок облицовки наружных зеркал рисунок 14.

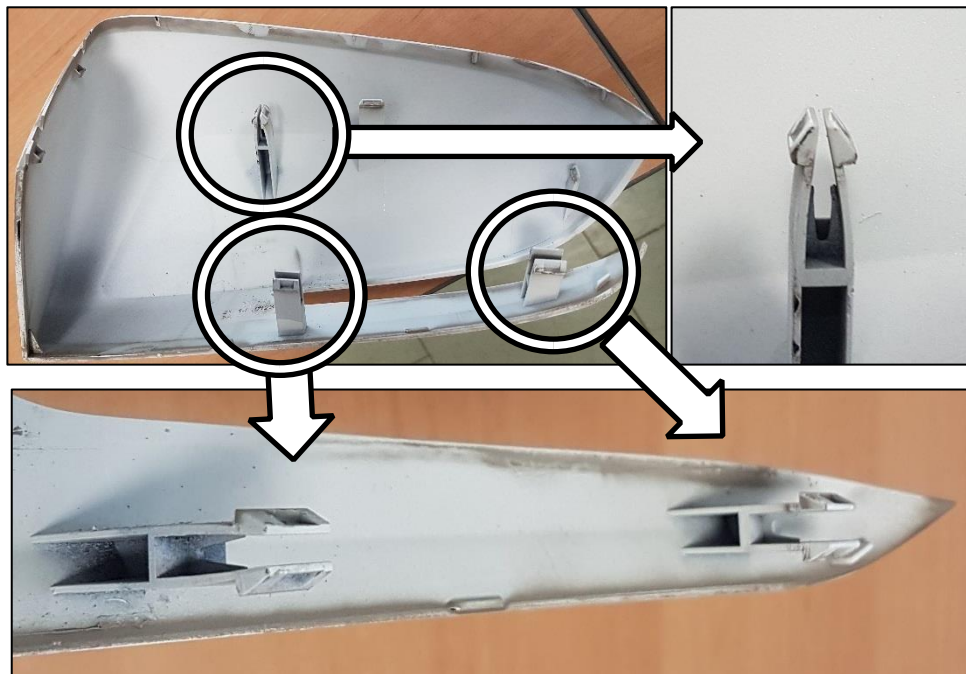


Рисунок 14 – Раскрытие лапок облицовки

После снятия зеркал с технологической оснастки отмечается неудовлетворительное крепление прокладки наружного зеркала с кронштейном наружного зеркала рисунок 15. Возможной причиной данного замечания является деформация прокладки наружного зеркала после испытаний термостойкости.

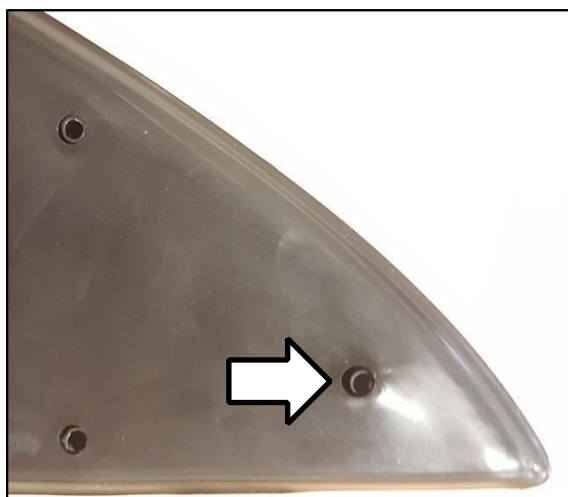


Рисунок 15 – Крепление прокладки кронштейна зеркала

Разрушение верхней крепёжной бобышки моторедуктора правого наружного зеркала рисунок 16.

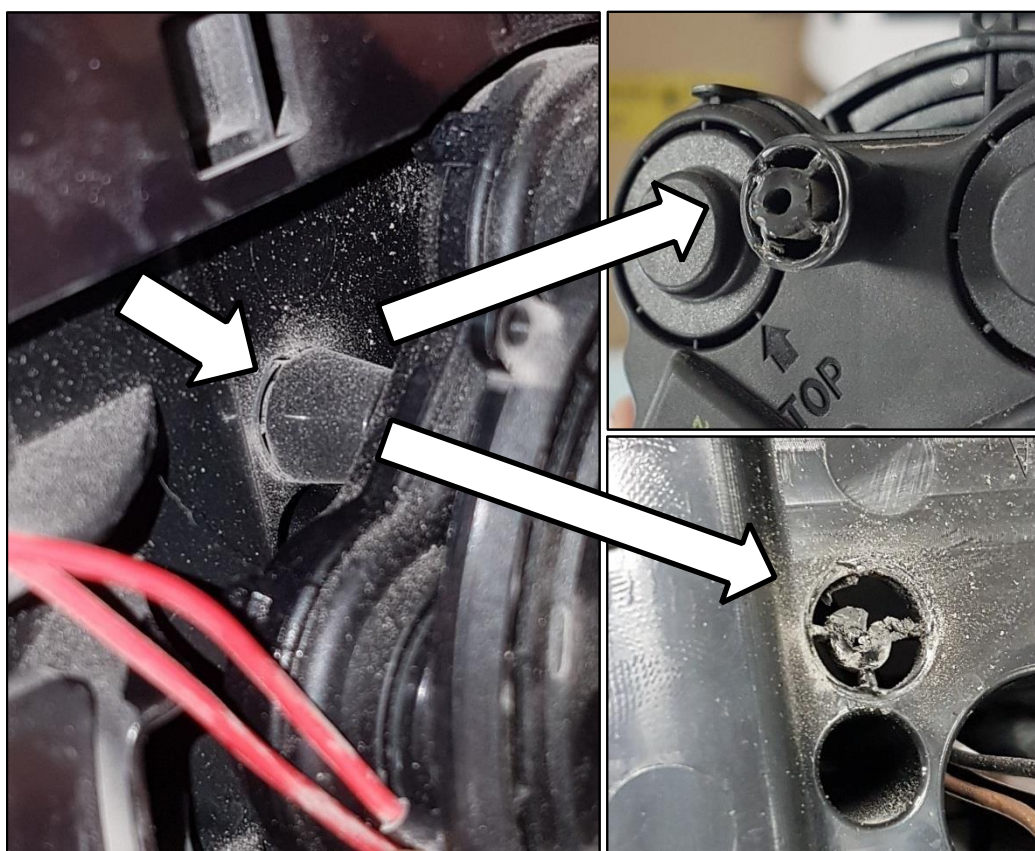


Рисунок 16 – Разрушение крепёжной бобышки моторедуктора

Люфт и стук рамки корпуса наружного зеркала. Произошло снижение моментов затяжки крепёжных элементов рамки корпуса наружного зеркала рисунок 17.

