

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование)

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Цифровые процессы и системы автоматизированного машиностроения

(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему «Разработка стенда испытания краш-функции рулевой колонки»

Обучающийся

Царев М.Д.

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный

канд. техн. наук, Логинов Н.Ю.

Руководитель

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

# Содержание

Введение.....	3
1. Анализ существующих требований безопасности к рулевым колонкам.....	5
1.1 Анализ требований правил Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций №12 (ЕЭК ООН №12).....	5
1.2 Анализ требований правил Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций №94 (ЕЭК ООН №94).....	19
1.3 Анализ требований правил Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций №137 (ЕЭК ООН №137).....	30
1.4 Анализ требований правил ARCAP.....	35
2. Разработка стенда испытания краш-функции рулевой колонки.....	54
2.1 Описание испытательного стенда.....	54
2.2 Методика испытания краш-функции рулевой колонки.....	66
2.2.1 Установка испытываемой рулевой колонки .....	66
2.2.2 Процедура проведения испытания .....	67
2.3 Приблизительный анализ экономической эффективности стенда.....	68
Заключение.....	71
Список используемых источников .....	72
Приложение А Сертификаты и справки.....	82

## **Введение**

В современном мире большое внимание уделяется росту и развитию автотранспортного комплекса, в особенности безопасности производимых и ввозимых транспортных средств. Согласно Распоряжению Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р «О транспортной стратегии Российской Федерации» транспортная система России является неотъемлемой составной частью производственной инфраструктуры, а ее развитие обеспечивает мощный стимул инновационного развития страны в целом. [4]

Система рулевого управления – это жизненно важный элемент любого автомобиля, от которого напрямую зависит безопасность всех участников движения. Рулевая колонка играет в этой системе одну из ключевых ролей. Она не только передает усилие от рулевого колеса к рулевому механизму, но и объединяет в себе множество других важных функций. На рулевой колонке можно найти такие важные элементы управления, как: подрулевые переключатели, указатели поворота, замок зажигания, управление круиз-контролем, аудиосистемой или мобильной связью, что делает рулевую колонку не просто механическим узлом, а важным элементом эргономики современного автомобиля. Таким образом, рулевая колонка обеспечивает не только управляемость автомобиля, но и комфорт, безопасность и даже противоугонные свойства. [7]

В связи с санкциями иностранные поставщики рулевых колонок ушли с российского рынка. На данный момент идет активная работа по импортозамещению.

Ввиду этого, возникла острая необходимость проверки рулевых колонок альтернативных поставщиков на соответствие требованиям безопасности, не на самом контрагенте, а силами крупных испытательных лабораторий Российской Федерации.

На основании этого, можно уверенно утверждать, что тема данной магистерской диссертации «Разработка стенда для испытаний краш-функции рулевой колонки автомобиля» чрезвычайно актуальна. Сформулируем цель магистерской диссертации следующим образом: разработка стенда для испытаний краш-функции рулевой колонки автомобилей LADA.

На основании этого, можно сделать вывод, что выбранная тема магистерской диссертации «Разработка стенда для испытания краш-функции рулевой колонки» чрезвычайно актуальна. На основании вышеизложенного можно сформулировать цель магистерской диссертации следующим образом: разработка стенда для испытаний краш-функции рулевой колонки автомобилей LADA.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующего ряда задач:

- изучение существующих требований безопасности к рулевым колонкам автомобилей,
- разработка алгоритма проверки безопасности рулевой колонки автомобиля,
- разработка стенда для испытания краш-функции рулевой колонки.

# **1 Анализ существующих требований безопасности к рулевым колонкам**

## **1.1 Анализ требований правил Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций №12 (ЕЭК ООН №12)**

Безопасная рулевая колонка в сборе для автомобилей, содержащая рулевой вал переменной длины в осевом направлении для соединения рулевого колеса с механизмом рулевой передачи. Часть рулевого вала, прилегающая к рулевому колесу, окружена направляющей и опорной трубой, в которой установлен подшипник, поддерживающий рулевой вал с возможностью поворота. [2]

Направляющая и опорная труба, в свою очередь, окружена гофрированной трубой, служащей амортизатором удара, в которой гофры трубы сжаты в блок для уменьшения ее осевой длины. Жесткость гофров гофрированной трубы изменяется по длине последней, и конец гофрированной трубы, расположенный на расстоянии от рулевого колеса, неподвижно прикреплен к направляющей и опорной трубе, тогда как другой конец, примыкающий к рулевому колесу, с возможностью разъема прикреплен с помощью кронштейна к части кузова автомобиля, так что при

ударе о рулевое колесо, например, когда во время аварии тело водителя ударяется о рулевое колесо, гофрированная трубка подвергается напряжению, в результате чего сжатая труба гофры различной жесткости постепенно удлиняются, чтобы обеспечить постепенно увеличивающуюся силу поглощения удара.

Направляющая и опорная труба, в свою очередь, окружена гофрированной ударопоглощающей трубкой, в которой жесткость гофров изменяется по длине последней и в которой гофрированная труба одним концом упирается в неподвижную точку кузова автомобиля.

Направляющая и опорная труба окружена между элементом с заданным пределом прочности и концом направляющей и опорной трубы, удаленным от рулевого колеса, гофрированной ударопоглощающей трубкой, которая своим концом, удаленным от рулевого колеса, упирается в кузов автомобиля. Конец этого ударопоглощающая трубка, прилегающая к рулевому колесу, расположена на небольшом расстоянии от элемента с заданным пределом прочности. Соединение направляющей и опорной трубок с ударопоглощающей трубкой не предусмотрено.

Ударопоглощающая трубка имеет гофры, которые имеют различную жесткость на разных ее осевых участках. Имеется множество групп гофр, обеспечивающих гофры расположены между концами ударопоглощающей трубки, и в каждой группе гофры имеют одинаковую радиальную протяженность. Чем больше радиальная протяженность, тем всегда, от одной группы к другой. Ударопоглощающая трубка монтируется в сборке в растянутом состоянии и, следовательно, подвергается сжимающей нагрузке во время удара. [3]

При ударе водителя о рулевое колесо в первую очередь используется деформируемость ударного выступа, расположенного рядом с рулевым колесом. Если, таким образом, поглощается недостаточная энергия удара, торцевая поверхность ударного элемента будет упираться в один конец направляющей и опорной трубы, стремясь, таким образом, переместить

последнюю в осевом направлении, преодолевая сопротивление элемента с предварительно определенный предел прочности. Если последний также разрушается, ударопоглощающая трубка сжимается с помощью кронштейна, соединенного в области вышеупомянутого элемента с направляющей и опорной трубкой, после кратковременного осевого перемещения кронштейна без сопротивления. Во время этого сжатия направляющая и опорная трубка служат для предотвращения бокового перемещения ударопоглощающей трубки. Описанная выше безопасная рулевая колонка позволяет избежать различных недостатков других известных вставок в рулевые колонки, благодаря различной радиальной протяженности гофр, достигается постепенное увеличение сопротивления, обеспечиваемого трубкой для поглощения ударов.

Однако было показано, что при сжатии ударопоглощающего элемента первые гофры с наибольшим радиальным удлинением полностью сжимаются в блок, прежде чем аналогично сжимаются следующие гофры. [13]

В результате будет получена диаграмма силового перемещения пилообразной формы, в которой наибольшие амплитуды обеспечиваются сжатыми гофрами, имеющими наименьшее радиальное растяжение. Таким образом, сопротивление, обеспечиваемое ударопоглощающей трубкой, очень неравномерно, и среди множества предложений по изготовлению защитных рулевых колонок известна также безопасная рулевая колонка с гофрированным элементом для поглощения ударов в виде втулки, в которой стенки гофр расположены вплотную друг к другу.

В этой конструкции гофрированная втулка растягивается при ударе. Преимущество этого заключается в том, что при ударе гофрированная втулка растягивается более или менее симметрично, при максимально возможном потреблении энергии удара, без опасности защемления на направляющей стойке и без необходимости использования дополнительных средств для предотвращения такого защемления.

Задачей настоящего изобретения является обеспечение безопасная рулевая колонка в сборе с амортизирующим элементом в виде гофрированной трубы, конструкция которой обеспечивает не только постепенно увеличивающееся сопротивление амортизирующего элемента, но и плавную, практически безамплитудную параболическую кривую в диаграмма силового перемещения. С учетом этих и других задач, которые станут очевидными по мере продолжения описания, узел рулевой колонки безопасности в соответствии с настоящим изобретением в основном содержит средство рулевого вала переменной длины в осевом направлении для соединения рулевого колеса с механизмом рулевой передачи, направляющую и опорную трубу, окружающую часть средства рулевого вала в области, прилегающей к рулевому колесу, имеется средство поглощения ударов, содержащее гофрированную трубку, в котором гофры сжаты в блок и в котором жесткость гофр изменяется по длине гофрированной трубы, и в котором гофрированная труба окружает направляющую и опорную трубу и имеет конец, удаленный от рулевого колеса, неподвижно соединенный с направляющей и опорной трубой, и средство для соединения гофрированной трубы с направляющей и опорной трубой. другой конец гофрированной трубки прикреплен к части кузова автомобиля, таким образом, указанное средство поглощения удара подвергается напряжению при воздействии силы на рулевое колесо.

Настоящее изобретение основано на понимании того, что в гофрированном элементе поглощения удара, который подвергается напряжению при растяжении, все гофры будут растягиваться равномерно. Это обеспечивает преимущество постепенного увеличения силы сопротивления, при котором не происходит изменений амплитуды в зависимости от гофр, что приводит к образованию гофрированных ударопоглощающих элементов, которые испытывают напряжение при сжатии. Поскольку боковые стороны гофр расположены вплотную друг к другу, требуется лишь небольшое начальное усилие. При увеличении



раскрытия боковых сторон гофр деформирующее усилие постоянно увеличивается, поскольку боковые стороны гофр будут становиться все более плоскими при увеличении напряжения. Таким образом, параболическая форма кривой на диаграмме зависимости силы от расстояния становится плавной и равномерно увеличивающейся. Благодаря расположению гофр различной формы можно получить любую увеличивающуюся форму кривой в широких пределах изменения силы удара. Кроме того, благодаря первоначальному сжатию гофр ударопоглощающего элемента в блок достигается преимущество, заключающееся в том, что необходимое пространство для установки ударопоглощающего элемента является относительно небольшим.

Если при ударе водителя о рулевое колесо энергия удара, которая после частичного поглощения ее ударным резервуаром, прилегающим к рулевому колесу, передается по последнему на направляющую и опорную трубу, то направляющая и опорная труба, которые подсоединены к концу амортизатора удара элемент прикладывает к последнему усилие натяжения. Таким образом, ударопоглощающий элемент сначала будет оказывать небольшое сопротивление за счет гофр малой жесткости, в то время как при увеличении удлинения ударопоглощающего элемента сопротивление, возникающее таким образом, будет постепенно нарастать

В соответствии с предпочтительной конструкцией настоящего изобретения концевые участки ударопоглощающего элемента, представляющего собой гофрированную трубу, выполнены в виде цилиндрических втулок, при этом концевая втулка, удаленная от рулевого колеса, прилегает к направляющей и опорной трубе и приварена к последней, в то время как концевая втулка, удаленная от рулевого колеса, приварена к направляющей и опорной трубе. примыкающий к рулевому колесу разъемный кронштейн, проходящий в радиальном направлении, соединен с корпусом автомобиля, и эта втулка охватывает часть направляющей и

опорной трубы, которая находится в этой области, выполнена меньшего диаметра с определенным зазором.

Уменьшение диаметра направляющей и опорной трубы в этой области приблизительно соответствует толщине стенки последней. Это уменьшение диаметра определяет, таким образом, зазор между торцевой втулкой, прилегающей к рулевому колесу, и направляющей и опорной трубой. Гофры гофрированной трубы предпочтительно прилегают своими внутренними участками к участку направляющей и опорной трубы с большим диаметром, благодаря чему направляющая и опорная трубки предотвращают прогиб гофрированной трубки.

В предпочтительной конструкции узла рулевой колонки безопасности в соответствии с настоящим изобретением жесткость гофров средства поглощения ударов равномерно увеличивается от одного гофра к другому, в результате чего конец гофрированной трубы, имеющий гофр с наименьшим значением жесткости, приваривается к концу направляющей и опорная труба удалена от рулевого колеса, в то время как другой конец гофрированной трубы соединен с корпусом автомобиля.

Гофрированная ударопоглощающая трубка, которая успешно используется в устройстве рулевой колонки безопасности в соответствии с настоящим изобретением, имеет гофры с одинаковой толщиной стенки, которые расположены на одинаковом расстоянии друг от друга, сжатые в блок, и диаметр гофр в котором увеличивается от одного к другому. Таким образом, такая ударопоглощающая гофрированная труба образует коническое тело вращения.

Трубка резко удлиняется под нагрузкой, но обеспечивает мягкое и постепенно увеличивающееся сопротивление. Такая деформирующая способность, согласно настоящему изобретению, может быть также получена с помощью ударопоглощающего элемента, в котором гофры, расположенные на разном расстоянии друг от друга, сжаты в блок таким образом, что расстояние между последовательными гофраами увеличивается от одного к

другому, в результате чего, однако, толщина стенки увеличивается. при этом диаметры гофр остаются неизменными по всей длине поврежденной части ударопоглощающего элемента. В этом случае различные значения жесткости по длине ударопоглощающие элементы получаются за счет разного расстояния гофр друг от друга.

Если деформация должна начаться в средней области ударопоглощающего элемента или на обоих его концах, то такой ударопоглощающий элемент в соответствии с изобретением характеризуется гофрами, которые на одинаковом расстоянии друг от друга сжимаются в блок, причем диаметр гофр увеличивается или уменьшается с обоих цилиндрических концов. торцевые втулки и гофры с одинаковой толщиной стенок. Такой конструкция, в частности, предотвращает прогиб ударопоглощающего элемента. [40]

Контроль безопасности рулевых колонок осуществляется правилами Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций №12 (ЕЭК ООН №12), в разделе «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя от удара о систему рулевого управления». [23]

Ключевыми пунктами правил ЕЭК ООН №12, являются:

Скорость автомобиля при испытании на соответствие требованиям правил ЕЭК ООН №12 составляет 48,3 км/ч, данная скорость ниже чем при испытаниях на соответствие требованиям правил ЕЭК ООН №94 и №95.

Основными требованиями правил ЕЭК ООН №12 к перемещению рулевой колонки являются:

- горизонтальное перемещение не более 12,7 см назад и параллельно продольной оси транспортного средства,
- вертикальное перемещение не более 12,7 см вверх.

Необходимо отметить, что измерение перемещения рулевой колонки происходит по отношению к недеформируемой зоне в результате столкновения. Чаще всего выбирается зона в задней части автомобиля. [58]

Эти требования гарантируют, что испытание проводится в контролируемых условиях, что позволяет получить достоверные результаты. Горизонтальная поверхность и отсутствие препятствий на полосе разгона обеспечивают правильное движение транспортного средства перед столкновением. Техническое оборудование необходимо для регистрации данных о столкновении и измерения параметров безопасности.

Барьер для проведения испытания.

По требованиям пункта правил, барьер должен быть изготовлен из железобетона.

Габаритные размеры:

- минимальная ширина: 3 м,
- минимальная высота: 1.5 м,
- минимальный вес 70 тонн. [14]

Поверхность удара необходимо покрывать фанерной облицовкой толщиной  $(20\pm 2)$  мм.

Эти требования гарантируют, что барьер обеспечивает правильное и безопасное проведение испытаний на столкновение. Массивный вес и прочная конструкция барьера имитируют реальные условия столкновения и предотвращают повреждение транспортного средства. Фанерная облицовка и стальная плита создают поверхность удара, которая является достаточно прочной и не разрушается при столкновении. Альтернативные барьеры допускаются, чтобы обеспечить гибкость в выборе оборудования и соответствие конкретным требованиям испытания.

Движение транспортного средства. [10]

В момент столкновения транспортное средство не должно больше подвергаться воздействию дополнительного управляющего или толкающего устройства. Оно должно соприкоснуться с препятствием по траектории, перпендикулярной поверхности барьера, с которой происходит столкновение; максимально допустимое боковое отклонение между средней вертикальной линией передней стенки транспортного средства и средней вертикальной

линией поверхности барьера, с которой происходит столкновение, составляет  $\pm 30$  см.