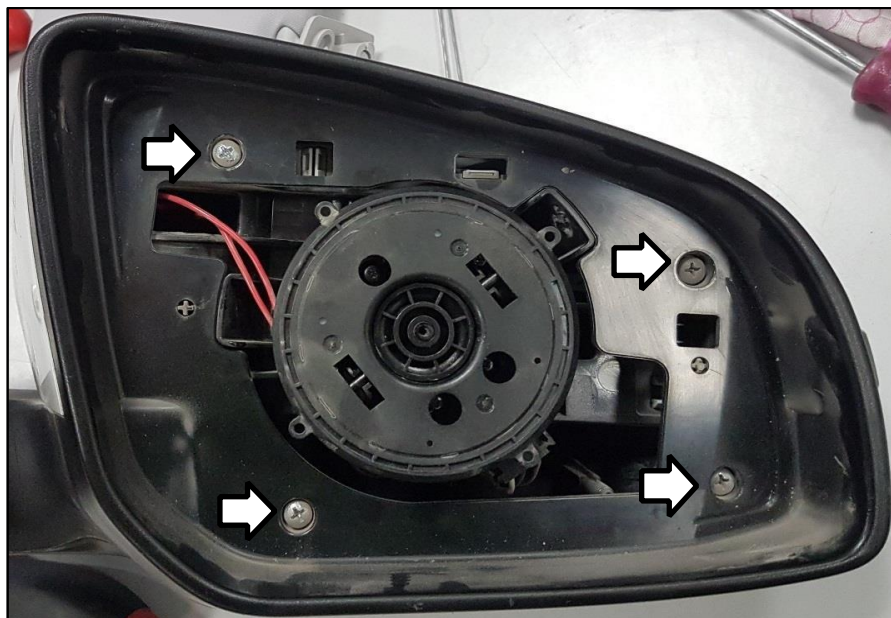


Рисунок 17 – Винты крепления рамки корпуса

На рамке зеркального элемента отсутствуют штыри (4 шт.) для фиксации в соответствующих отверстиях на моторредукторе (посадочное место).

Отмечается недостаточно надёжная фиксация зеркального элемента на моторредукторе.

Люфт и стук БУП. Возможной причиной данного замечания является деформация крепёжных элементов БУПа после испытаний термостойкости и износ после проведения испытаний вибропрочности.

Люфт нижней вставки корпуса наружного зеркала рисунок 18.



Рисунок 18 – Нижняя вставка кронштейна зеркала

Износ на поверхности моторедуктора от контакта с зеркальным элементом наружного зеркала рисунок 19.

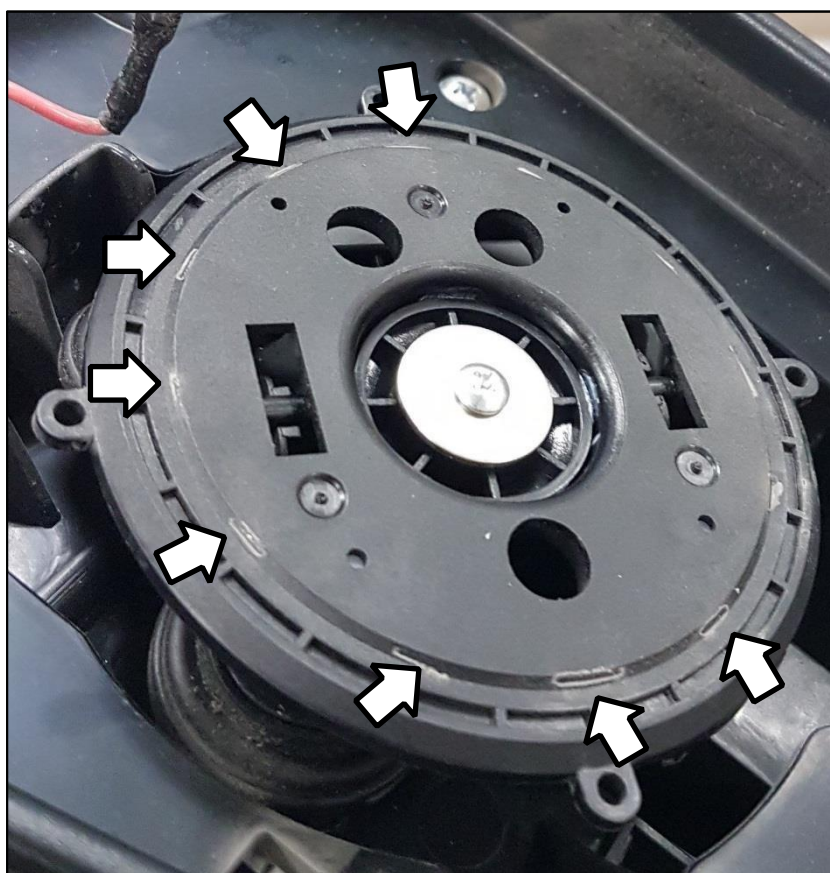


Рисунок 19 – Моторредуктор зеркального элемента

6 Исключение влияния оснастки на виброустойчивость наружного зеркала

В данном опыте подтверждается что оснастка, изготовленная из фрагмента двери автомобиля, не выдает резонансных частот в диапазоне от 10 Гц до 40 Гц при ускорении 1g, но для частоты эксперимента замеры были проведены до 100 Гц.

Для проведения опыта была взята оснастка для испытания виброустойчивости зеркал, в оснастку добавлено сквозное отверстие для фиксации внутренней панели оснастки сквозной шпилькой рисунок 20.

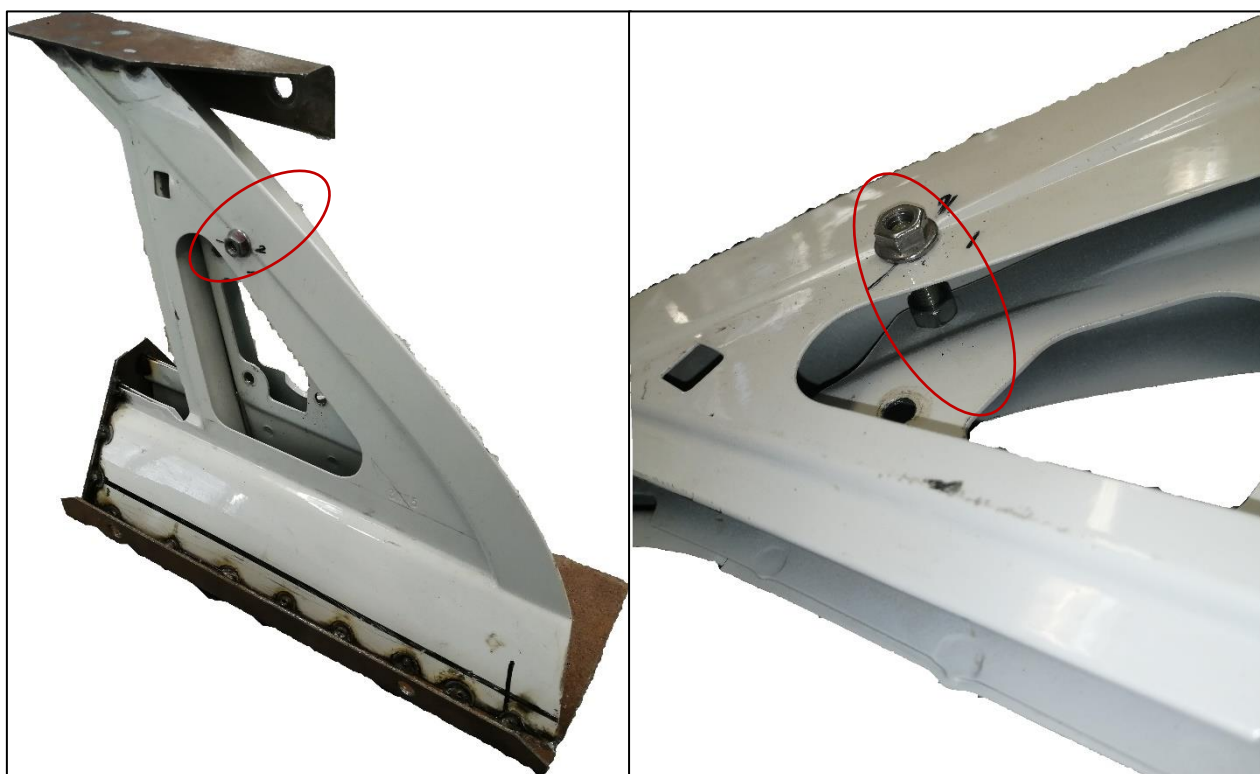


Рисунок 20 – Оснастка

Макет зеркала рисунок 21. Для более точной оценки оснастки для виброиспытаний наружных зеркал, был изготовлен жесткий макет зеркала.

Макет зеркала состоит из:

- каркаса зеркала, изготовленного из металла;
- доработанного серийного кронштейна наружного правого зеркала;
- балласта, выравнивающего вес макета зеркала с весом серийного наружного зеркала.

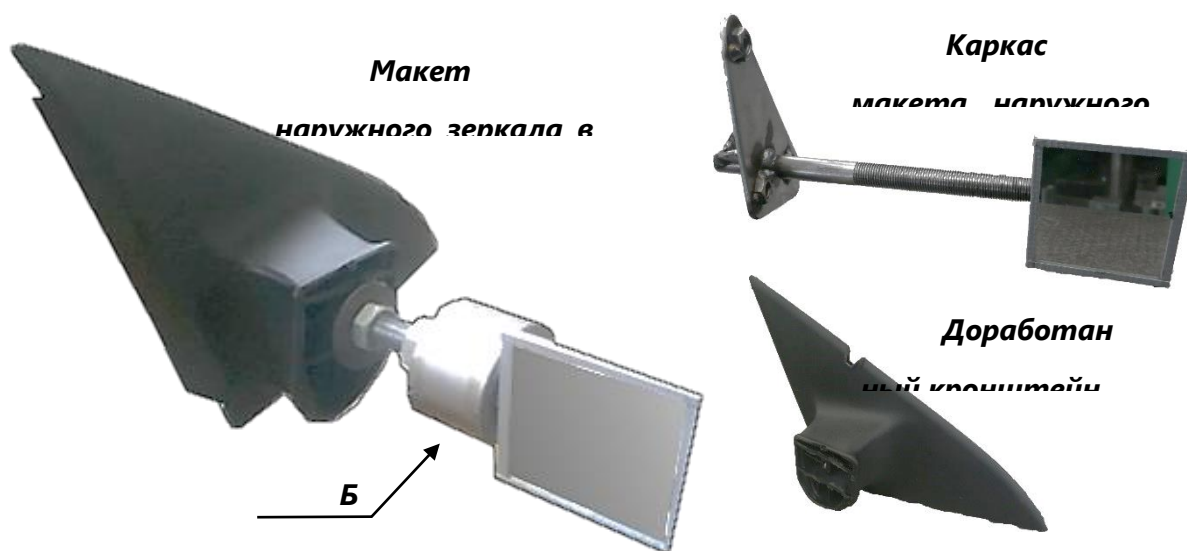


Рисунок 21 – Макет зеркала

Оценка оснастки наружных зеркал проводилась по методике И 35210.37.101.0005-2014 «Испытания наружных зеркал автомобиля»

Была проведена оценка виброустойчивости шести вариантов состояния оснастки и макета наружного зеркала:

1 Вариант. Оснастка без фиксации внутренней панели и каркас макета наружного зеркала рисунок 22;

2 Вариант. Оснастка без фиксации внутренней панели, каркас макета наружного зеркала и кронштейн зеркала рисунок 23;



Рисунок 22



Рисунок 23

3 Вариант. Оснастка без фиксации внутренней панели, макет наружного зеркала в сборе с балластом. Балласт смещен вплотную к кронштейну рисунок 24;

4 Вариант. Оснастка без фиксации внутренней панели, макет наружного зеркала в сборе с балластом. Балласт смещен вплотную к зеркалу рисунок 25;

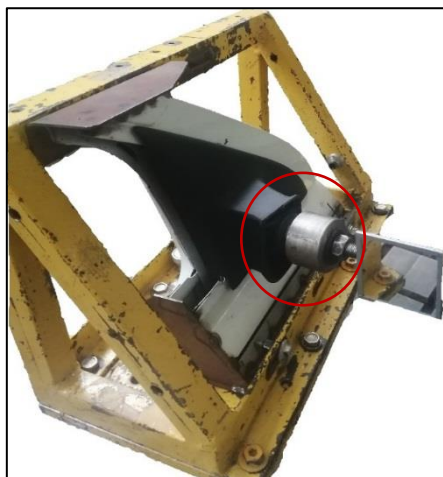


Рисунок 24

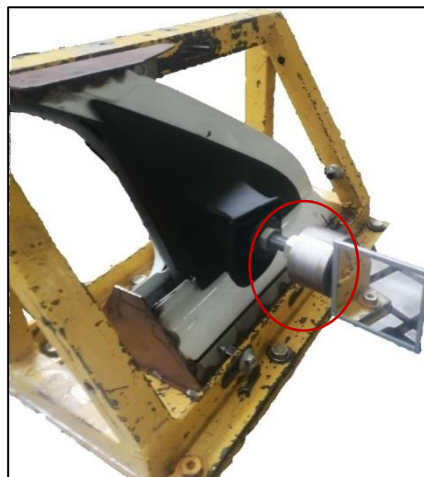


Рисунок 25

5 Вариант. Оснастка с фиксацией внутренней панели и каркас макета наружного зеркала рисунок 26;