Состояние транспортного средства. [36]

Испытуемое транспортное средство должно либо иметь все элементы и нормальное оборудование, включенные в его порожнюю массу в снаряженном состоянии, либо находиться в состоянии, соответствующем данному требованию в отношении элементов и оборудования, относящихся к салону, и в отношении распределения массы всего транспортного средства в снаряженном состоянии.

Если транспортное средство перемещается за счет внешнего источника энергии, то система питания должна быть заполнена как минимум на 90% ее полной топливной емкости невоспламеняющейся жидкостью с плотностью  $0,7-1$  кг/м<sup>3</sup>.

Если транспортное средство перемещается при помощи собственного двигателя, то топливный бак должен быть заполнен не менее чем на 90%. [47]

Скорость при ударе: Скорость при ударе должна составлять 48,3 км/ч (30 миль/ч) и 53,1 км/ч (33 мили/ч).

Необходимо отметить, что согласно Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций №12 (ЕЭК ООН №12), в разделе «Единообразные предписания касающиеся официального утверждения типа транспортных средств в отношении защиты водителя от удара о систему рулевого управления» допускается проведение испытаний на скорости выше требуемой если автомобиль при этом соответствует правилам.

Гибкость в требованиях: Текст допускает изменения в требованиях по согласованию между производителем и испытательной службой. [51]

Особое внимание к водородным автомобилям: существуют особые правила для автомобилей с водородным топливом.

Безопасность и защита: Важны защита от поражения током и правильная работа автоматического разъединения.

Повторное использование транспортных средств: допускается использовать транспортные средства для разных испытаний. [29]

На рисунке 1 показана схема испытания автомобиля на соответствие требованиям правил ЕЭК ООН №12.

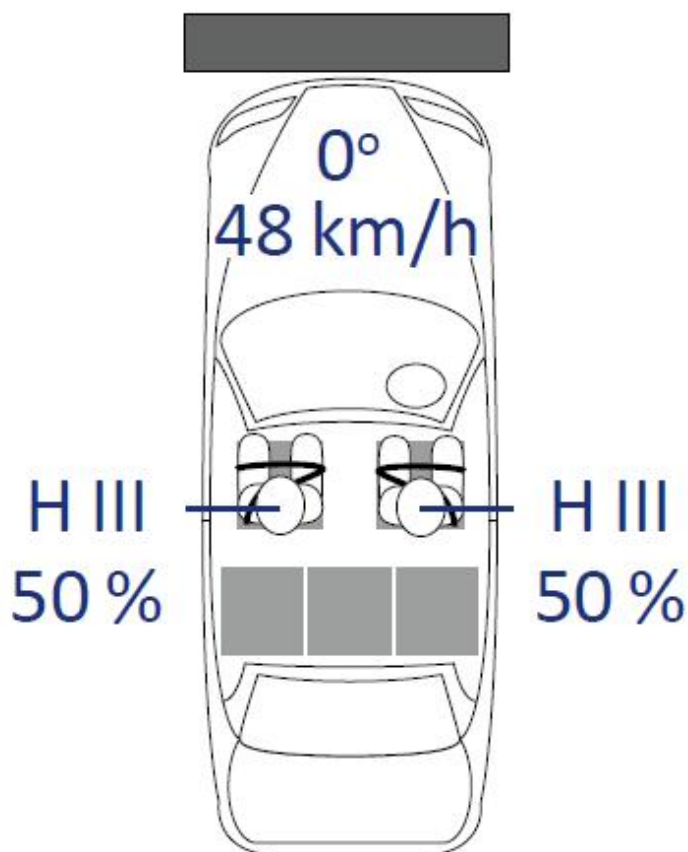


Рисунок 1 – Схема испытания автомобиля на соответствие требованиям правил ЕЭК ООН №12

Измерительные приборы.

Измерительный прибор, используемый для записи скорости, указанной выше в пункте 2.5, должен давать возможность проводить измерения с точностью до 1%. [5]

Данное испытание проводится с целью определить перемещение рулевой колонки во время фронтального удара со 100% перекрытием. Целью данного краш-теста является обеспечение безопасности водителя при столкновении.

Определение перемещения рулевой колонки происходит с помощью измерения расстояния между верхней частью рулевой колонки и фиксированной точкой на кузове автомобиля. Необходимо отметить, что измеряется перемещение рулевой колонки в двух направлениях: горизонтальное и продольное.

В итоге, этот метод позволяет измерить, насколько сильно рулевая колонка сдвигается назад и вверх при столкновении. Это важно для оценки риска травм водителя в случае аварии.

Протокол: Повреждения транспортного средства отмечаются в протоколе испытания. [35]

Также правило ЕЭК ООН №12 включает в себя тест, имитирующий удар модели груди об рулевую колонку в сборе с рулевым колесом.

При достижении скорости модели груди не менее 24.1 км/ч сила воздействия рулевого механизма на грудь должна быть не больше 1.111 ДаН.

Рулевое управление устанавливается на фрагменте кузова транспортного средства, вырезанного до точек крепления передних сидений. Необходимо зафиксировать данный фрагмент для исключения перемещения его во время испытания.

Важно отметить, что угол установки рулевого механизма строго регламентирован и составляет  $\pm 2^\circ$  к заложенному углу.

По договоренности с сертифицирующим органом допускается установка рулевого управления на оснастку, имитирующую основание кузова, при условии сохранения требуемых характеристик жесткости конструкции.

Для включения в сертификационный протокол по результатам испытаний необходимо фото и видео фиксация результатов испытаний.

Согласно правилу, минимальное расстояние между рулевым колесом и испытательным стендом составляет 100 мм и более. [20]

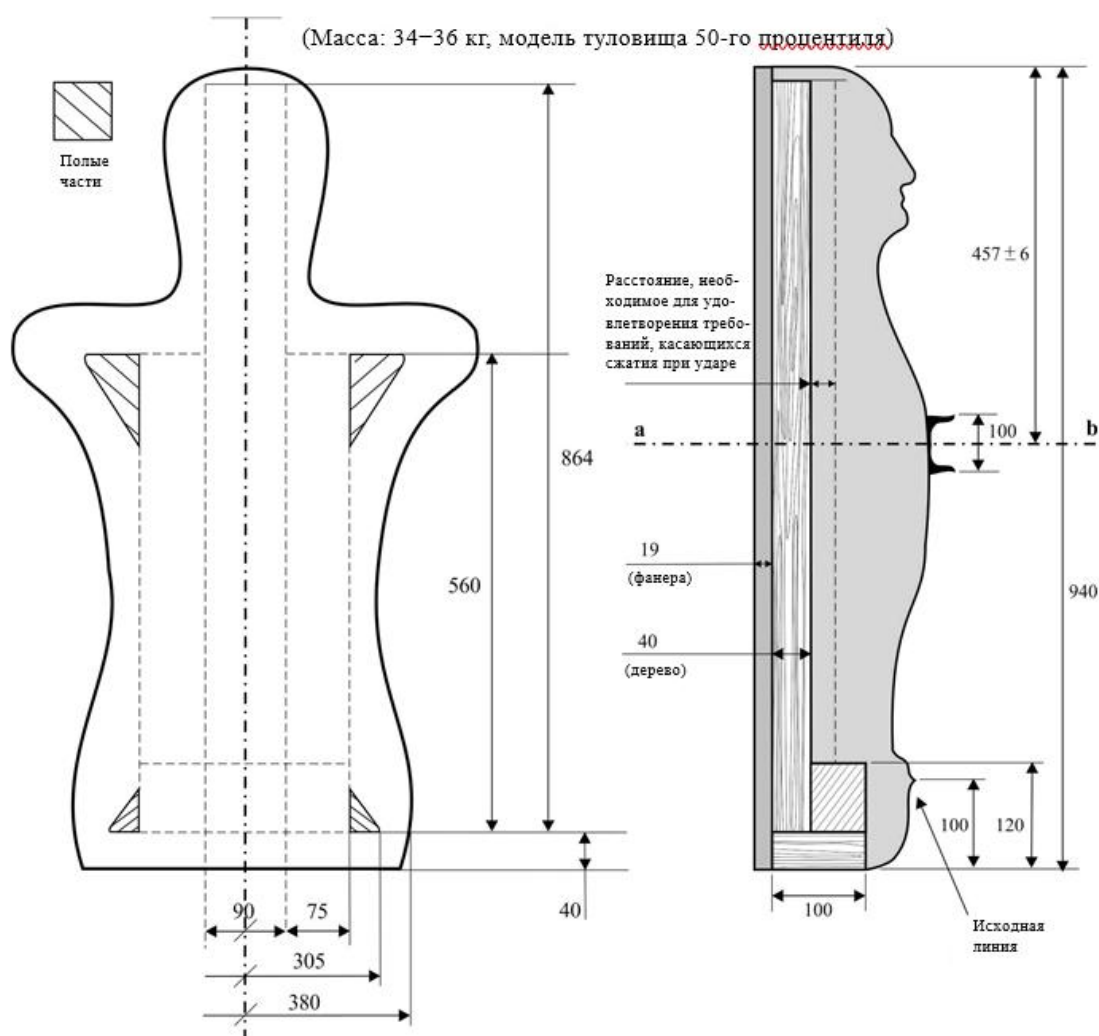
Для исключения перемещения рулевого вала во время испытания испытуемый образец должен жестко закрепляться на испытательном стенде.

Важно отметить, что эти требования не относятся к испытаниям транспортных средств в целом. Они применяются только к отдельным элементам рулевого управления, которые проходят специальное тестирование.

Модель туловища. [44]

Модель туловища строго регламентируется, размер, форма, масса и характеристики указаны на рисунке 2.

Модель туловища для испытания указана на рисунке 2.





Степень упругости: 105–140 Н/мм

Степень упругости определяют с помощью нагрузки на швеллер сечением 100 мм, помещенный под углом 90° к продольной оси модели туловища, параллельной опорной плите. Нагрузку измеряют в тот момент, когда швеллер проникает на глубину 12,7 мм.

Размеры в мм

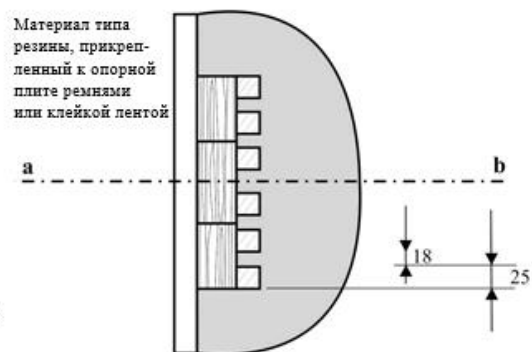


Рисунок 2 – Модель туловища для испытания

Механические свойства модели туловища:

Скорость модели туловища в момент столкновения с рулевым управлением составляет  $(24,1 \pm 1,2)$  км/ч. [33]

Важно отметить, что превышение скорости в момент удара не является блокирующим фактором, испытание является успешным, если при большей скорости сила воздействия рулевого управления на модель туловища не превысила требуемое значение.

Оборудование для измерения.

Оборудование для проведения испытания должно обеспечивать регистрацию скорости перемещения с точностью до 2%.

Регистрация времени должна происходить с точностью до одной тысячной секунды.

Немаловажным является корректный датчик нагрузки, который может измерить силу от 1960 ДаН, с каналом частотных характеристик – 600.

Стандартизация модели туловища: Важны определенные механические свойства модели туловища для обеспечения реалистичности испытания.

Точные измерения: Точные измерения силы, скорости и времени необходимы для получения надежных результатов испытаний. [57]

Правильное приведение в движение: Важно правильно установить и привести в движение модель туловища для обеспечения корректного столкновения.

Дополнительные требования к измерительным приборам: Эти требования гарантируют точность и надежность измерений во время испытаний.

Допускается два способа измерения силы.

В первом случае, датчик нагрузки встраивается в систему управления, при этом измеряя прямую силу удара модели туловища о рулевое управление.

Во втором случае, датчик ускорения или нагрузки встраивается в испытательный стенд измеряя ускорение модели туловища при ударе, после рассчитывая силу на основе полученных данных.

Требования к датчикам нагрузки и ускорения изложены в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к датчикам нагрузки и ускорениям

Требования к датчикам нагрузки	
Максимальная нагрузка	1960 даН
Канал частотных характеристик	600
Требования к датчикам ускорения	
Максимальное ускорение	60 g
Канал частотных характеристик	180

Датчики в макете туловища устанавливаются симметрично друг другу в поперечной плоскости, которая проходит через центр тяжести модели туловища, измеряя ускорение в одном направлении.

Момент начала удара должно быть зафиксировано в видеозаписи испытания для последующего анализа полученных результатов. [16]

Основные моменты:

Стандартизация методов измерения: Важно использовать стандартизированные методы измерения силы и ускорения для обеспечения точности и сравнимости результатов.

Точные измерения: Необходимо использовать приборы с высокой точностью измерений для получения надежных результатов.

Разные методы измерения: Допускаются разные методы измерения, чтобы обеспечить гибкость и корректность получения результатов.

Отметка начала удара: Отметка начала удара важна для правильной интерпретации данных и анализа результатов испытаний.

Методика испытаний допускает проведения удара при температуре  $(20\pm 5)$  °С.

По результатам испытания необходимо описать полученные повреждения рулевого управления и сделать фотофиксацию рулевого колеса, рулевой колонки и панели приборов.

Важным фактором является требование к замедлению, согласно которому ударная часть не должна замедляться более чем на 80 g в течении 3 миллисекунд. Для КЧХ 600 Гц замедление всегда должно быть не менее 120 g.

Подушка безопасности: если рулевое колесо оснащено подушкой безопасности, испытание проводится с ней. По просьбе производителя возможно проведение испытания без оснащения подушкой безопасности водителя.

Минимальное ударное расстояние: 100 мм между рулевым колесом и испытательным стендом. [31]

Жесткое крепление: Рулевой вал должен быть жестко закреплен на испытательной аппаратуре.

При испытании используется жесткий ударный элемент, масса которого регламентирована и составляет 6,8 кг и обладает полусферической поверхностью диаметром 165 мм.

Макет головы оснащается двумя датчиками ускорения. [27]

Допустимая скорость удара: 24,1 км/ч.

Коэффициент замедления: Среднеарифметическое значение двух деселерометров.

## **1.2 Анализ требований правил Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций №94 (ЕЭК ООН №94)**

Контроль безопасности рулевых колонок также осуществляется правилами Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций №94 (ЕЭК ООН №94), в разделе «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя и пассажиров в случае лобового столкновения». [24]

Испытание на соответствие требованиям правил ЕЭК ООН №94 проводится на скорости 56 км/ч.

Важно отметить, что превышение скорости в момент удара не является блокирующим фактором, испытание является успешным, если при большей скорости сила воздействия рулевого управления на модель туловища не превысила требуемое значение.

При испытании на место водителя и пассажира сажаются манекены, оснащенные датчиками для регистрации перегрузок и травм. [34]

Фронтальный удар: это означает, что транспортное средство ударяется в неподвижный барьер передней частью.

Инструментированные манекены: Эти манекены моделируют человеческое тело и оснащены датчиками для регистрации ускорения, замедления и других параметров, что позволяет оценить степень травм, которые могли бы получить люди при такой аварии.

Цель испытания:

Оценить безопасность транспортного средства. Испытание помогает оценить способность транспортного средства защищать водителя и пассажиров при фронтальном столкновении.

Разработка более безопасных автомобилей: Результаты испытаний используются для улучшения конструкции автомобилей и сведения к минимуму риска получения травм при авариях.

Схема подхода автомобиля к барьеру по методике испытаний правил ЕЭК ООН №94 показана на рисунке 3.