6 Вариант. Оснастка с фиксацией внутренней панели, каркас макета наружного зеркала и кронштейн зеркала рисунок 27;

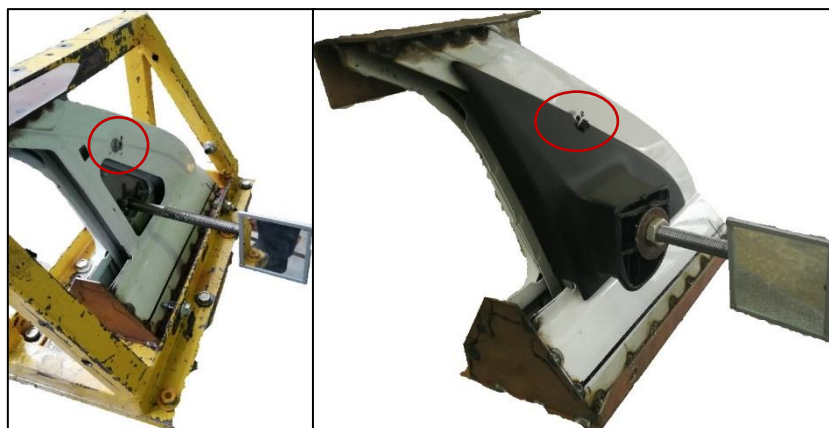
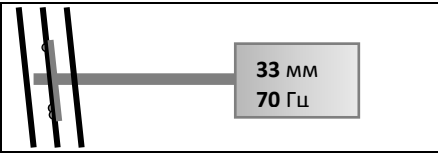
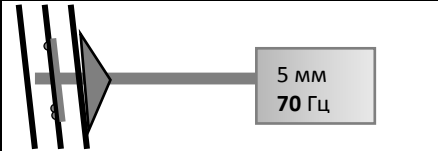
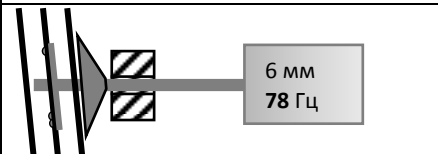
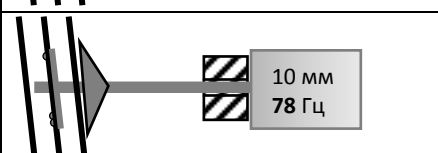
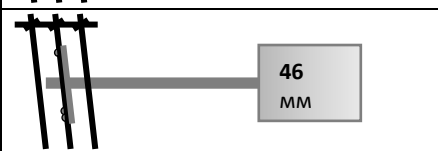
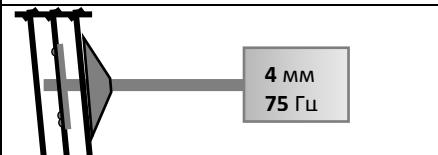
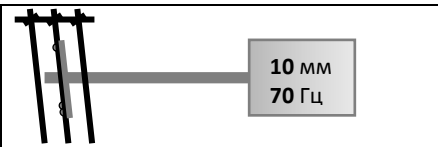


Рисунок 26

Рисунок 27

Результаты испытаний представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Испытания оснастки

Схема комплектации оснастки	Размер пятна мм	Резонансная частота Гц
вариант 1 	33	70
вариант 2 	5	70
вариант 3 	6	78
вариант 4 	10	78
вариант 5 	46	75
вариант 6 	4	75
Проверка пятого варианта на частоте 70 Гц		
вариант 5 	10	70

Из проведённых испытаний получаем что:

- собственная частота оснастки для испытания наружных зеркал на виброустойчивость с закрепленным на нем жёстким макетом наружного зеркала не меньше 70 Гц.
- собственная частота оснастки для испытания наружных зеркал на виброустойчивость с закрепленным на нем жёстким макетом наружного зеркала и зафиксированными внутренними панелями оснастки не меньше 75Гц.
- оснастка для испытания наружных зеркал на виброустойчивость во всех вариантах комплектации, не влияет на виброустойчивость наружных зеркал - так как проверяемый диапазон частот (от 10 до 40 Гц) по методике И 35210.37.101.0005-2014, ниже собственной частоты оснастки (> 70Гц).

В связи с полученными результатами мы выявляем зеркало как слабый элемент подверженный резонансу в не допустимых для нас частотах. Далее будут приведены варианты доработки самого зеркала.

7 Обнаружение дефектов бокового зеркала

7.1 Теоретическое обнаружение дефекта зеркала

При поиске источника дефекта было оценено влияние различных конструктивных элементов зеркала на виброустойчивость.

Последовательно проверялись все подвижные и не подвижные соединения деталей наружного зеркала.

Поворотный узел зеркала заднего вида, содержащий стойку и кронштейн, стойка имеет две горизонтальные полки, между которыми размещен кронштейн с возможностью поворота относительно вертикально расположенной оси, установленной в отверстия полок стойки, кронштейна и ползунов, ползуны установлены в отверстие кронштейна с возможностью перемещения вдоль оси и зафиксированы в кронштейне от вращения относительно него, причем один из ползунов прижат боковыми поверхностями своих радиально расположенных вокруг оси торцевых выступов к сопряженным с ними боковым поверхностям выступов.

В результате были определены два основных источника дефекта – это шарнир травмобезопасности зеркала (более редкий случай) рисунок 28 и шарнир зеркального элемента (основной источник дефекта) рисунок 29.

Шарнир травмобезопасности зеркала необходим так как по законодательству РФ в пункте: 3.7. Требования к травмобезопасности наружных выступов транспортных средств категории М1 и N прописано что в зоне наружной поверхности кузова, расположенной между линией пола и высотой 2м от дорожной поверхности не должно быть элементов конструкции, которые могли бы захватить (зацепить) или увеличивали бы риск или степень тяжести травмирования любого лица, которое может соприкоснуться с транспортным средством [5].

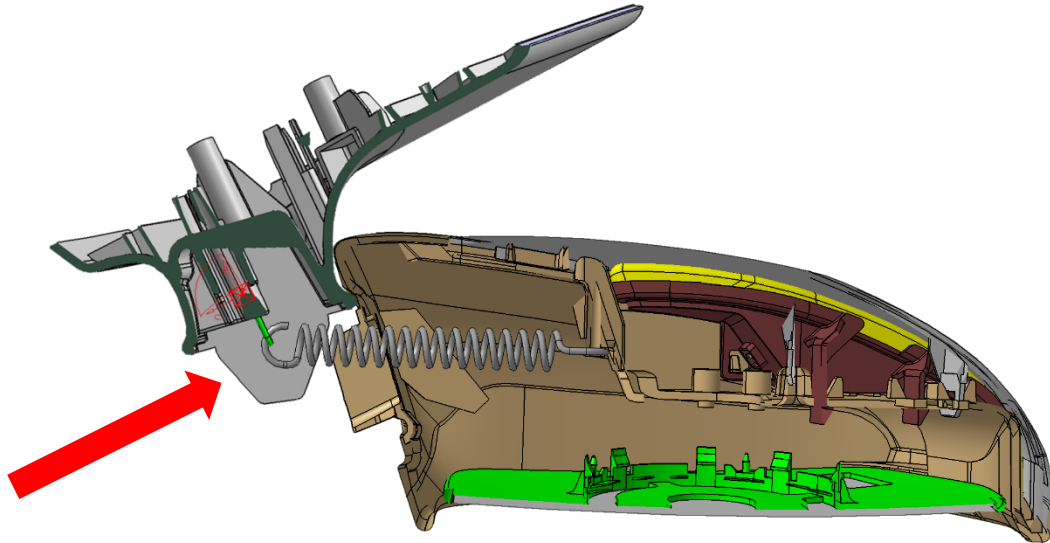


Рисунок 28 – Математическая модель зеркала

Шарнир зеркального элемента необходим так как по законодательству РФ в пункте: 16.4. Регулировка зеркал

16.4.2 Внешнее зеркало заднего вида, находящегося со стороны водителя, должно регулироваться изнутри транспортного средства при закрытой двери, причем окно может быть открыто. Однако фиксация положения зеркала может осуществляться снаружи [5].

16.4.3 Требования 16.4.2 не распространяются на внешние зеркала заднего вида, которые будучи сбитыми в результате толчка, могут быть возвращены в первоначальное положение без регулировки [5].



Рисунок 29 – Моторедуктор зеркального элемента

7.2 Практическое обнаружение дефекта зеркала

Для практического поиска дефекта было взято левое зеркало автомобиля рисунок 30 и доработано для проведения опытов:

– изменен способ крепления пружины зеркала в кронштейне зеркала, позволяющий изменять натяжение пружины без разборки зеркала. Натяжение пружины осуществлялось - от 10 мм (серийная установка, усилие -120 Н «слабое») до 23 мм (усилие 257 Н «сильное»)

– облицовка корпуса заменена аналогичной по весу массой (три куска пластилина по 0,031 кг каждый).

– подготовлен облегченный зеркальный элемент, массой 0,149 кг рисунок 31.

– в ходе испытаний с серийного зеркального элемента была срезана лапка зеркального элемента рисунок 32. На облегченном зеркальном элементе лапка отсутствует



Рисунок 30 – Боковое зеркало с доп. Весом



Рисунок 31 – Облегчённый зеркальный элемент

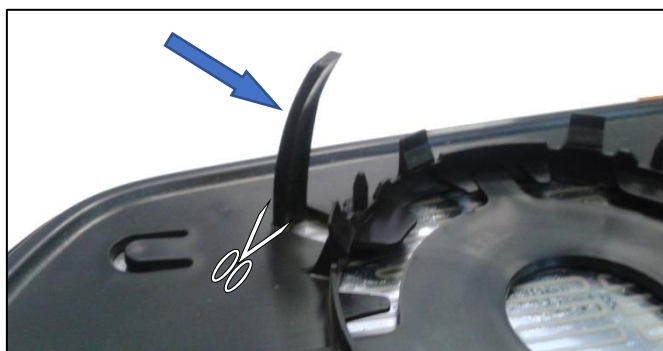


Рисунок 32 – Демпфирующая лапка зеркального элемента

Результаты измерений представлены в таблицах 7 и 8.

В ходе анализа полученных результатов было выявлено следующее:

1. Влияние натяжения пружины.

– усиление пружины увеличило передачу энергии вибрации дальше на корпус и моторредуктор с зеркалом – в итоге отмечается ухудшение виброустойчивости.

2. Влияние массы корпуса наружного зеркала на виброустойчивость – не выявлено.

3. Влияние массы зеркального элемента наружного зеркала на виброустойчивость – не выявлено.

4. Влияние лапки зеркального элемента.

– при сильной пружине влияние лапки не выявлено, возможно усилия лапки не хватает справиться с возросшей вибронгрузкой, поэтому при сильной пружине лапка не работает.

– при более слабом натяжении пружины уменьшается вибронгружение зеркального элемента и соответственно лапка зеркального элемента начинает работать.

5. Влияние жесткости закрепления зеркального элемента в корпусе наружного зеркала.

– жесткое закрепление зеркального элемента в корпусе дает лучшую виброустойчивость, независимо от силы натяжения пружины.

Анализируя предыдущие пункт можно сказать, что большое влияние на виброустойчивость зеркала оказывает общая жесткость и сбалансированность всех соединений конструкции наружного зеркала (зона крепления зеркала в двери ⇔ кронштейн зеркала ⇔ корпус зеркала ⇔ моторредуктор с зеркальным элементом). Для данного зеркала несбалансированной частью является соединение «корпус зеркала ⇔ моторредуктор с зеркальным элементом» в котором лапка зеркального элемента не справляется со своей задачей.

Таблица 7 – Результаты оценки виброустойчивости

Результаты оценки виброустойчивости разных вариантов конструкции опытного наружного зеркала											
номер по порядку	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
натяжение пружины мм.	слабое	среднее	сильное	сильное	слабое	слабое	слабое	слабое	сильное	сильное	слабое
масса облицовки корпуса	0,0945кг	0,0945кг	0,0945кг	0,0945кг	0,0945кг	0,0945кг	0,0635кг	0,0635кг	0,0635кг	0,0635кг	0,0945кг
фиксация зеркального элемента	на мото-ре	на мото-ре	на мото-ре	на мото-ре	на мото-ре	на мото-ре	на мото-ре	в корпусе	в корпусе	на мото-ре	на мото-ре
масса зеркального элемента	0,1665 кг	0,1665 кг	0,1665 кг	0,1665 кг	0,1665 кг	0,1495 кг	0,1495 кг	0,1495 кг	0,1495 кг	0,1495 кг	0,1495 кг
лапка зеркального элемента	с лапкой	с лапкой	с лапкой	без лапки	без лапки	без лапки	без лапки	без лапки	без лапки	без лапки	без лапки
размер пятна	40	63	68	68	54	56	54	33	35	66	58
Частота	30	31	33	32	33	33	35,5	31	34,5	35	34