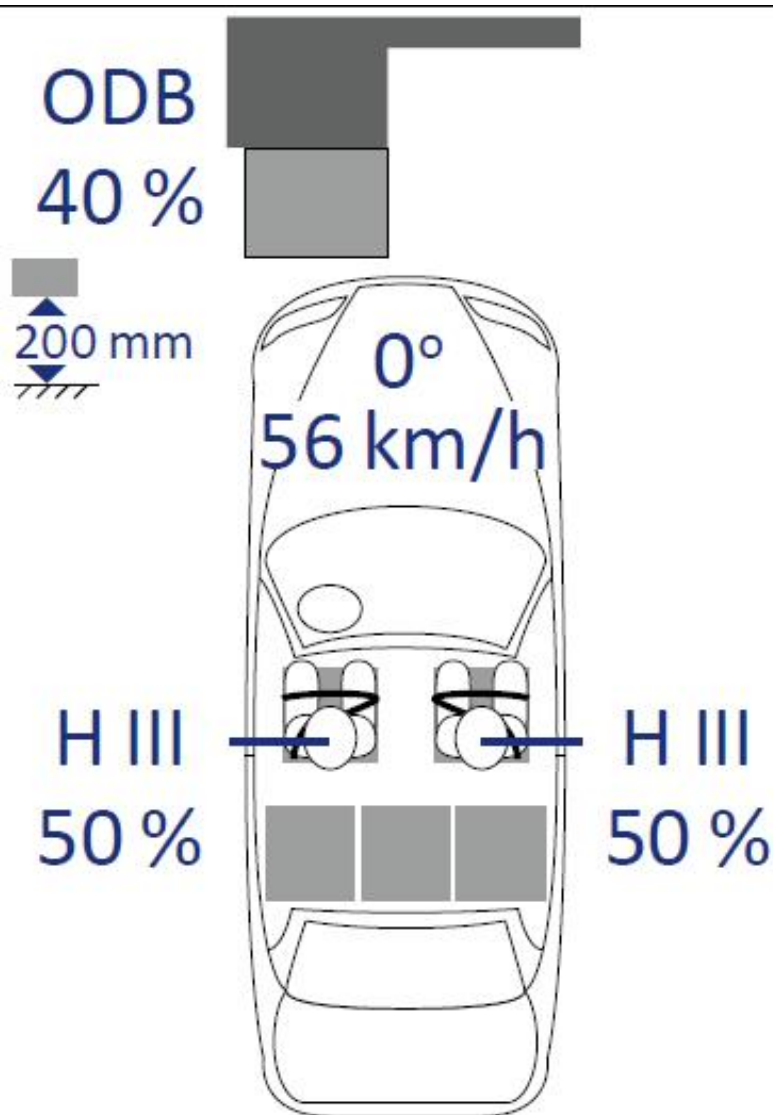


Рисунок 3 – Схема подхода автомобиля к барьеру при испытаниях на соответствие требованиям правил ЕЭК ООН №94

Согласно требованиям правил ЕЭК ООН №94-03 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя и пассажиров в случае лобового столкновения» установлено «Сиденья, на которые помещается манекен и защитная система которых включает ремни, должны быть оборудованы точками крепления в соответствии с Правилами № 14 [26].

Значение критерия травмирования головы (НРС) не должно превышать 1 000 единиц, и результирующее ускорение головы не должно превышать 80 g в течение 3 мс. Последний показатель рассчитывается кумулятивно без учета обратного движения головы.

Значения критериев травмирования шеи (NIC) не должны превышать значений, указанных на рис. 4 и 5.

Значение изгибающего момента шеи при растяжении по оси у не должно превышать 57 Нм при растяжении.

Величина критерия сжатия грудной клетки (ThCC) не должна превышать 42 мм.

Величина критерия по мягким тканям ( $V * C$ ) для грудной клетки не должна превышать 1,0 м/с.

Величина критерия нагрузки на бедро (FFC) не должна превышать указанного на рис. 6с критерия усилие–время.

На рисунке 4 показан критерий травмирования шеи растягивающим усилием.

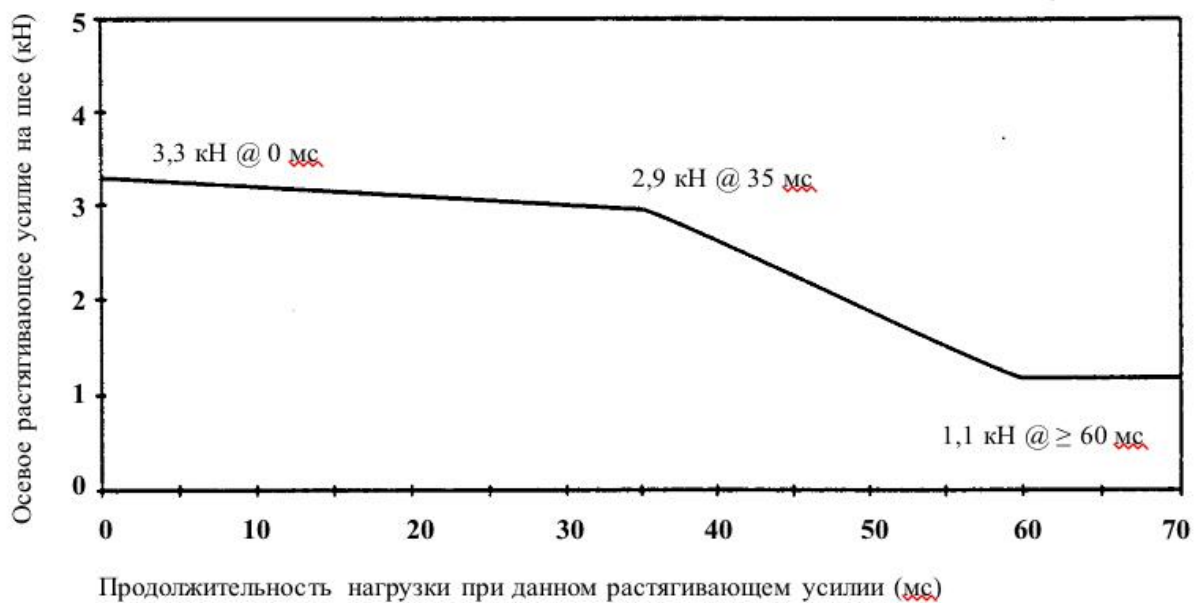


Рисунок 4 – Критерий травмирования шеи растягивающим усилием

На рисунке 5 представлен критерий травмирования шеи растягивающим усилием.

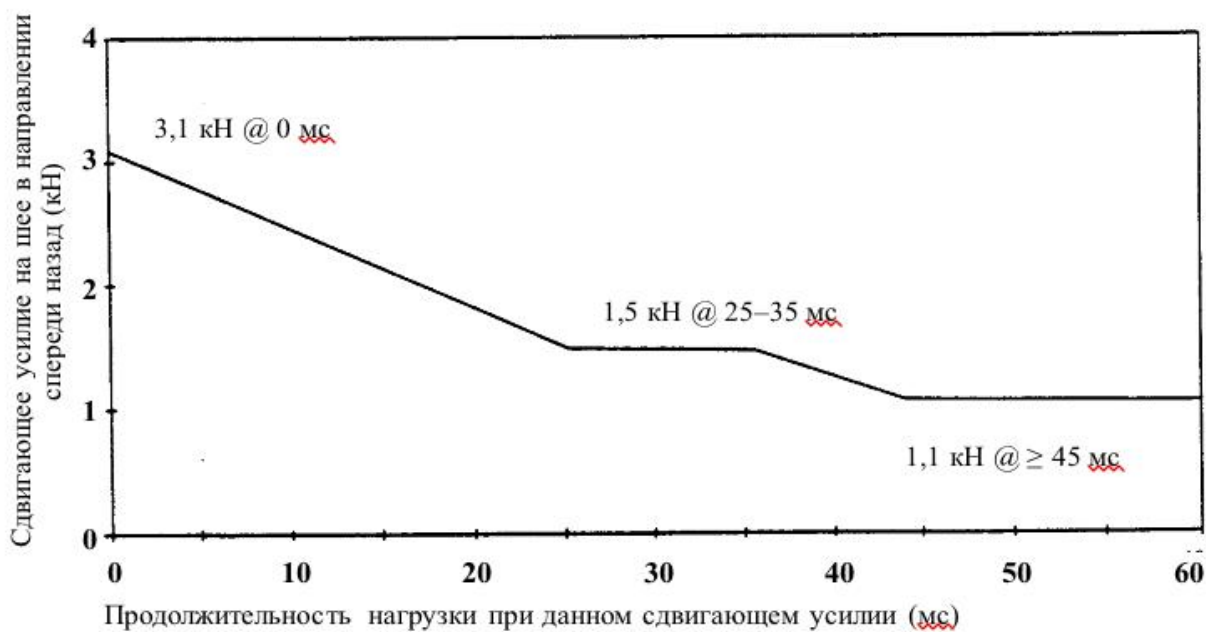


Рисунок 5 – Критерий травмирования шеи сдвигающим усилием

Значение изгибающего момента шеи при растяжении по оси у не должно превышать 57 Нм при растяжении;

Величина критерия сжатия грудной клетки (ThCC) не должна превышать 42 мм;

Величина критерия по мягким тканям ( $V * C$ ) для грудной клетки не должна превышать 1,0 м/с;

Величина критерия нагрузки на бедро (FFC) не должна превышать указанного на рис. 6 критерия усилие–время;

На рисунке 6 представлены критерии нагрузки на бедро.

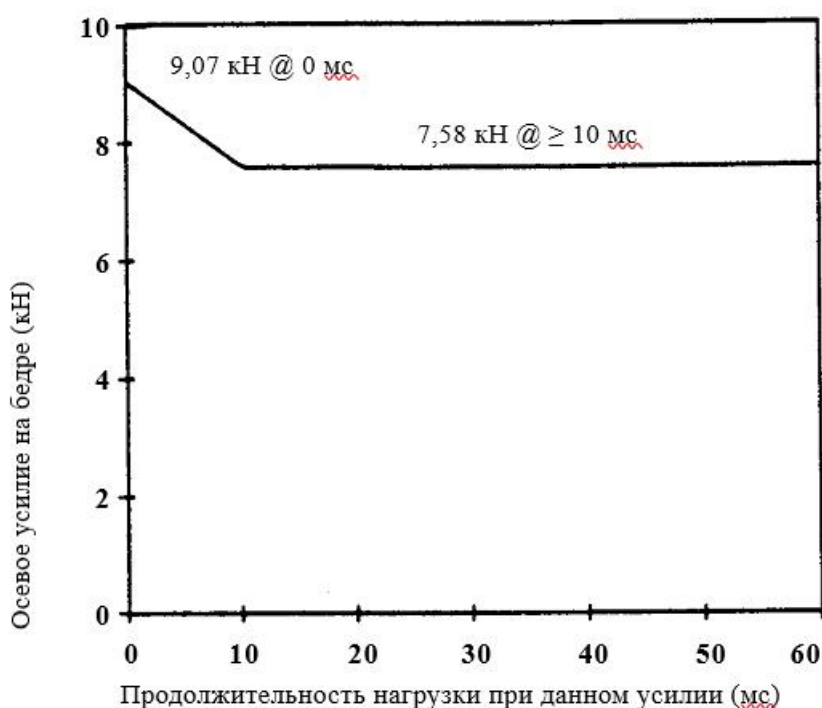


Рисунок 6 – Критерий нагрузки на бедро

«Величина критерия сжатия голени (TCFC) не должна превышать 8 кН.

Показатель травмирования голени (TI), измеряемый в верхней и нижней точке каждой голени, ни в одной из точек не должен превышать 1,3 единицы.

Смещение подвижных коленных шарниров не должно превышать 15 мм.

После проведения испытания остаточное смещение рулевого колеса, измеряемое в центре ступицы рулевого колеса, не должно превышать 80 мм в



вертикальном направлении вверх и 100 мм в горизонтальном направлении назад.» [24]

Ни одна из дверей в ходе испытания не должна открываться. [54]

Согласно требованиям правил ЕЭК ООН №94-03 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя и пассажиров в случае лобового столкновения» установлено: «наличие подушек безопасности: на транспортном средстве должна быть предоставлена информация, указывающая на то, что сиденья оборудованы подушками безопасности.» [26]

«Информация о подушке безопасности водителя: на рулевом колесе должна быть нанесена надпись «AIRBAG».

Информация о подушке безопасности пассажира: на транспортном средстве должна быть предупредительная наклейка с информацией о подушке безопасности пассажира.

Предупреждение об использовании детских удерживающих устройств: На транспортном средстве должна быть предупредительная наклейка с информацией о том, что использование детских удерживающих устройств, обращенных назад, на сиденьях, оборудованных подушками безопасности, чрезвычайно опасно (рисунок 7).» [24]

Пример предупреждающей наклейки на солнцезащитном козырьке представлен на рисунке 7. [41]



Рисунок 7 – Предупреждающая наклейка на солнцезащитном козырьке

«Общие размеры должны составлять не менее 120 x 60 мм либо соответствовать эквивалентной площади наклейки.

Приведенная выше наклейка может быть видоизменена таким образом, что схема расположения элементов будет отличаться от вышеуказанного образца; однако ее содержание должно соответствовать вышеприведенным предписаниям.

В случае подушки безопасности, обеспечивающей защиту спереди пассажира, сидящего на переднем сиденье, эта предупредительная наклейка должна быть прочно прикреплена на каждой из сторон переднего солнцезащитного козырька перед пассажиром в таком положении, чтобы по крайней мере с одной стороны этого козырька она была постоянно видимой, независимо от положения этого козырька. В качестве альтернативы одна предупредительная наклейка должна находиться на видимой стороне солнцезащитного козырька в убранном положении, а вторая – на крыше за этим козырьком, с тем чтобы по крайней мере одна из этих наклеек была постоянно видимой. Должна быть исключена возможность беспрепятственного удаления предупредительной наклейки с козырька и крыши без явных и хорошо видимых повреждений козырька или крыши внутри транспортного средства.» [24]

«Если на транспортном средстве не имеется солнцезащитного козырька или люка крыши, то предупредительную наклейку размещают в месте, где она должна быть всегда хорошо видимой.

В случае подушки безопасности, обеспечивающей защиту спереди на других сиденьях транспортного средства, предупредительная наклейка должна находиться непосредственно перед соответствующим сиденьем и должна быть постоянно и четко видна лицу, устанавливающему на этом сиденье обращенное назад детское удерживающее устройство.» [24]

Деформируемая структура: Препятствие должно иметь деформируемую структуру, описанную на рисунке 8. [55]

Расположение: Фронтальная поверхность деформируемой структуры должна быть перпендикулярна направлению движения транспортного средства с отклонением в пределах  $\pm 1^\circ$ .

Масса: Масса препятствия должна составлять не менее  $7 \times 10^4$  кг. [58]

Вертикальность: Фронтальная поверхность препятствия должна быть вертикальной с отклонением в пределах  $\pm 1^\circ$ .

Крепление: Препятствие должно быть врыто в землю или поставлено на нее и должно быть снабжено дополнительными упорами для ограничения его смещения.

Цель: Использование деформируемой структуры препятствия в краш-тестах обеспечивает более реалистичное моделирование условий столкновения.

Рисунок 8 описывает конструкцию деформируемой структуры препятствия, которая должна использоваться при краш-тестах.

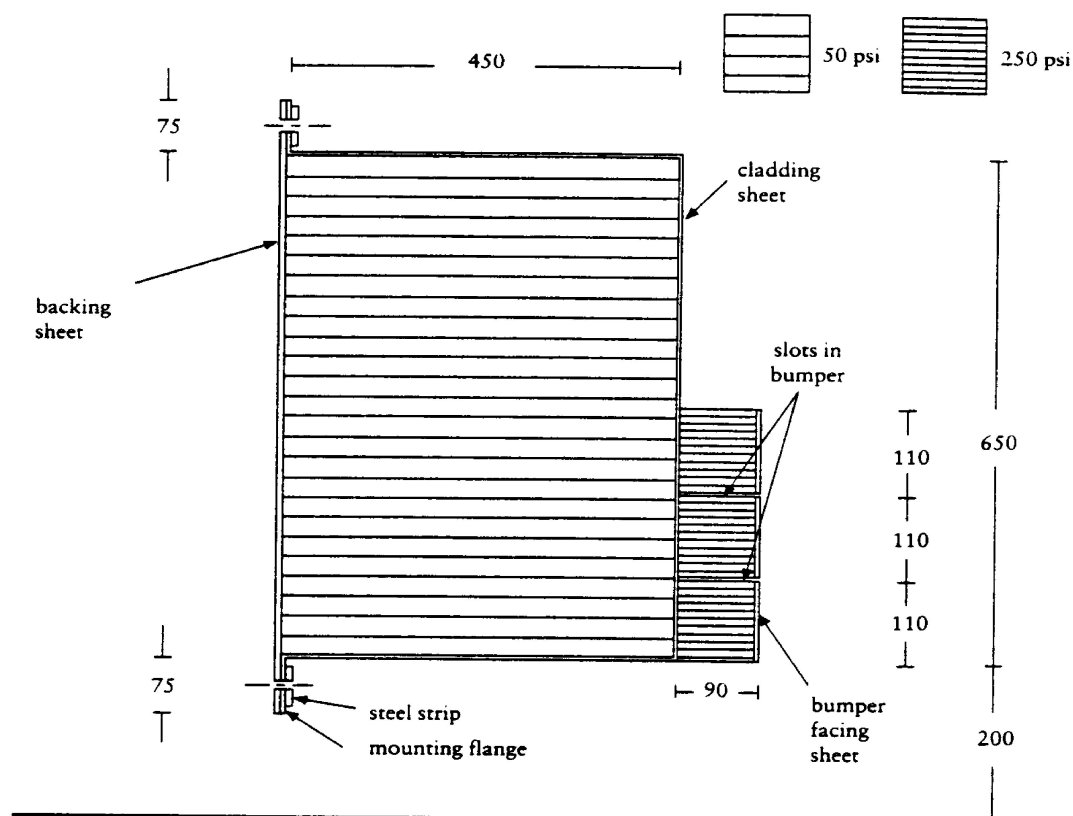


Рисунок 8 – Фронтальный барьер

Согласно требованиям правил ЕЭК ООН №94-03 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя и пассажиров в случае лобового столкновения» установлено «Препятствие должно быть ориентировано так, чтобы первый контакт транспортного средства с препятствием произошел со стороны рулевой колонки. Если транспортное средство может быть с правым или левым расположением рулевой колонки, то испытание проводится с наименее благоприятным расположением, которое определяет техническая служба.