Влияние отдельных компонентов конструкции наружного зеркала на виброустойчивость													
Состояние опытного наружного зеркала	Влияние пружины										Влияние массы накладки		
	1	3	5	4	7	10	8	9	6	7			
Натяжение пружины мм.	слабое	сильное	слабое	сильное	слабое	сильное	слабое	сильное	слабое	сильное	слабое	сильное	слабое
Масса накладки	0,0945кг		0,0945кг		0,0635кг		0,0635кг		0,0635кг		0,0945кг		0,0635кг
Фиксация зеркального элемента	на мото-ре		на мото-ре		на мото-ре		на мото-ре		на мото-ре		на мото-ре		на мото-ре
Масса зеркального элемента	0,1665 кг		0,1665 кг		0,1495 кг		0,1495 кг		0,1495 кг		0,1495 кг		0,1495 кг
Лапка зеркального элемента	с лапкой		без лапки		без лапки		без лапки		без лапки		без лапки		без лапки
Размер пятна мм	40	68	54	68	54	66	33	35	56	54	56		54
Изменение	-70,0		-25,9		-22,2		-6,1		3,6				3,6
	Влияние лапки зеркального элемента										Влияние массы зеркального элемента		
Натяжение пружины мм.	сильное		слабое		сильное		слабое		сильное		слабое		слабое
Масса накладки	0,0945кг		0,0635кг		0,0635кг		0,0635кг		0,0635кг		0,0945кг		0,0945кг
Фиксация зеркального элемента	на мото-ре		на мото-ре		на мото-ре		на мото-ре		на мото-ре		на мото-ре		на мото-ре
Масса зеркального элемента	0,1665 кг		0,1665 кг		0,1495 кг		0,1495 кг		0,1495 кг		0,1495 кг		0,1495 кг
Лапка зеркального элемента	с лапкой		без лапки		без лапки		без лапки		без лапки		без лапки		без лапки
Размер пятна мм	68	68	54	40	66	35	54	33	54	33	54		56
Изменение	0,0		25,9		47,0		38,9		-3,7				-3,7

Таблица 8 – Влияние отдельных компонентов конструкции

7.2.1 Опыты с рамкой зеркального элемента

Для проведения опыта были заказаны рамки зеркальных элементов из разных видов пластика:

- рамки из материала «Армлен ППСК 15-3» (серийно применяемый материал), правые и левые кол-во 5/5;
- рамки из материала «Комполен ПП-ТН-20», правые и левые кол-во 5/5;
- рамки из материала «Комполен ПП-ТН-30», правые и левые кол-во 5/5;
- рамки из материала «ABS 2020-31», правые и левые кол-во 5/5;
- рамка из материала «Комполен ПП-ТН-20», правая с доработкой лапки, добавлена пуклёвка рисунок 33;
- рамка из материала «ABS 2020-31», правая с доработкой лапки, добавлена пуклёвка рисунок 33;
- рамка из материала «Армлен ППСК 15-3», правая с доработкой лапки, добавлена пуклёвка рисунок 33.

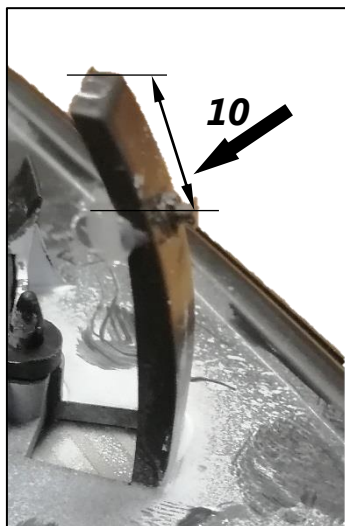


Рисунок 33 – Доработанная демпфирующая лапка

Рамки зеркальных элементов поочередно устанавливались в корпус одного и того же правого или левого наружного зеркала.

Оценка виброустойчивости наружных зеркал проводилась без предварительных термоиспытаний.

Усредненные результаты испытаний представлены в таблице 9. Полный протокол испытаний представлен в таблице 11.

Таблица 9 – Усреднённый результаты опытов

Материал рамки	Комполен ПП-ТН-20	Комполен ПП-ТН-30	ABS 2020-31	Армлен ППСК 15-3
	опытный	опытный	опытный	серийный
Средний размер пятна	52,1 мм	54,3 мм	57,8 мм	79,6 мм

Результаты испытаний рамок с добавленной пуклёвкой на лапке представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты с доработанной демпфирующей лапкой

Материал рамки	Комполен ПП-ТН-20	ABS 2020-31	Армлен ППСК 15-3
Размер пятна	39 мм	29 мм	53 мм
Резонансная частота	36 Гц	32 Гц	35 Гц

Из проведённых испытаний получаем что:

- опытные рамки зеркальных элементов показали более лучший результат по виброустойчивости в отличии от серийных рамок таблицы 9;
- следует отметить, что все опытные рамки имеют замечания по монтажу/демонтажу на моторедуктор наружного зеркала.
- рамки зеркальных элементов из материала «Комполен» и «ABS» монтируется с повышенным усилием на моторедуктор зеркала. Нет гарантии, что при монтаже не сломаются зацепы рамки зеркального элемента;
- рамки зеркальных элементов из материала «Комполен ПП-ТН-20» и «ABS» демонтируются с повышенным усилием, имеет место частичное разрушение зацепов;

– рамки зеркальных элементов из материала «Комполен ПП-ТН-30»

Зеркальные элементы		Размеры пятна лазера		Резонансная частота Гц
Материал рамки	№ п/п	Размер пятна мм	Средний размер пятна по материалам (мм)	
Армлен ППСК 15-3 Серийные	1,1	68	79,6	32
	2,1	72		32
	3,1	100		31
	4,1	96		31
	5,1	94		32
	1,2	71		35
	2,2	58		36
	3,2	50		36
	3,2	98		35
	4,2	76		36
	5,2	93		35
Комполен ПП-ТН-	6,1	50	52,1	30
	7,1	45		27
	8,1	57		31

невозможно демонтировать без разрушения.

Наличие пуклёвки на лапке рамки увеличивает усилие от лапки, обеспечивая корректное функционирование на корпусе зеркала (не изменяется плечо точки прижатия к корпусу) и улучшая виброустойчивость наружного зеркала.

	9,1	44		31
	10,1	51		28
	6,2	49		30
	7,2	49		36
	8,2	73		36
	9,2	53		36
	10,2	50		36
Комплекс ПП-ТН-30	11,1	56	54,3	29
	12,1	52		29
	13,1	43		28
	14,1	60		32
	15,1	45		27
	11,2	50		36
	12,2	60		36
	13,2	57		35
	14,2	58		36
	15,2	62		36
АВС 2020-31	16,1	49	57,8	34
	17,1	75		34
	18,1	66		37
	19,1	57		33
	20,1	53		34
	16,2	52		38
	17,2	60		37
	18,2	36		36
	19,2	63		38
	20,2	37		36
	20,2	88		37

Таблица 11 –
Результаты опытов
с рамками

7.2.2 Опыты с добавление второй лапки

Опытное зеркало наружное левое в сборе. рисунок 34, с доработанным корпусом под вторую лапку рамки.



Рисунок 34 – Добавление 2 опоры под демпфирующую лапку

На серийной рамке зеркала была доработана лапка рисунок 35.



Рисунок 35 – Доработанная демпфирующая лапка зеркального элемента

В корпус зеркала была добавлена дополнительная опора под лапку рисунок 36.