Расположение транспортного средства: Транспортное средство должно быть совмещено с поверхностью препятствия на  $(40\% \pm 20)$  мм.

Состояние транспортного средства:

Представительность: Испытуемое транспортное средство должно быть представительным образцом серийного производства, иметь все обычно

устанавливаемое оборудование и находиться в нормальном рабочем состоянии.

Важным фактором при проведении сертификационных испытаний автомобилей при испытании на соответствие требованиям правил Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций №94 (ЕЭК ООН №94), в разделе «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя и пассажиров в случае лобового столкновения» является то, что при различных комплектациях и типах кузова, выбирается наихудшие конфигурации транспортного средства. Чаще всего выбор останавливается на комплектациях и типах кузова с наибольшей массой и наибольшим клиренсом. Если не удастся выбрать наихудшую конфигурацию транспортного средства, то возможно испытание транспортного средства во всех заявленных комплектациях.

«Замена компонентов: некоторые компоненты могут быть заменены эквивалентными массами, если эта замена не оказывает существенного воздействия на результаты измерений.

Топливная система: допускается изменение топливной системы по согласованию с производителем.

Масса транспортного средства:

Порожняя масса: Масса транспортного средства должна быть равна его порожней массе в снаряженном состоянии.» [24]

Топливный бак: Топливный бак должен быть заполнен водой на 90% массы полного запаса топлива, указанного производителем, с допуском 1%.

### **1.3 Анализ требований правил Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций №137 (ЕЭК ООН №137)**

Контроль безопасности рулевых колонок также осуществляется правилами Европейской экономической комиссии Организации

Объединенных Наций №137 (ЕЭК ООН №137), в разделе «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей в случае лобового столкновения с уделением особого внимания удерживающей системе». [25]

Схема подхода автомобиля к барьеру при испытаниях по методике правил ЕЭК ООН №137 показана на рисунке 9. [6]

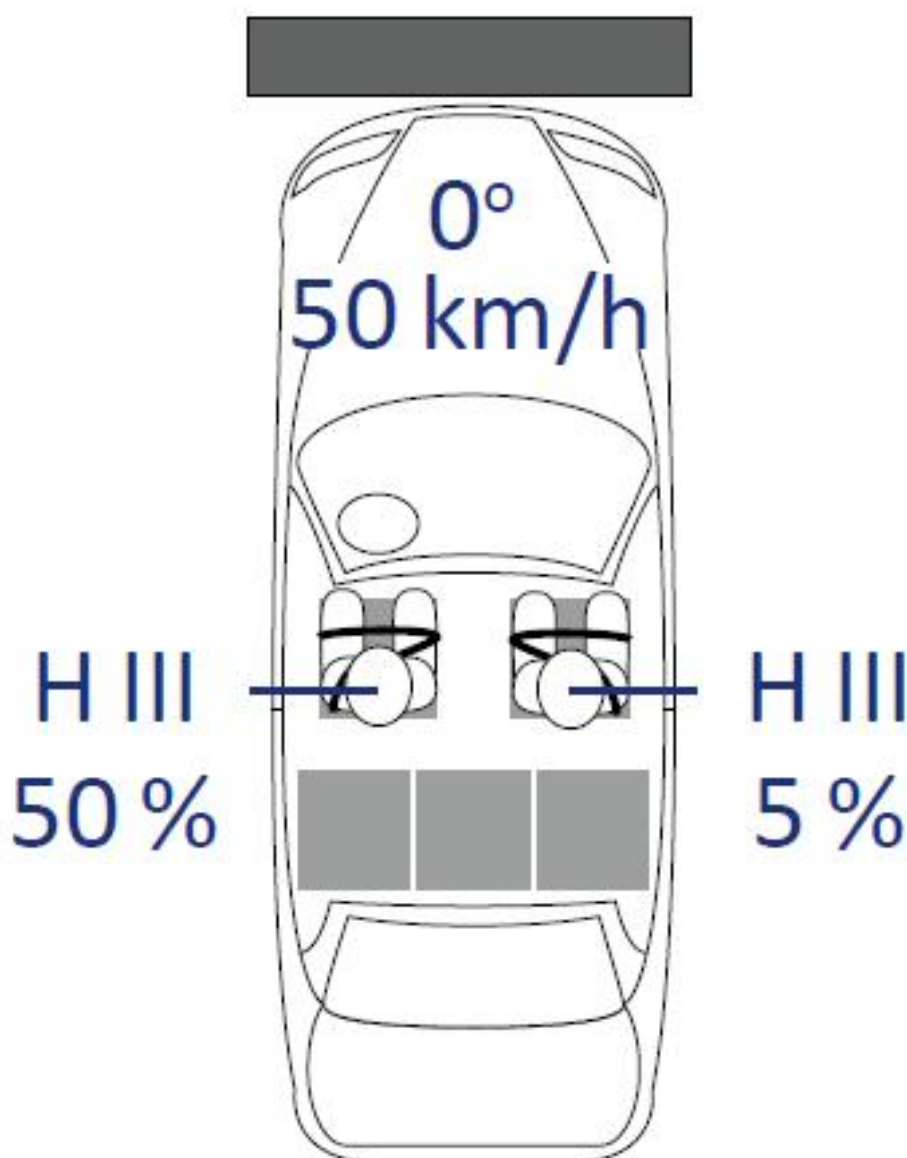


Рисунок 9 – Схема подхода автомобиля к барьеру при испытаниях на соответствие требованиям правил ЕЭК ООН №137

Скорость при испытании.

Скорость транспортного средства в момент удара должна составлять  $50 -0/+1$  км/ч. Однако если испытание было проведено при более высокой скорости в момент удара и транспортное средство соответствовало установленным требованиям, то такое испытание считают удовлетворительным.

Измерительные приборы: Все измерения должны проводиться с помощью измерительных приборов, отвечающих техническим требованиям.

Согласно требованиям правил Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций №137 (ЕЭК ООН №137) «Единые предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей в случае лобового столкновения с уделением особого внимания удерживающей системе» регламентируется положение ступней во время испытания.

«Ноги должны быть установлены как можно дальше от передней кромки подушки сиденья, а бедра должны соприкоснуться с подушкой сиденья, как показано на рисунке 10.

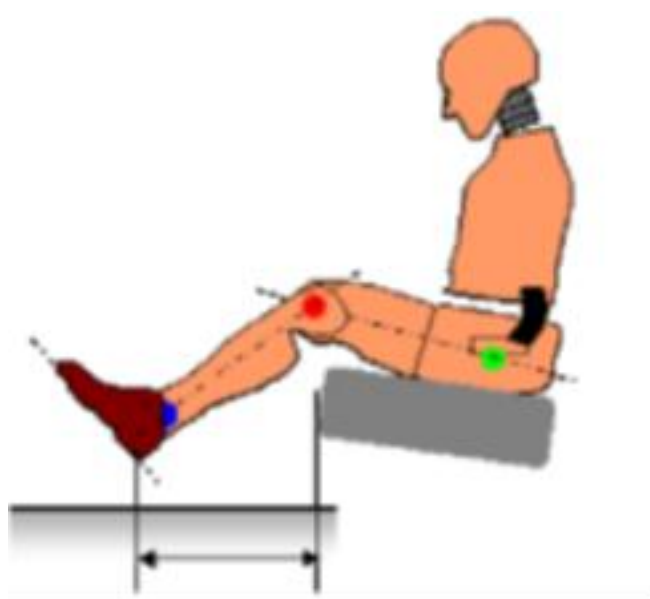


Рисунок 10 – Положение манекена перед испытанием. Позиция 2

Как показано на рисунке 11, каждую ногу опускают до тех пор, пока ступня не будет установлена на полу; при этом ступня и голень должны находиться под прямым углом друг к другу, а угол наклона бедра должен быть постоянным.



Рисунок 11 – Положение манекена перед испытанием. Позиция 2

Когда каждая пятка находится на полу, ступни поворачивают таким образом, чтобы обеспечить как можно больший контакт между пальцами ног и полом, как показано на рисунке 13.



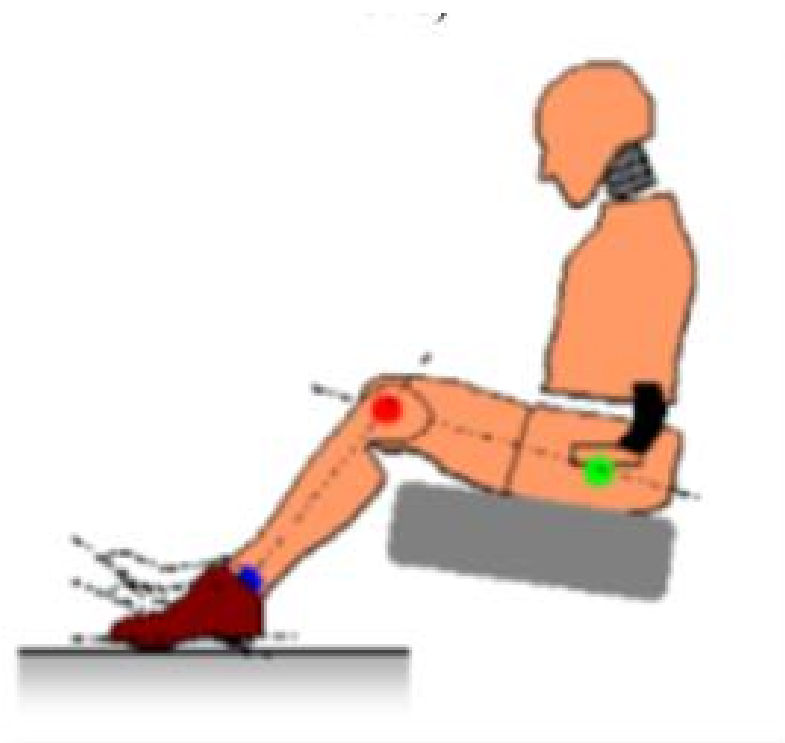


Рисунок 12 – Положение манекена перед испытанием. Позиция 3

Если невозможно обеспечить контакт каждой ступни с полом, то ступни опускают до тех пор, пока икры не будут соприкасаться передней кромкой подушки сиденья или пока задняя часть ступни не будет соприкасаться с элементом салона транспортного средства. Ступня должна находиться в положении, наиболее близком параллельному относительно пола, как показано на рисунке 13.» [25]

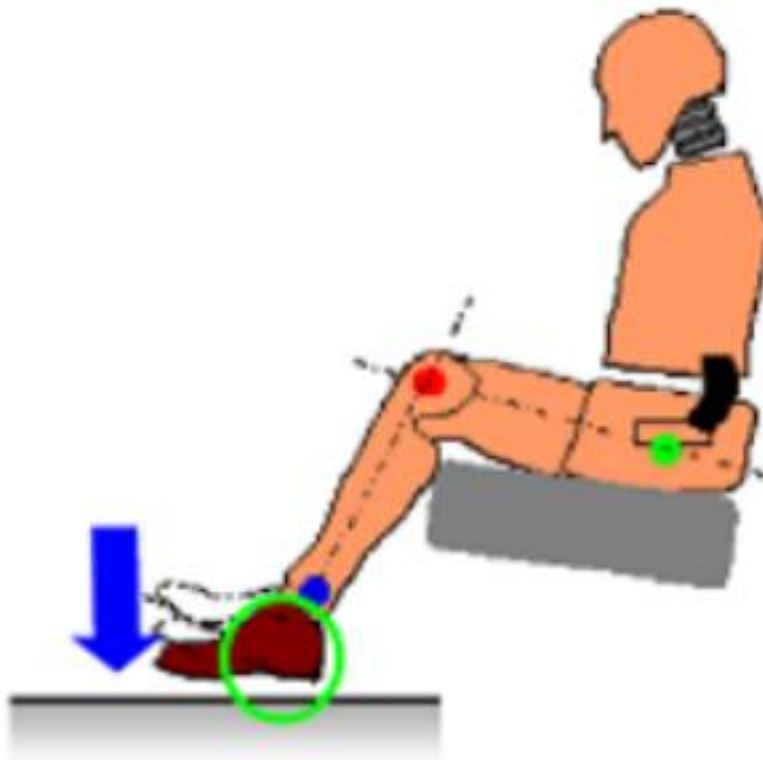


Рисунок 13 – Положение манекена перед испытанием. Позиция 4

Манекен взрослого мужчины 50-го перцентиля «Гибрид III»: тип манекена, который используется для измерения критериев травмирования. Этот тип манекена представляет собой стандартный манекен, используемый в краш-тестах.

Голова:

- НРС (Head Injury Criterion): не более 1000 единиц,
- результирующее ускорение: не более 80 g в течение 3 мс (кумулятивно без учета обратного движения). [9]

Шея:

- растягивающее усилие: не более 3,3 кН,
- сдвигающее усилие: не более 3,1 кН,
- изгибающий момент: не более 57 Нм (при растяжении).

Грудная клетка:

- ThCC (Thoracic Compression Criterion): не более 42 мм,

- V\*C (Viscous Criterion): не более 1,0 м/с.

Бедро: FFC (Femur Force Criterion): не более 9,07 кН.

Манекен взрослой женщины 5-го перцентиля «Гибрид III».

Голова:

– НРС: не более 1000 единиц,

– результирующее ускорение: не более 80 g в течение 3 мс (кумулятивно без учета обратного движения). [11]

Шея:

– растягивающее усилие: не более 2,9 кНС,

– двигающее усилие: не более 2,7 кН.

Изгибающий момент: не более 57 Нм (при растяжении).

Грудная клетка:

– ThCC: не более 34 мм,

– V\*C: не более 1,0 м/с.

Бедро: FFC: не более 7 кН. [21]

Остаточное перемещение рулевого колеса не более 80 мм в вертикальном направлении вверх и 100 мм в горизонтальном направлении назад.

#### **1.4 Анализ требований правил ARCAP**

Цель: ARCAP имитирует смещенное лобовое столкновение двух автомобилей одинаковой массы, что является более реалистичным сценарием, чем лобовой удар.

Автомобиль врезается в деформируемый барьер из алюминиевых сот, имитирующий передок легкового автомобиля, на скорости 64 км/ч с

перекрытием 40%. Это моделирует удар на скорости 110 км/ч при встречном движении двух автомобилей.

Измерения: Датчики на манекенах регистрируют перегрузки на разные части тела, чтобы определить вероятность травм.

Дополнительные критерии оценки безопасности - остаточное перемещение руля, педалей и передней стойки.

Тест проводится в сертифицированных лабораториях в России и Чехии.

Реалистичность: ARCAP использует перекрытие 40%, чтобы лучше отразить реальные условия аварии.

Использование манекенов Hybrid III и деформируемого барьера обеспечивает стандартные условия для сравнения результатов разных испытаний.

Оцениваются не только травмы, но и деформация салона, чтобы получить более полную картину безопасности автомобиля.

ARCAP - это полезный инструмент для оценки безопасности автомобилей. Он помогает определить риски при реальных столкновениях и позволяет разрабатывать более безопасные автомобили. Схема краш-теста ARCAP представлена на рисунке 14.

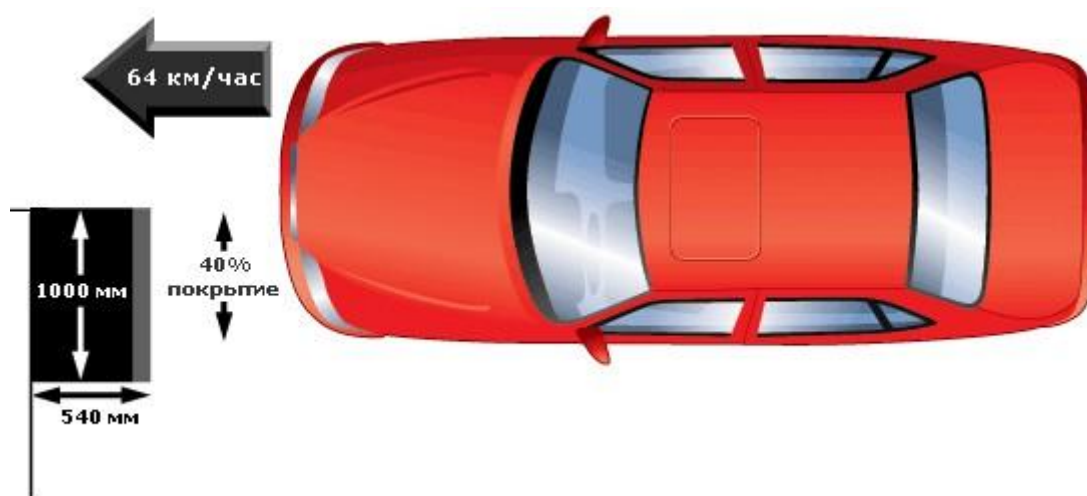


Рисунок 14 – Схема краш-теста ARCAP

Сминаемый барьер из алюминиевых сот призван имитировать передок среднестатистического легкового автомобиля (рисунок 15). Закрепленные снизу блоки обладают большей жесткостью и моделируют бампер.

Сминаемый барьер для проведения краш-теста по методике ARCAP представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 - Сминаемый барьер для проведения краш-теста по методике ARCAP

Цель: ARCAP оценивает безопасность передних сидений при смещенном фронтальном ударе на скорости 64 км/ч.

Методика: Используется протокол Euro NCAP 2008 года для определения баллов за защиту (от 0 до 16).

Учет НИС: В ARCAP учитывается НИС (интегральный критерий повреждения головы) даже при отсутствии прямого контакта манекена с салоном.

Отличительные черты ARCAP:

- свой рейтинг: ARCAP вводит собственную систему рейтинга, отличающуюся от Euro NCAP, чтобы точнее оценить уровень безопасности автомобилей, которые могут не соответствовать европейским стандартам,

- многоуровневая система: Включает не только звезды, но и символы для водителя, пассажира и автомобиля,

- лишь фронтальный удар: В ARCAP проводится только фронтальный краш-тест, в отличие от Euro NCAP, который также включает боковые удары и тесты на переворот.

Четыре звезды: Максимальный рейтинг в ARCAP состоит из четырех звезд, в отличие от пяти звезд в Euro NCAP.

Система рейтинга:

- 4 звезды: Высокий уровень безопасности.
- 3 звезды: Хороший уровень безопасности.
- 2 звезды: Средний уровень безопасности.
- 1 звезда: Низкий уровень безопасности.

Важность ARCAP:

Более точная оценка: ARCAP предоставляет более точную оценку безопасности автомобилей, которые могут не соответствовать европейским стандартам (рисунок 16).

Информирование потребителей: помогает потребителям сделать более информированный выбор при покупке автомобиля.

Стимулирование безопасности: поощряет производителей автомобилей улучшать безопасность своих моделей.

На рисунке 16 представлена зависимость количества звезд от набранных баллов по методике ARCAP.



Рисунок 16 - Зависимость количества звезд от баллов по методике ARCAP

Автомобили с тремя или четырьмя звездами способны обеспечить высокий «зеленый» уровень защиты пристегнутых седоков. Желтым

отмечены машины с двумя звездами, не подвергающие повышенному риску жизненно важные органы своих седоков. Удовлетворительный «оранжевый» уровень защиты – в автомобилях с одной звездой, у которых не перечеркнуты символы водителя и переднего пассажира. Также в эту категорию попадают машины с двумя звездами, но не обеспечивающие должной безопасности для головы, шеи или грудной клетки.

Согласно Euro NCAP Assessment protocol от 01.06.2008 к критериям травмирования манекена предъявляются следующие требования:

«Оценка, полученная на основе данных манекена водителя, может быть изменена, если можно ожидать, что защита пассажиров разного роста или пассажиров, находящихся на разных сиденьях, или при авариях несколько разной степени тяжести, чем защита, указанная только на манекенах или данных о деформации. В любой отдельной области тела оценка может снизиться максимум на два балла. Концепции, лежащие в основе модификаторов, объяснены в следующем разделе.

Голова. Нестабильный контакт на подушке безопасности.

Если при движении головы вперед ее центр тяжести перемещается дальше внешнего края подушки безопасности, контакт головы считается неустойчивым. Оценка снижается на один балл. Если по какой-либо другой причине защита головы подушкой безопасности нарушена, например, из-за отделения рулевого колеса от колонки или выдавливания подушки безопасности из-за головы-пустышки, модификатор также применяется.

Опускание головы вниз определяется как: происходит явное быстрое увеличение наклона одной или нескольких кривых ускорения головы в тот момент, когда голова манекена находится глубоко внутри подушки безопасности. Пик ускорения, связанный с достижением нижнего предела, должен длиться более 3 мс. Пик ускорения, связанный с достижением дна, должен генерировать пиковое значение более чем на 5 g выше вероятного уровня, который был бы достигнут, если бы пик не произошел. Этот уровень

будет установлен путем плавной экстраполяции кривой между началом и концом пика, достигающего дна.

Опасное срабатывание подушки безопасности.

Если в зоне головы подушка безопасности раскрывается таким образом, что образуется створка, которая проходит по лицу пассажира вертикально или горизонтально, к оценке головы будет применен модификатор -1 балл за неустойчивый контакт подушки безопасности. Если материал подушки безопасности разворачивается назад, в «зоне головы» со скоростью более 90 м/с, к оценке головы будет применен модификатор минус 1 балл.» [53].

Согласно Euro NCAP Assessment protocol от 01.06.2008 к поведению подушки безопасности неправильное срабатывание подушки безопасности регламентируется следующим образом:

«Неправильное срабатывание подушки безопасности

Любая подушка безопасности, которая не раскрывается полностью предусмотренным способом, получает модификатор -1 балл, применимый к каждой из наиболее важных частей тела пострадавшего пассажира. Например, если считается, что подушка безопасности, установленная на рулевом колесе, сработала неправильно, штраф будет применен к голове водителя (минус 1 балл). Если коленная подушка безопасности пассажира не срабатывает правильно, штраф будет применен к колену, бедру и тазу пассажира (минус 1 балл). Если неправильное разворачивание затрагивает несколько частей тела, модификатор будет применен к каждой отдельной части. Модификатор будет применен, даже если подушка безопасности не предназначена для защиты от данного конкретного удара. Например, штраф будет применен, если боковая подушка безопасности, защищающая грудную клетку, неправильно сработает при лобовом ударе. В этом случае модификатор будет применен к грудной части тела при боковом ударе.» [53]

Согласно Euro NCAP Assessment protocol от 01.06.2008 к поведению подушки безопасности при фронтальном ударе предъявляются следующие требования:



«Нестабильный контакт на руле без подушки безопасности.

Если при движении головы вперед ее центр тяжести смещается радиально наружу дальше внешнего края обода рулевого колеса, контакт головы считается неустойчивым. Оценка уменьшена на один балл. Если по какой-либо другой причине контакт головы с рулевым колесом неустойчив, например, при отрыве рулевого колеса от колонки, модификатор также применяется.» [52].

Важным фактором, оказывающим влияние на оценку является смещение стойки А по результатам краш-теста. Данное перемещение может критично сказаться на количестве баллов по методике ARCAP.

Согласно Euro NCAP Assessment protocol от 01.06.2008 к перемещению предъявляются следующие требования:

«Оценка снижается за чрезмерное смещение стойки передней двери водителя назад на высоте 100 мм ниже нижнего уровня проема бокового окна. При смещении до 100 мм штрафа нет. При высоте более 200 мм предусмотрен штраф в два очка. Между этими пределами штраф генерируется посредством линейной интерполяции.» [53].

Ключевым аспектом, влияющим на количество баллов по методике ARCAP, является целостность салона, потенциально несущая за собой снятие двух баллов.

Согласно Euro NCAP Assessment protocol от 01.06.2008 к целостности пассажирской ячейки предъявляются следующие требования:

«Если структурная целостность пассажирского салона считается нарушенной, применяется штраф в один балл. На потерю структурной целостности могут указывать характеристики такие как:

Неисправность дверной защелки или петли, если только дверь не удерживается должным образом дверной коробкой.

Искривление или другое повреждение двери, приводящее к серьезной потере прочности на сжатие в продольном направлении.

Разделение или почти отделение поперечного рельса от стыка стойки А.

Сильная потеря прочности дверного проема.

Если имеется очевидная прямая нагрузка на грудь от руля, применяется штраф в один балл.» [53].

Критически на оценку по методике ARCAP может сказаться смещение зоны контакта колена. При невыполнении данного требования помимо штрафного балла за нестабильный контакт дополнительно начисляется штрафной балл за невыполнение протокола knee mapping.

Для каждого колена водителя область контакта рассматривается независимо. В большей части испытаний критичным для оценки могут оказаться колени водителя ввиду большого количества влияющих факторов, таких как: рулевая колонка, подрулевые переключатели, тип пластика панели приборов.

Согласно Euro NCAP Assessment protocol от 01.06.2008 к зоне контакта колен манекена предъявляются следующие требования:

«Область, рассматриваемая для каждого колена, генерируется независимо. Если в этих областях и на этой глубине ожидается нагрузка на бедренную кость более 3,8 кН и/или смещение ползунка колена более 6 мм, к соответствующей ноге применяется штраф в один балл.

Биомеханические тесты, которые предоставили данные о толерантности к травмам, проводились с использованием мягкого ударника, который распределял нагрузку на колено. Если в зоне удара колена имеются структуры, которые могут концентрировать силы на части колена, к соответствующей ноге применяется штраф в один балл. Если производитель может продемонстрировать посредством приемлемых данных испытаний, что модификаторы переменного контакта и/или концентрированной нагрузки не следует применять, штрафные санкции могут быть сняты.» [53]

Из приведенной выше информации мы можем сделать вывод, что при предоставлении производителем данных протокола knee mapping возможно исключить снятие балла за модификатор переменного контакта и

концентрированную нагрузку. Данное сохранение балла может критически сказаться на количестве звезд ARCAP.

Нижняя часть ноги.

К нижней части ноги в Euro NCAP Assessment protocol от 01.06.2008 предъявляются следующие требования:

«Смещение вверх худшей педали.

Оценка снижается за чрезмерное статическое смещение педалей вверх. До 90 процентов от лимита, предусмотренного EEVC, штраф не взимается. За превышение лимита в 110 процентов предусмотрен штраф в один балл. Между этими пределами штраф генерируется посредством линейной интерполяции. Предел, согласованный EEVC, составлял 80 мм.

Ступня и лодыжка

Разрыв пространства для ног

Оценка снижается, если имеется значительный разрыв области ног. Обычно это происходит из-за расслоения точечных сварных швов. За разрыв пространства для ног применяется штраф в один балл. Разрыв пространства для ног может либо представлять прямую угрозу для ног водителя, либо быть достаточно обширным, чтобы поставить под угрозу стабильность реакции пространства для ног.

Блокировка педали.

Если смещение назад «заблокированной» педали превышает 175 мм по сравнению с измерением перед испытанием, к оценке стопы и голеностопного сустава водителя применяется штраф в один балл. Педаль блокируется, когда перемещение вставленной педали вперед под нагрузкой 200 Н составляет <25 мм.

При смещении назад от 50 до 175 мм штраф рассчитывается по скользящей шкале от 0 до 1 балла.» [53]

Все современные автомобили при разработке нового типа транспортного средства стараются соответствовать максимальным требованиям EuroNCAP. Для исключения снятия баллов за перемещение

педаль и исключения дополнительных травм ног реализована выпадающая педаль. Тем самым, при фронтальном краш-тесте педаль при достижении определенного перемещения щитка передка выпадает из своего закрепления. Таким образом, перемещение педали равняется 0, исключая дополнительные штрафные баллы.

На автомобилях низкого ценового сегмента данная функция не реализована, что, при определенных деформациях кузова может критически сказаться на оценке по методике EuroNCAP. Педаль, помимо дополнительного штрафного балла за перемещение, наносит дополнительные повреждения ног водителя.

#### Пассажир.

Оценка, полученная на основе данных манекена пассажира, может быть изменена, если можно ожидать, что защита пассажиров разного роста или пассажиров, находящихся на разных сиденьях, или при авариях несколько разной степени тяжести будет хуже, чем та, которая определяется только показаниями манекена. В любом отдельном теле

региона, оценка может снизиться максимум на два балла. Концепции, лежащие в основе модификаторов, объяснены в следующем разделе.

Модификаторы, применимые к пассажиру:

- нестабильный контакт на подушке безопасности,
- опасное срабатывание подушки безопасности.

Согласно GSR-BNCAP от 28.06.2023 неправильное срабатывание подушки безопасности регламентируется следующим образом:

«Оценки устойчивости подушки безопасности, наклона головы (если имеется) и зоны удара по коленям такие же, как для водителя. Для внешнего колена боковая зона удара коленом простирается от центральной линии пассажирского сиденья до внешнего края передней панели. Для внутреннего колена эта область простирается на такое же расстояние внутрь от центральной линии сиденья, если только контакт колена не предотвращается наличием какой-либо конструкции, например центральной консоли. Зоны

коленей пассажира и штрафы не будут разделены на две зоны, даже если не применен модификатор «Сосредоточенная нагрузка».» [56]

В «Биомеханика дорожно-транспортных происшествий» Остренко С.А. формулирует концепцию и цель необходимости закрытия двери по результатам краш-теста.

«Концепция: Цель состоит в том, чтобы обеспечить сохранение структурной целостности. Основным принципом заключается в минимизации риска катапультирования пассажиров.

Модификатор «открытие двери» будет применен, если произошло любое из следующих событий:

- защелка полностью освободилась или демонстрирует значительное частичное освобождение либо за счет отделения ее компонентов друг от друга, либо за счет эффективного отделения одной части защелки от ее поддерживающей конструкции.

- Защелка вышла из полностью закрытого состояния.

- если какая-либо петля оторвалась от двери или кузова или из-за внутренней неисправности петли.

- при потере конструкции между петлями и защелками.» [56].

Если дверь или петли выходят из строя во время проведения испытаний на открытие двери после удара, как нагрузка от пассажира может иметь аналогичный эффект.

В «Биомеханика дорожно-транспортных происшествий» Остренко С.А. подробно описано начисление штрафных баллов по методике ARCAP за открытие двери во время испытания.

«Модификатор будет применен к общей оценке автомобиля для каждой открывающейся двери (включая задние двери и сдвижную крышу). Количество модификаторов открытия дверей, которые можно применить к оценке автомобиля, не ограничено.

Концепция: Цель состоит в том, чтобы обеспечить сохранение структурной целостности. Основным принципом заключается в минимизации риска катапультирования пассажиров.

Модификатор «открытие двери» будет применен, если произошло любое из следующих событий:

Защелка полностью освободилась или демонстрирует значительное частичное освобождение либо за счет отделения ее компонентов друг от друга, либо за счет эффективного отделения одной части защелки от ее поддерживающей конструкции.» [56]

Важно отметить, что при испытаниях на соответствие требованиям правил ЕЭК ООН № 95 «Единообразные предписания касающиеся защиты водителя и пассажиров в случае бокового столкновения» неразблокировка боковых дверей по результатам краш-теста является блокирующим фактором при прохождении испытаний по 3 поправке правил. Таким образом, если автомобиль соответствует требованиям 2 поправки, это не дает гарантию обязательного прохождения требований 3 поправки. Из этого можно сделать вывод, что при вступлении в силу 3 поправки правил ЕЭК ООН № 95 «Единообразные предписания касающиеся защиты водителя и пассажиров в случае бокового столкновения» необходимо проводить полную пересертификацию автомобилей.