Рисунок 36 – Добавленная 2 опора под демпфирующую лапку

На серийную рамку была добавлена вторая лапка для дополнительного демпфирования рисунок 37.



Рисунок 37 – Вклеенная 2 лапка зеркального элемента

Была проведена оценка виброустойчивости зеркала с одной доработанной лапкой и с рамкой с двумя лапками

На рамку с двумя лапками были добавлены пуклёвки рисунок 38.

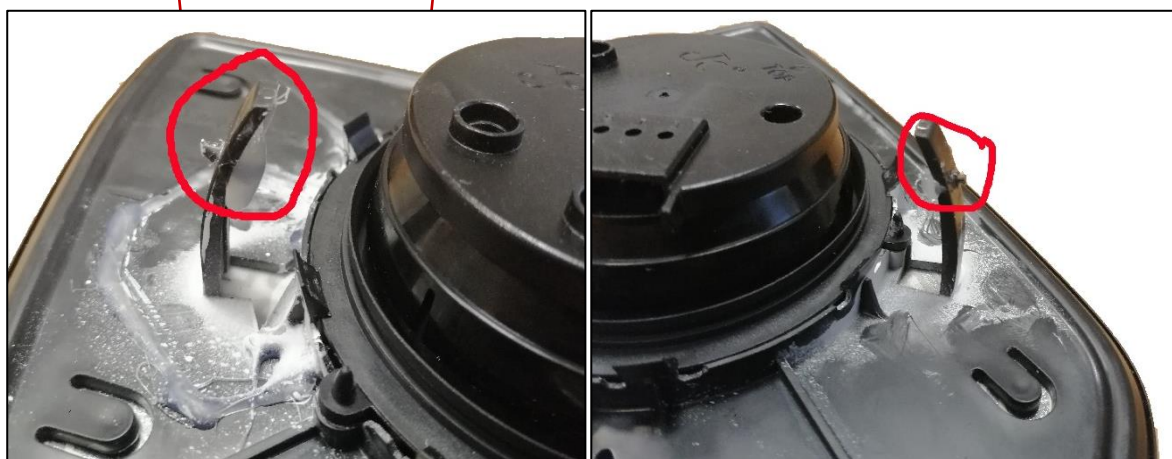


Рисунок 38 – Рамка с добавленной пуклёвкой

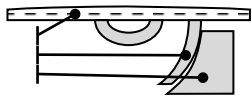
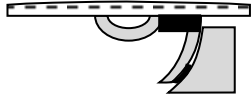


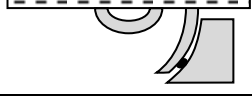
Была проведена оценка виброустойчивости зеркала с доработанными двумя лапками.

Была убрана дополнительная опора второй лапки для оценки виброустойчивости одной лапки с пуклёвкой.

Оценка виброустойчивости наружных зеркал проводилась без предварительных термоиспытаний.

Результаты испытаний представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Опыты с доработкой рамки и корпуса зеркала

Состояние зеркального элемента и схемы изменений	Размер пятна мм	Частота резонанса Гц
серийный зеркальный элемент 	50	33,5
зеркальный элемент с доработанной лапкой 	55	34,0
зеркальный элемент с двумя лапками 	58	33,5
зеркальный элемент с двумя лапками и с пуклевками 	42	35,0
зеркальный элемент с одной лапкой с пуклевкой 	53	35,0

Анализ причин, влияющих на виброустойчивость наружных зеркал автомобиля, показывает, что лапка на рамки зеркального элемента работает некорректно по прилеганию к корпусу зеркала, не демпфирует колебания, приходящие на зеркальный элемент.

Наличие пуклёвки на лапке рамки зеркального элемента обеспечивает контакт лапки и её работоспособность по уменьшению вибрации.

Наличие второй лапки (с пуклёвкой) улучшает виброустойчивость наружного зеркала.

Заключение

В ходе выполнения магистерской диссертации была выявлена проблема вибраций боковых зеркал автомобиля, проведена оценка виброустойчивости и вибропрочности боковых зеркал, а также были отработаны варианты решения проблемы с вибрациями.

В данной работе разъясняются взаимосвязи между причинами и следствиями вибрации зеркала бокового вида с помощью экспериментального метода и вычислительной гидродинамики. Собственные частоты и вибрации зеркала измерялись на гидроцилиндре при одинаковых условиях.

Собственные частоты зеркала были измерены с помощью того-же гидроцилиндра. При измерении вибрации датчик вибрации, установленный на площадке цилиндра, измерял ускорения в направлении X в диапазоне от 0 до 40 Гц с шагом каждые 1Гц. В результате было обнаружено, что частоты вибрации зеркала полностью совпадают с его первичными собственными частотами.

В ходе магистерской диссертации были проведены опыты с выявлением проблем и приведены варианты об усовершенствовании зеркал для смещения резонансной частоты в зону за 40Гц и уменьшении пятна размытия при частотах до 40Гц.

По результатам проведённых работ выявлено, что опыты с добавленной второй лапкой положительно влияют на резонансную частоту зеркал, и укладываются в требования инструкции И 35210.37.101.0005-2014.

Данные опыты были предоставлены в отдел для внесения изменений в конструкцию зеркал. Сейчас проводятся расчёты затрат на изменения пресс формы для дальнейшего изготовления уже усовершенствованных зеркал.

Список используемых источников

1. Блехман И.И. Что может вибрация? О “Вибрационной механики” и вибрационной технике – И.И. Блехман; монография; научно-производственная корпорация “Механобр-техника” – Санкт-Петербург, 2017. – 216с.
2. Васильев А.В. Расчет и снижение внутреннего шума и вибрации автомобилей: научная статья / А.В. Васильев Тольяттинский государственный университет Механика и машиностроение, Тольятти, 2004. – 10с.
3. Вейвлет-анализ топографических и поляризационно-оптических изображений дефектов структуры монокристаллов : монография / В.А. Ткаль [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород : Новгородский гос. ун-т, 2006. – 397с.
4. Волков В.Г. Техническое зрение. Инновации / В.Г. Волков, П.Д. Гиндин. – Москва : Техносфера, 2014. – 836 с.
5. ГОСТ 17716-2014. Зеркала. Общие технические требования. – Введ. 2015–01–01. – М. : Стандартиформ, 2015. – 11 с.
6. ГОСТ 32361-2013. Стекло и изделия из него. Пороки. Термины и определения. – Введ. 2015–01–01. – М. : Стандартиформ, 2018. – 11 с.
7. ГОСТ 32529-2013. Стекло и изделия из него. Правила приемки. – Введ. 2015–01–01. – М. : Стандартиформ, 2014. – 8 с.
8. Гонсалес Р.С. Цифровая обработка изображений / Р.С. Гонсалес, Р.Е. Вудс ; пер. с англ. Л И. Рубанова, П.А. Чочиа ; науч. ред. П.А. Чочиа. – Третье изд., испр. и доп. – Москва : Техносфера, 2019. – 1103 с.
9. Грузман И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учеб. Пособие / И.С.Грузман, В.С.Киричук, В.П. Косых и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.