При рассмотрении темы пересертификации автомобилей при введении новых требований в текущие правила ЕЭК ООН, необходимо рассмотреть переход с 6 поправки на 8 в рамках требований правил №16 ЕЭК ООН «Единообразные предписания касающиеся ремней безопасности и удерживающих систем».

Согласно 6 поправке правил ЕЭК ООН №16, сигнализатором ремня безопасности должно быть оборудовано только водителя.

Напротив, при 8 поправке правил ЕЭК ООН №16, возникает необходимость проверки оборудования сигнализатором ремня безопасности

не только водительского места, но и всех мест пассажиров, включая места второго ряда.

Важно отметить, что под сигнализатором подразумевается индикация на панели приборов автомобиля или в зоне прямой видимости водителя. Данная индикация называется – сигнализатор первого уровня. Таким образом, можно сделать вывод, что индикация первого уровня состоит только из визуального предупреждения.

Сигнализация второго уровня состоит из звукового сигнала, подающимся при определенных режимах, называемых нормальными условиями эксплуатации. Немаловажно отметить, что сигнализатор второго уровня (звуковой сигнал), согласно требованиям правил, должен подаваться только при непристегнутом водителе и пассажире первого ряда. Данное требование не распространяется на пассажиров второго ряда. Таким образом, можно сделать вывод, что для соответствия требованиям правил ЕЭК ООН №16 достаточно оснащение второго (при наличии и третьего) сидений сигнализатором непристегнутого ремня безопасности первого уровня.

В методике GSR-BNCAP от 28.06.2023 приведены факторы критично влияющие на оценку по методике ARCAP при открывании боковых дверей автомобиля во время проведения испытания.

«Существовал ли потенциальный риск выброса пассажиров и/или частичного выброса/захвата из таких отверстий, как раздвижные двери или сдвижная крыша. Динамическое открытие при ударе любых проемов, например крыш, также будет учитываться, даже если проемы прошли испытания на закрытие.

Если обе боковые двери защелкиваются вместе без средней стойки или другой формы фиксации, модификатор может применяться как к передней, так и к задней двери.» [56].

Усилие, необходимое для отпирания и открытия каждой боковой двери на угол 45 градусов, измеряется после удара. Также регистрируются любые двери, которые отпираются или открываются при ударе.

Классификация усилия открывания дверей приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Классификация усилия открывания дверей

Открытие двери	Открытие с помощью рук
Минимальная сила	$\leq 100$ Н
Средняя сила	$> 100$ Н до $< 500$ Н
Большая сила	$\geq 500$ Н
Использование инструментов	Инструменты необходимы

Пределы значений при наличии жесткого контакта приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Пределы значений при наличии жесткого контакта

Верхний предел	
НПС	650
Результирующее ускорение	72g
Нижний предел	
НПС	100
Результирующее ускорение	88g

В рамках данной работы предлагается особое внимание уделить штрафным баллам, начисляемым за перемещение рулевой колонки и последствиям несрабатывания краш-функции.

По данным пункта 6.1.1. протокола EuroNCAP [53] при перемещении до 90 мм штрафные баллы по методике не начисляются. За превышение перемещения 110 мм предусмотрен штраф в 1 балл. Между этими пределами штраф генерируется посредством линейной интерполяции.

Ограничения по перемещению:

– 100 мм – вперед,



- 80 мм – в сторону,
- 100 мм – в сторону.

Модификатор, используемый при оценке, основывается на наихудшем значении при движении вперед, вверх и вбок.

Из приведенной выше информации мы видим, что в случае несрабатывания краш-функции рулевой колонки автомобиль гарантировано теряет минус 1 балл при оценке по методике ARCAP.

Необходимо отметить, что по методике Euro NCAP 2008, которая является основой для начисления баллов при ARCAP, оценивается контакт манекена водителя с рулевым колесом. За данный контакт также снимается 1 балл.

Повреждения салона автомобиля в районе рулевого колеса могут указывать на контакт с головой. К этому следует относиться с осторожностью, поскольку следует устранить другие источники повреждений, такие как руки и предплечья, и проверить любой предполагаемый контакт на наличие высокоскоростной пленки, переноса краски и следов.

Силы, действующие через подушку безопасности, особенно над центром рулевого колеса, могут деформировать обод колеса вперед, в сторону от водителя. Часто верхняя часть обода рулевого колеса плохо поддерживается спицами. Соосность колеса в месте контакта с головкой следует проверить по светочувствительной пленке и меткам переноса краски. Деформация обода рулевого колеса не обязательно означает, что подушка безопасности достигла нижнего предела.

Основными источниками информации являются график ускорения головы и видео с высокоскоростной камеры.

С помощью высокоскоростной аппаратуры возможно оценить произошел ли контакт головы манекена водителя с рулевым колесом. Данная оценка может критически сказаться на количестве баллов по методике

ARCAP и привести к снижению оценки с 3 до 4 звезд, что существенно ухудшает потребительские свойства автомобиля.

Следы следует проверять на предмет быстрого изменения градиента в тот момент, когда голова находится глубоко внутри подушки безопасности. Крайне важно связать любой всплеск с соответствующим участком высокоскоростной пленки. Для того чтобы произошло опускание, в мешке должно оставаться недостаточно газа, чтобы предотвратить контакт головы с конструкциями на нижней стороне мешка. Если есть подозрение, что голова достигла нижнего предела, могут потребоваться увеличенные участки соответствующей трассы для создания линии, представляющей плавную интерполяцию кривой между началом и концом пика нижнего предела. Затем можно провести измерения, показывающие продолжительность пика и относительную амплитуду. Для применения модификатора нижнего предела напора результирующий пик должен иметь продолжительность более 3 мс и более чем на 5 g выше уровня окружающей среды, который был бы достигнут в отсутствие какого-либо нижнего предела.

Также следует провести оценку участка рулевого колеса, где произошло опускание. Если бы точка контакта была очень жесткой областью, такой как ступица рулевого колеса, можно было бы ожидать увидеть кратковременный импульс. Если головка опустилась на относительно плохо поддерживаемую часть обода рулевого колеса, можно было бы ожидать более мягкого и продолжительного пульса. В некоторых случаях обод рулевого колеса может стать более жестким, обеспечивая лучшую поддержку, поскольку он динамически опускается на переднюю панель. Иногда это можно рассматривать как увеличение ускорения при прохождении мешка. Физическая проверка автомобиля в статичном состоянии должна выявить близость места удара к любым окружающим конструкциям.

Следует проверить любое перемещение рулевой колонки, так как окончание осевого перемещения иногда может быть резким, что приводит к

всплеску следа головки. Снова проверьте относительную синхронизацию по трассе с данными высокоскоростной пленки.

Следы ускорения головы показывают, достигла ли подушка безопасности нижнего предела и произошел ли жесткий контакт. Следует учитывать любые внезапные изменения градиента. Резкие входные сигналы, которые не появляются на результирующей трассе, могут быть только результатом вращения головы и последующего смещения ускорения между компонентами без общего увеличения ускорения.

Следы на шее также могут свидетельствовать о плохом сдерживании. Полезными ориентирами являются нагрузка на шею вперед и назад, сдвиг  $F_x$  и напряжение шеи  $F_z$  вместе с отрицательной составляющей момента  $M_y$  шеи, рассчитанной на затылочном мышечке и разгибании шеи. Высокие значения или резкие изменения градиента могут указывать на плохую эффективность удержания.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что подушка безопасности является одним из ключевых частей удерживающей системы. Она играет важнейшую роль для критериев травмирования манекена и позволяет исключить штрафной балл за контакт головы с рулевым колесом

Рассмотрим начисление данного штрафного балла на примере автомобиля Volkswagen Scirocco [53].

На рисунке 17 видно, что существует вероятность контакта головы манекена с рулевым управлением при фронтальном ударе на скорости 64 км/ч с 40 % перекрытием.

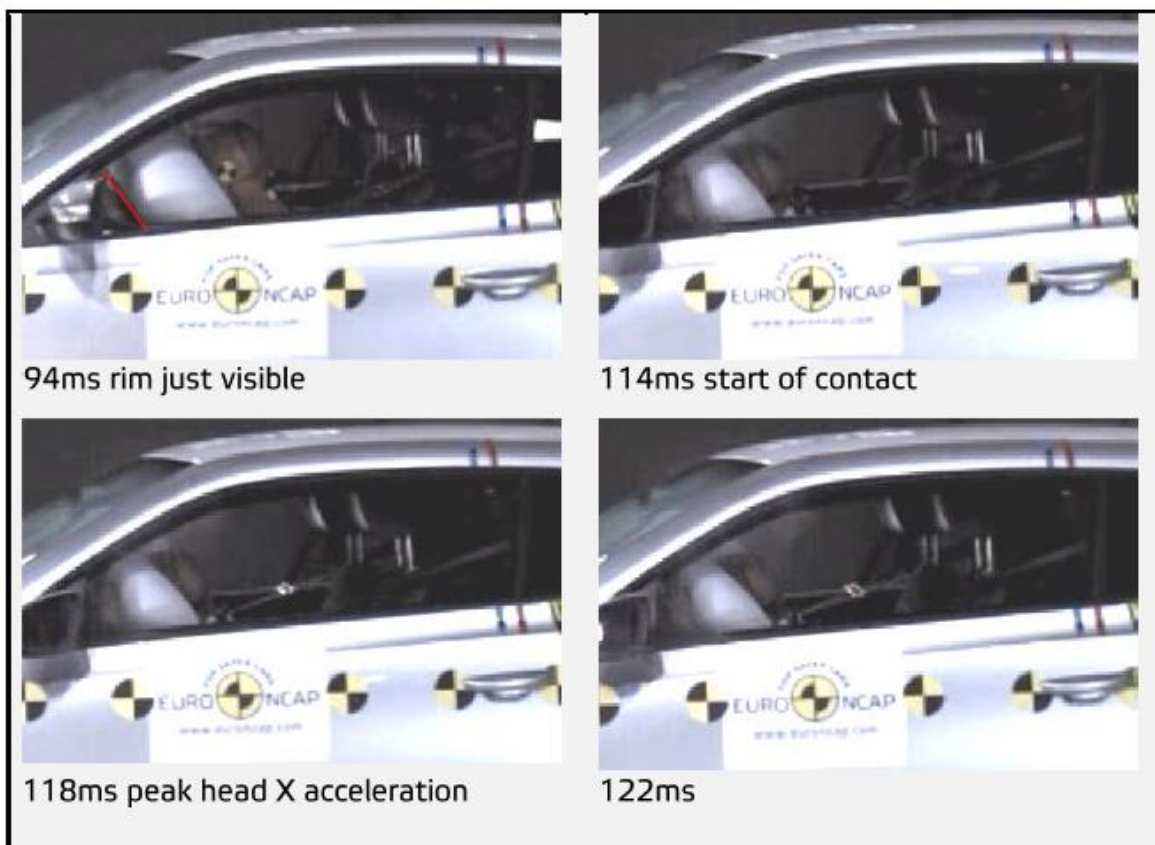


Рисунок 17 – Краш-тест автомобиля Volkswagen Scirocco

Для определения необходимости снятия штрафного балла необходимо проанализировать график замедления головы водителя.

График замедления головы водителя изображен на рисунке 18.

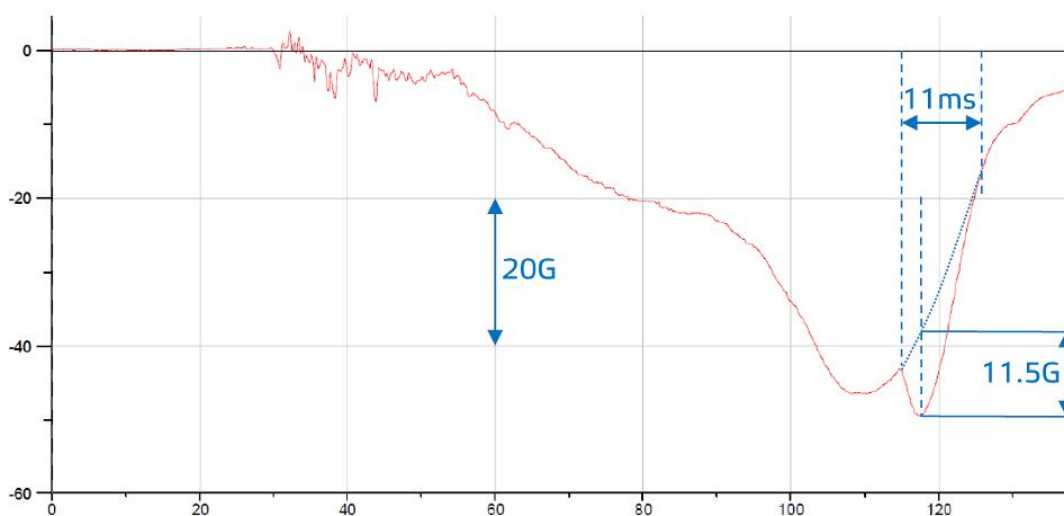


Рисунок 18 - График замедления головы водителя при испытании автомобиля Volkswagen Scirocco

По графику видно, что наблюдался пик в районе 118 мс, продолжительностью около 11 мс и увеличением на 11.5 g. Для снятия балла по методике Euro NCAP 2008 данный пик должен быть продолжительностью более 3мс и увеличиваться на 5 g. В рассматриваемом случае, оба критерия соблюдены, поэтому есть основания для снятия балла. [53]

Как мы видим из рисунка 13, не всегда по видео возможно оценить контакт головы манекена водителя с рулевым колесом. Ввиду этого необходимо прибегать к анализу замедлений головы водителя описанному выше.

Далее рассмотрим результат краш-теста ARCAP автомобиля LADA XRAY Cross от 2019 года [6].

По данной методике автомобиль набирает 13.7 баллов и 4 звезды, результаты указаны в таблице на рисунке 19.

Результаты краш-теста				
Параметры измерений	Автомобиль		Нормы ARCAP	
	Лада XRAY Cross		граница «зеленой» зоны	граница «красной» зоны
	манекен водителя	манекен пассажира		
Максимальная перегрузка головы*, g	60	47	72	88
НІС	599	405	650	1000
Изгибающий момент шеи, Нм	21	7	42	57
Сжатие грудной клетки, мм	24	21	22	50
Наибольшая нагрузка на бедренную кость, кН	1,3	1,3	3,8	9,07
Наихудший критерий травмы голени TI	0,59	0,33	0,4	1,3
Деформация левой стороны кузова по горизонтали, мм	стойка лобового стекла	20	—	100
	торец рулевой колонки	25 (перемещение вперед)	—	90
	педали сцепления / тормоза	84/73	—	100

\* Длительностью 3 мс, \*\* Нормы ARCAP для вертикального перемещения 72—88

Рисунок 19 – Результаты краш-теста ARCAP автомобиля LADA XRAY Cross

Из данной таблицы мы видим, что штрафные баллы, за перемещение рулевой колонки и контакт манекена с рулевым управлением, не были

начислены. Обуславливаются такой результат корректным срабатыванием краш-функции рулевой колонки.

Рассмотрим случай, если бы краш-функция рулевой колонки не сработала. Таким образом, автомобиль получил бы гарантированный минус балл за перемещение рулевой колонки и был бы произошла бы потеря балла за контакт манекена с рулевым управлением. Исходя из этого мы видим, что автомобиль, в рассмотренной ситуации набирает 11.7 баллов, что влечет потерю 1 звезды ARCAP. Данная ситуация ставит автомобиль LADA XRAY Cross на один уровень по безопасности с автомобилем LADA Kalina (испытание от 2015 года).

#### Выводы по главе 1

Проведя аналитическое исследование законодательных требований:

– «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя от удара о систему рулевого управления»,

– «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя и пассажиров в случае лобового столкновения»,

– «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей в случае лобового столкновения с уделением особого внимания удерживающей системе»,

а также требований методики ARCAP для автомобилей, выпускаемых и продаваемых на территории Российской Федерации, можно сделать следующие выводы:

– рулевая колонка является одним из ключевых комплектующих для безопасности водителя автомобиля,

– краш-функция рулевой колонки является обладает определяющими характеристиками для прохождения сертификационных испытания на соответствие требованиям правил ЕЭК ООН №12, 94, 137,

– рулевая колонка обладает существенным влиянием на оценку автомобилей по методике ARCAP.

## **2 Разработка стенда для испытания краш-функции рулевой колонки**

### **2.1 Описание испытательного стенда**

Стенд для испытания на энергоемкость узлов и деталей интерьера автомобиля (ИС-12) [8] расположенный на территории отдела пассивной безопасности, управления стендовыми испытаниями, дирекции по испытаниям материалов и автомобилей АО «АВТОВАЗ» может быть основой для основой для разрабатываемого стенда.

Данное оборудование представляет собой комбинированный ударный стенд ИС-12, предназначенный испытаний узлов автомобиля на энергоемкость. Он позволяет имитировать столкновение водителя и пассажиров с рулевой колонкой, панелью приборов, деталями интерьера салона, регистрировать параметры удара: скорость, замедление, усилие, создавать различные условия испытаний обрабатывать получаемую информацию.

Испытания проводятся по методикам правил ЕЭК ООН №12 и ЕЭК ООН №21. Испытательным блоком для этих испытаний является торс манекена или модель головы.

Испытание заключается в нанесении удара и регистрации зависимости усилия или замедления от времени контакта испытательного блока с объектом испытания.

Исходные параметры испытания:

- масса испытательного блока;
- геометрические параметры блока;

- момент инерции блока вокруг поперечной оси, проходящий через центр масс;
- жесткость испытательного блока;
- силовая характеристика пружины испытательного механизма;
- геометрические параметры относительного расположения испытательного блока и испытательного объекта.

Сменная оснастка позволяет иметь 2 вида траектории движения испытательного блока:

- прямолинейная траектория;
- траектория движения по окружности заданного радиуса.

Траектория движения по окружности применяется для испытания панелей приборов, сидений и рулевых управлений.

Прямолинейная траектория применяется для испытания рулевых управлений.

Технические характеристики ИС-12 приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики ИС-12

Масса испытательного блока, кг		33,97-36,23
Геометрические размеры от точки Н до макушки, мм		845
Момент инерции, кг/м <sup>2</sup>		2,031-2,482
Жесткость испытательного блока, кг/см		107-143
Аккумулирующее устройство	А) усилие развиваемое пружиной при сжатии до соприкосновения витков, Н	20000
	Б) Максимальный ход пружины, мм	200

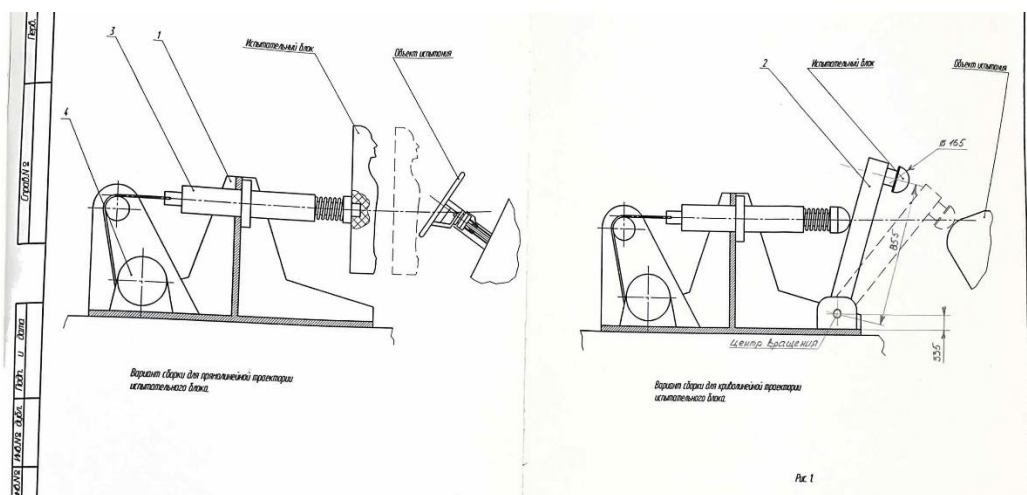


Приводной электродвигатель	А) тип	АОЛ-2-12-4
	Б) мощность, кВт	0,8
	В) Частота вращения, 1/мин	1500

Продолжение таблицы 4

Основной редуктор	А) тип	Планетарный
	Б) Передаточное число	U2=80
Расчетный диаметр барабана, мм		104
Диаметр троса, мм		10

Стенд состоит из аппаратуры подготовительной, регистрирующей, рассчитывающей и исполнительного механизма. Описанный выше стенд представлен на рисунке 20.



1 – станина; 2 – рычаг; 3 – затвор; 4 - привод

Рисунок 20 – Стенд для испытания на энергоёмкость узлов и деталей интерьера автомобиля

Стенд состоит из аппаратуры подготовительной, регистрирующей, рассчитывающей и исполнительного механизма.

Исполнительный механизм состоит (рисунок 21):

Станина 1 представляет собой сварную конструкцию достаточной массы и жесткости, так как воспринимает все реактивные моменты в процессе испытаний. Станина имеет вертикальные пазы для регулировки затвора по высоте.

Качающий рычаг 2 является съемной деталью и служит для создания траектории движения испытательного блока по окружности заданного радиуса. Рычаг оборудован тормозным устройством, которое не позволяет произвести повторный удар. Масса, геометрические размеры и форма рычага оговариваются методикой испытания.

Затвор 3 является устройством, аккумулирующим энергию пружин при их сжатии и мгновенным ее освобождением в заданный момент, для того чтобы придать испытательному блоку необходимую скорость перемещения в направлении к объекту испытания.

На рисунке 21 показана затворная часть стенда для испытания на энергоемкость узлов и деталей интерьера автомобиля.

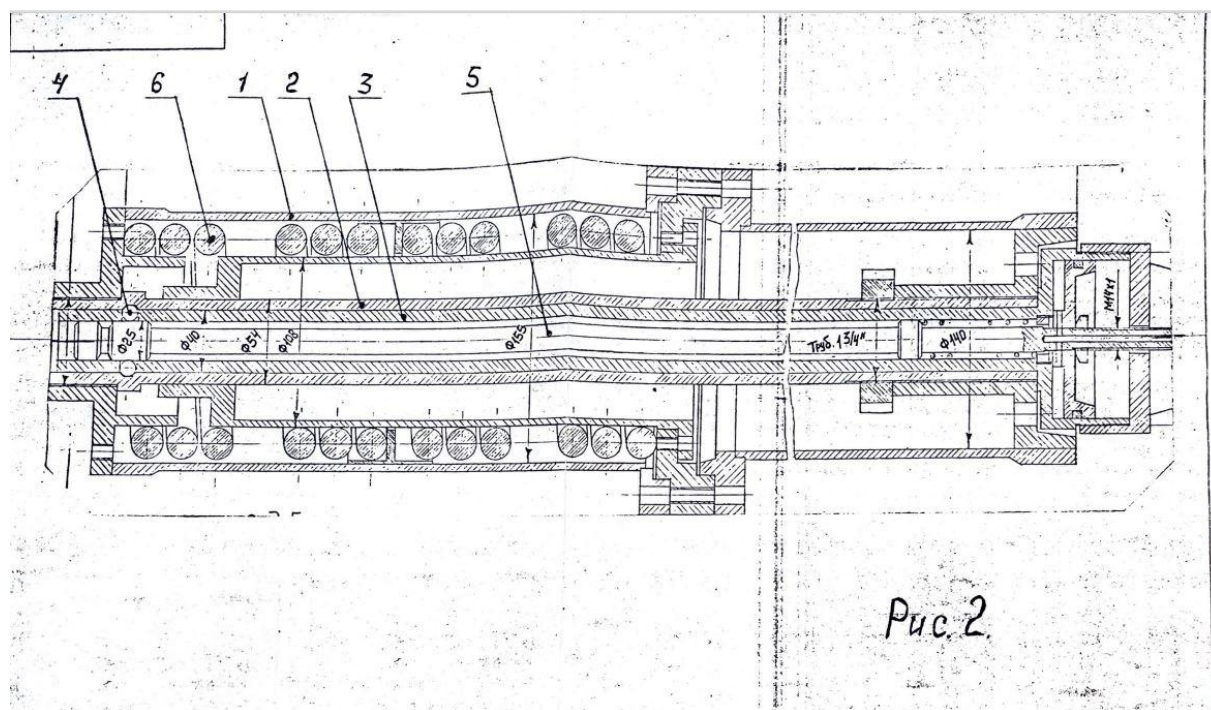


Рисунок 21 – Затворная часть стенда для испытания на энергоемкость узлов и деталей интерьера автомобиля

Затвор является устройством, аккумулирующим энергию пружин при их сжатии и мгновенным ее освобождением в заданный момент, для того чтобы передать испытательному блоку необходимую скорость перемещения в направлении к объекту испытания.

Корпусной деталью затвора является гильза 1, которая крепится к станине и является неподвижной деталью. Шток 2 при втягивании сжимает рабочие пружины внутренним торцом своего фланца, а при «выстреле» внешним торцом передает энергию сжатых пружин испытательному блоку.

Втягивание и освобождение штока производится с помощью замкового устройств, которое работает следующим образом. Внутри штока расположена еще одна гильза 3, которая находится в постоянной сцепке с тросом лебедки. Эта гильза захватывает или освобождает рабочий шток с помощью шариков 4. Шарики управляются ползуном 5, расположенным внутри гильзы.

Шарики 4 выжимаются за пределы гильзы 3, и она сцепляется с рабочим штоком, в тот момент, когда они находятся на гладком участке ползуна. При этом положении осуществляется взвод затвора, то есть сжатие пружин 6.

«Выстрел» происходит в тот момент, когда ползун, перемещаясь внутри гильзы, подойдет к шарикам кольцевой проточкой. Шарикам попадут в кольцевую проточку ползуна и не выступят за пределы гильзы. Гильза освобождает рабочий шток. Происходит «выстрел».

Привод 4 представляет собой лебедку, с помощью которой производится сжатие пружин затвора.

Вращательное движение от электродвигателя к барабану передается через два редуктора. Основным редуктором является планетарный редуктор, на выходном валу которого расположен барабан с тросовой укладкой. Барабан сцеплен с выходным валом управляемой муфтой, благодаря чему имеется возможность манипулировать замковым устройством затвора без включения привода.

Передаточное число планетарного редуктора – 20. Планетарный редуктор получает вращательное движение от волнового редуктора.

Волновой редуктор предотвращает вращение барабана от силы сжатых пружин в момент отключения электродвигателя. Передаточное число волнового редуктора – 80.

Источником вращательного движения привода является асинхронный электродвигатель АОЛ2-12-4. Электродвигатель включен в реверсивном режиме.

Согласно разработанному проекту стенда, ударник (6) выполнен в виде стального прямого кругового цилиндра диаметром 180 мм и массой 30 кг.

Схема ударника показана на рисунке 22.

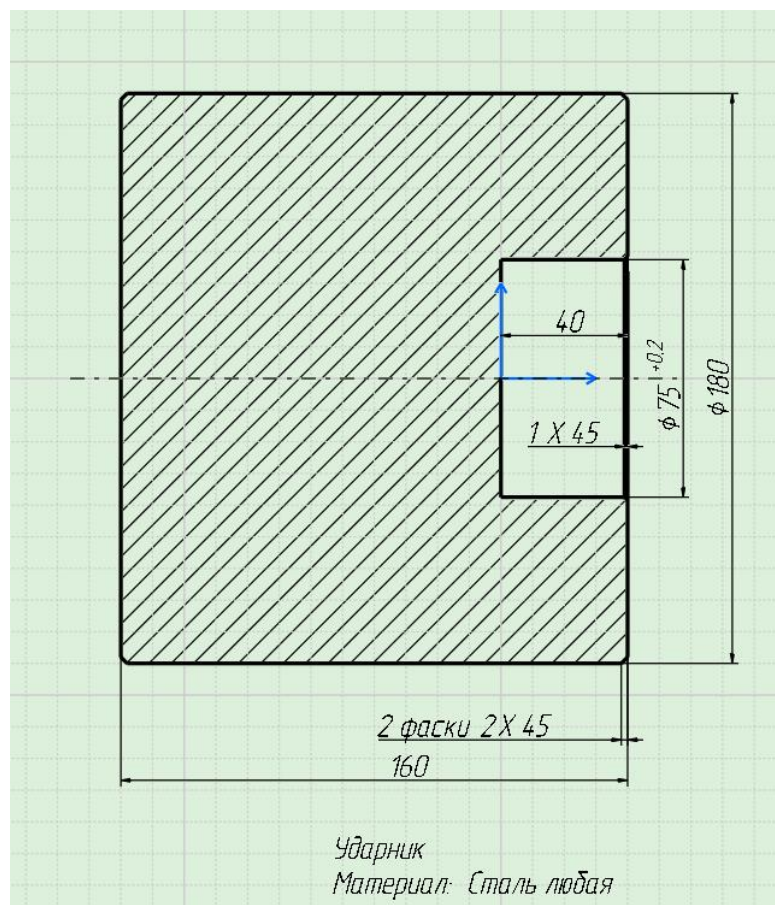


Рисунок 22 – Ударник

Разгонный модуль (1) является устройством, аккумулирующим энергию пружин при их сжатии и мгновенным ее освобождением в заданный момент для того, чтобы придать испытательному блоку необходимую скорость перемещения в направлении к объекту испытания. Разгонный модуль расположен с углом возвышения 2 градуса по отношению к горизонту. Это позволяет наносить удар в верхней точке траектории, параллельно горизонту.

Стенд имеет датчик силы (7), закрепленный через переходник (4) на рулевом валу испытываемой рулевой колонки представлен на рисунке 23.

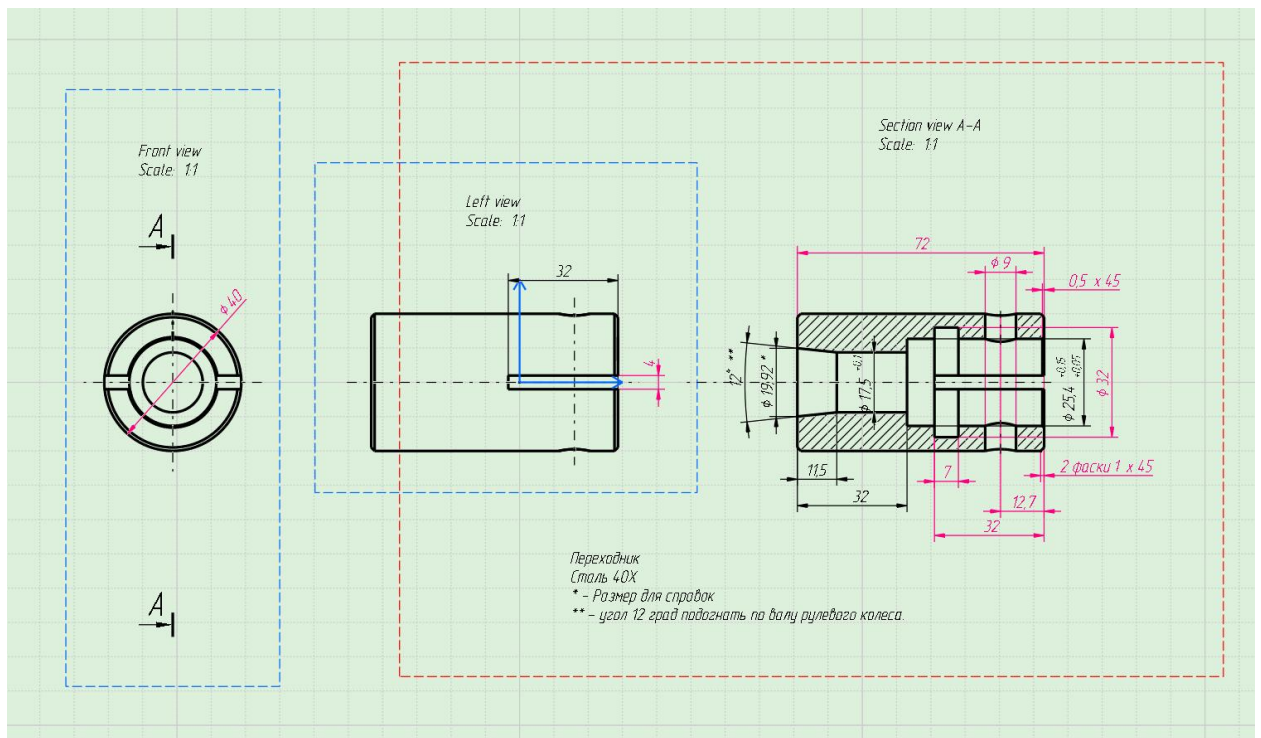


Рисунок 23 – Переходник

На другом конце датчика, в оси рулевого вала расположена полусфера (5) радиусом 38 мм.