10. Гуляев В.А. Логинов, Н.Ю. Система определения дефектов автомобильных зеркал заднего вида / В.А. Гуляев, Н.Ю. Логинов // THEORETICAL & APPLIED SCIENCE – 2017 – №5 – С. 28–31.

11. Журавлев Ю.И. "Распознавание". Математические методы. Программная система. Практические применения / Ю. И. Журавлев, В. В. 80 Рязанов, О. В. Сенько. – Москва : ФАЗИС, 2006 М. : Типография "Наука" РАН. – 176 с.

12. Зайцева А.Ю. Обнаружение дымовых облаков на изображениях лесных массивов в системах противопожарного видеомониторинга : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.17 / Зайцева Анна Юрьевна. – Новосибирск, 2019. – 132 с.

13. Иванов Н.И. Основы виброакустики: учебное пособие / Н.И. Иванов, А.С. Никифоров. Балтийский государственный технический университет Военмех им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург; Политехника, 2000. – 482с.

14. Кирьянов К.А. Устойчивые методы восстановления изображений во встроенных системах для повышения точности измерений механических величин на объектах : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.11.01 / Кирьянов Константин Александрович. – Санкт-Петербург, 2013. – 23 с.

15. Клименков С.С. Нормирование точности и технические измерения в машиностроении: учебник / С. С. Клименков. – Минск : Новое знание, 2017 ; Москва : ИНФРА-М, 2017. – 248 с.

16. Лагунов Н.А. Нейросетевое моделирование распознавания многопараметрических объектов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.18 / Лагунов Никита Алексеевич. – Ставрополь, 2016. – 207 с.

17. Лебедько Е.Г. Теоретические основы передачи информации : [учеб. пособие] / Е.Г. Лебедько. – Гриф УМО. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2016. – 349 с.

18. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания динамика и конструирование: учебник для вузов / И.В. Алексеев, М.Г. Шатров и др. Высшая школа, 2005. – 400с.
19. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания теория рабочих процессов: учебник для вузов / И.В. Алексеев, М.Г. Шатров и др. Высшая школа, 2005. – 480с.
20. Луканин В.Н. Снижение шума автомобиля: учебник для вузов / В.Н. Гудцов, Н.Ф. Бочаров. Машиностроение, 1981. – 158с.
21. Методы компьютерной обработки изображений : учеб. пособие для вузов / М. В. Гашников [и др.] ; под ред. В. А. Сойфера. – 2-е изд., испр. ; Гриф МО. – Москва : Физматлит, 2003. – 780 с.
22. Можаров Г.А. Основы геометрической оптики : учеб. пособие / Г.А. Можаров. – Гриф УМО. – Москва : Логос, 2006. – 280 с.
23. Нгуен Т.Х. Математические методы моделирования и классификации объектов на основе технического зрения и машинного обучения : диссертация ... кандидата технических наук : защищена 05.13.18 / Нгуен Тху Хыонг. – Иркутск, 2019. – 133 с. 81
24. Неразрушающий контроль и диагностика : справочник / В.В. Клюев [и др.] ; под ред. В. В. Клюева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 2005. – 656 с.
25. Орлов О.В. Математическое обеспечение и алгоритмы обработки геофизической информации в частично когерентных оптико-электронных вычислительных системах : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.13.11. – Томск, 1999. – 22 с.
26. Пат. 200659 МПК В60R 1/06 Поворотный узел зеркала заднего вида / Абрамов А.В., Аразов М.Х., Ананин В.Н.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Центр технологических разработок "ТИМЕР". – № 2020125728; заявл. 27.07.2020; опубл. 03.11.2020 Бюл. № 31. – 16 с.

27. Пат. 73289 МПК В60R 1/06 Наружное зеркало заднего вида легкового автомобиля / Беляев Ю.И., Болотов М.В., Ильин А.Г., Терехов Н.Н.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество "МАЙММА Групп". – № 2008106495/22; заявл. 22.02.2008; опубл. 20.05.2008 Бюл. № 13. – 32 с.
28. Пат. 2702992 МПК В60R 1/00 Система замещения зеркал и система помощи водителю / Ланг В., Энц А., Редлингсхёфер А.; заявитель и патентообладатель Мекра Ланг Гмбх Унд Ко. Кг. – № 2018114505; заявл. 19.04.2018; опубл. 15.10.2019 Бюл. ;№ 29. – 40с.
29. Пат. 193499 МПК В60R 1/06 Боковое зеркало заднего вида транспортного средства / Чванов А.В; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ПРИЗМА». – № 2019126386; заявл. 21.08.2019; опубл. 30.10.2019 Бюл. ;№ 31. – 10с.
30. Пат. 2628040 МПК В60R 1/06 Основание наружного зеркала заднего вида транспортного средства / Nissen B., Tissen A., Majer M., Olbrikht K.; заявитель и патентообладатель Ford Global Tekhnolodzhis LLK (US). – № 2012139310; заявл. 14.09.2012; опубл. 14.08.2017 Бюл. № 23. – 14 с.
31. Скворцов А.А. Разработка методики виброакустической оценки дефектов ведущих мостов легковых автомобилей для бортовой системы диагностирования агрегатов трансмиссии: автореферат / А.А. Скворцов, Н.М. Филькин, Х.А. Фасхиев, В.С. Карабцев. ФГБОУ ВПО Нижегородский государственный университет им. Р.Е. Алексеева, Ижевск, 2015. – 22с.
32. Gowdham P., A Wearable Virtual Touch System for Cars / P. Gowdham, R. Priyam, B. Pradipta. // Pal Multimedia Tools and Applications – 2018. – Vol. 48, № 6. P. 3623-3671.
33. Nelson P.A. Active Control of Sound / S.J. Elliot. Academic press. London. 1992. – 436с.
34. Ogawa, S. , Kawate, T. , Takeda, J. and Omori, I. (2016) Side-View Mirror Vibrations Induced Aerodynamically by Separating Vortices. Open Journal of Fluid Dynamics, 6, 42-56. doi: 10.4236/ojfd.2016.61004.

35. R. D. Ripple Fixing Vexing Vibrations // Engine Service. 2018. №1
URL: <https://www.motor.com/magazine-summary/?issue-year=2018&issue-month=03> (дата обращения: 15.12.2020).

36. Simon H., End-to-End Learning of Driving Models with Surround-View Cameras and Route Planners / H. Simon, D. Dengxin, Luc Van Gool // Pal Multimedia Tools and Applications – 2018. – Vol. 92, № 3. P. 4115-4138.