Полусфера радиусом 38 мм показана на рисунке 24.

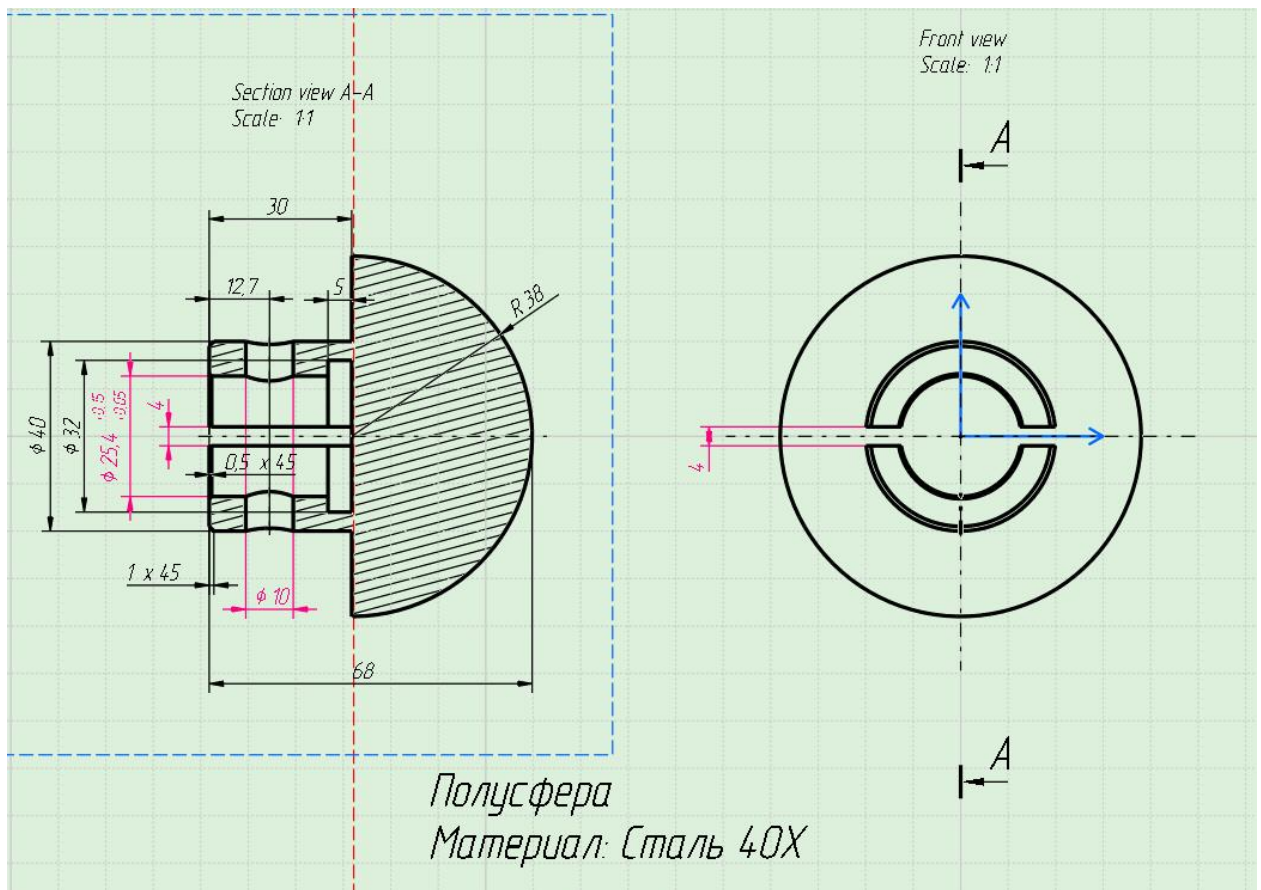


Рисунок 24 – Полусфера

Данная полусфера воспринимает усилие ударника (6) и передает нагрузку на датчик силы (7) и испытываемый образец (2).

Схема испытательного стенда изображена на рисунке 25.

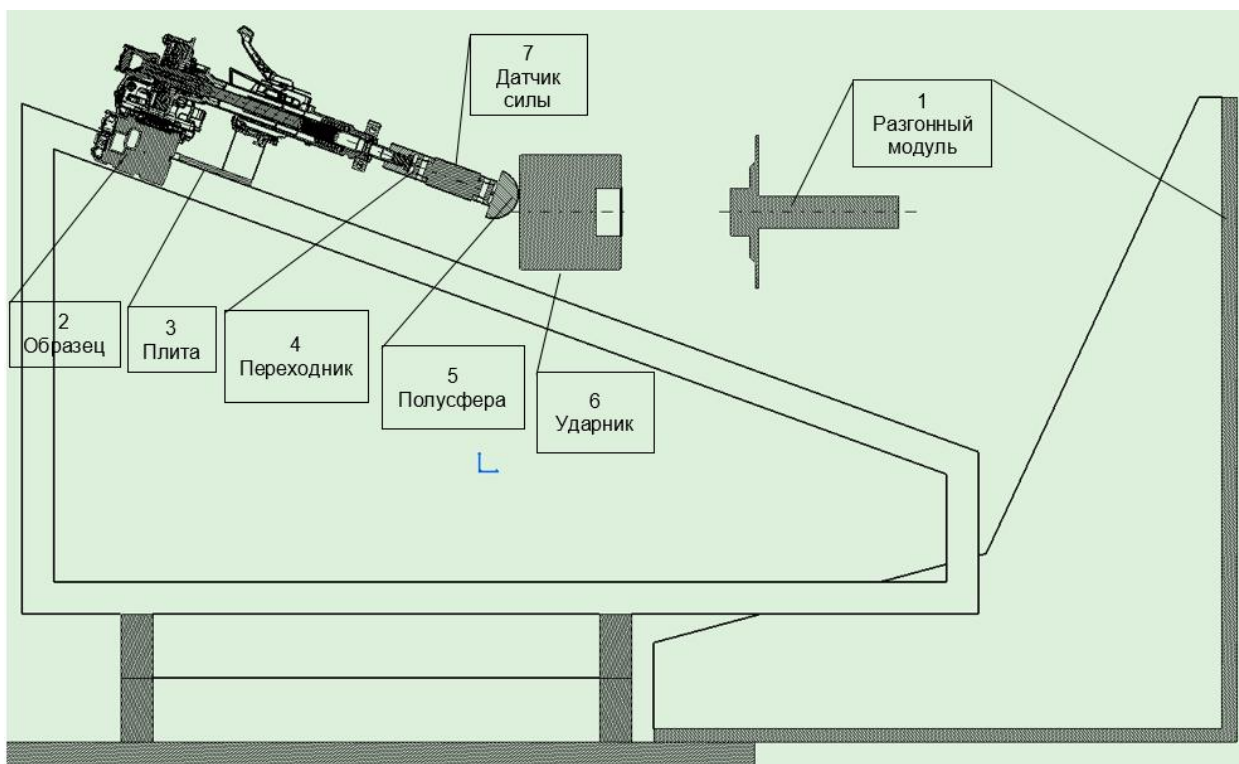


Рисунок 25 - Испытательный стенд

Стенд оборудован качающимся датчиком перемещения. Датчик регистрирует перемещение рулевого вала в процессе испытания. Частота сбора данных 10 КГц.

Стенд оснащен высокоскоростной видеокамерой с частотой съемки 2100 кадров в секунду и лазерным измерителем скорости снаряда, расположенными на перпендикулярно плоскости бросания ударника, а также компьютерами, расположенными за пределами монтажной плиты, подключенными к видеокамере, датчикам и измерителю скорости ударника.

Для проведения испытания рулевой колонки выполняют соединение ударника и разгонного модуля. После этого осуществляют сжатие пружины на величину, обеспечивающую разгон ударника до скорости  $(22,9 \pm 0,5)$  км/ч.

В качестве датчика силы предлагается использовать датчик силы фирмы KISTLER, тип M505A1A, изображенный на рисунке 26.



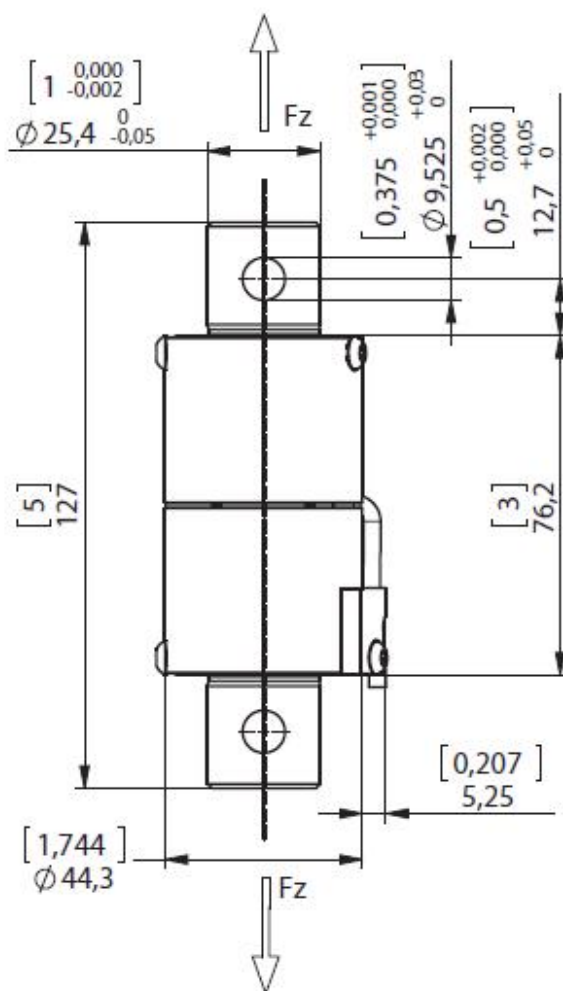


Рисунок 26 – Датчик силы тип M505A1A фирмы KISTLER

Данный датчик предназначен для измерения усилий в бедренной кости манекенов для краш-теста НШ-5%, НШ-50% и НШ-95% [9].

Тензодатчик представляет собой деформируемое тело, на которое воздействуют силы. Это механические силы создают растяжения и датчики, которые вызывают изменения сопротивления применяемый измерительных элементов. Полученные измерения сопротивления измеряется в виде электрических сигналов в мостовой цепи.

Чтобы достичь высокой точности измерений, датчик обладает высокой жесткостью (деформации конструкции малы).

При краш-тесте датчик нагрузки устанавливается непосредственно в специально отведенном месте на манекене и предоставляет важную

информацию о нагрузках на тело человека, возникающих во время краш-теста.

Датчик силы устанавливается через переходник 4 на рулевую колонку 2.

В качестве измерителя перемещения предлагается использовать датчик T75 фирмы Novotechnik изображенный на рисунке 27.

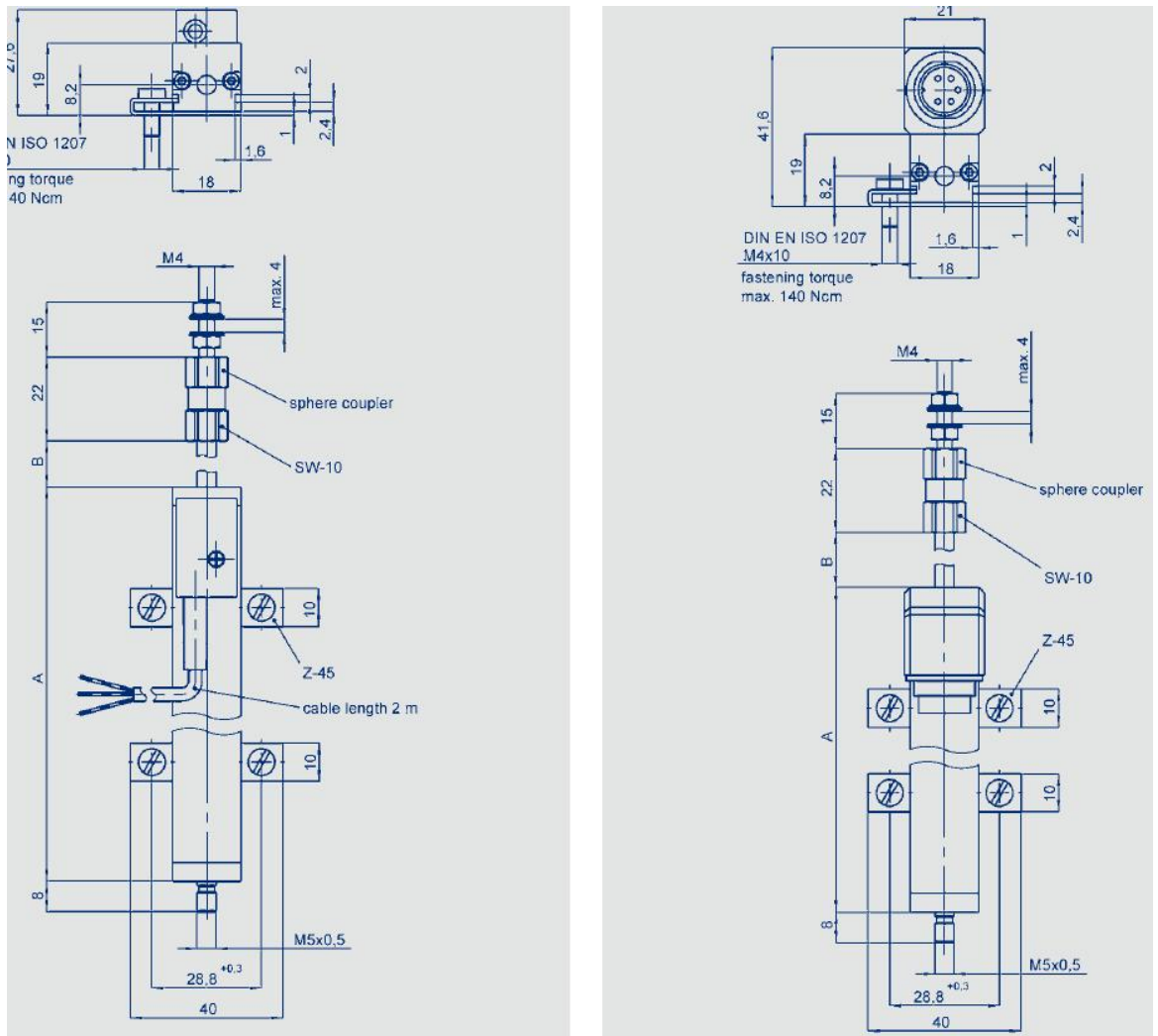


Рисунок 27 – Датчик перемещения T75 фирмы Novotechnik

Датчик положения, использует токопроводящие пластиковые направляющие, которые обеспечивают прямое и точное измерение перемещения в системах отображения. Толкатель с обоих концов опирается

на металлические подшипники скольжения, что обеспечивает высокие боковые усилия на конце стержня, что гарантирует надежный контакт при ударах и вибрации. Шаровая муфта обеспечивает работу без люфта даже при параллельном или угловом смещении. Муфта может устанавливаться на любом конце вала.

Важным фактором для проведения валидационных и сертификационных испытаний является официальная калибровка данных датчиков и выдача сертификата соответствия заявленным характеристикам. Без данного документа использование предоставленных высокоточных датчиков для проведения сертификационных испытаний не предоставляется возможным.

Для регистрации перемещений вместо датчика T75 фирмы Novotechmik возможно использование датчика MT2A.

MT2A — представитель линейки прочных, точных миниатюрных датчиков положения с удлиненным кабелем, разработанных специально для испытательных нагрузок. Одним из основных преимуществ этого датчика является его вращающийся на 360° двухосевой монтажный кронштейн, обеспечивающий быструю и простую установку в любом направлении.

MT2A поставляется в 5 различных диапазонах измерения: 0-3", 0-9", 0-15", 0-30", 0-50" и оснащен высоконатянутым сверхпрочным измерительным кабелем, разработанным для высоких ускорений, возникающих при и автомобильных краш-тестах. Крышка датчика выполнена из алюминия.

Датчик перемещения MT2A изображен на рисунке 28.

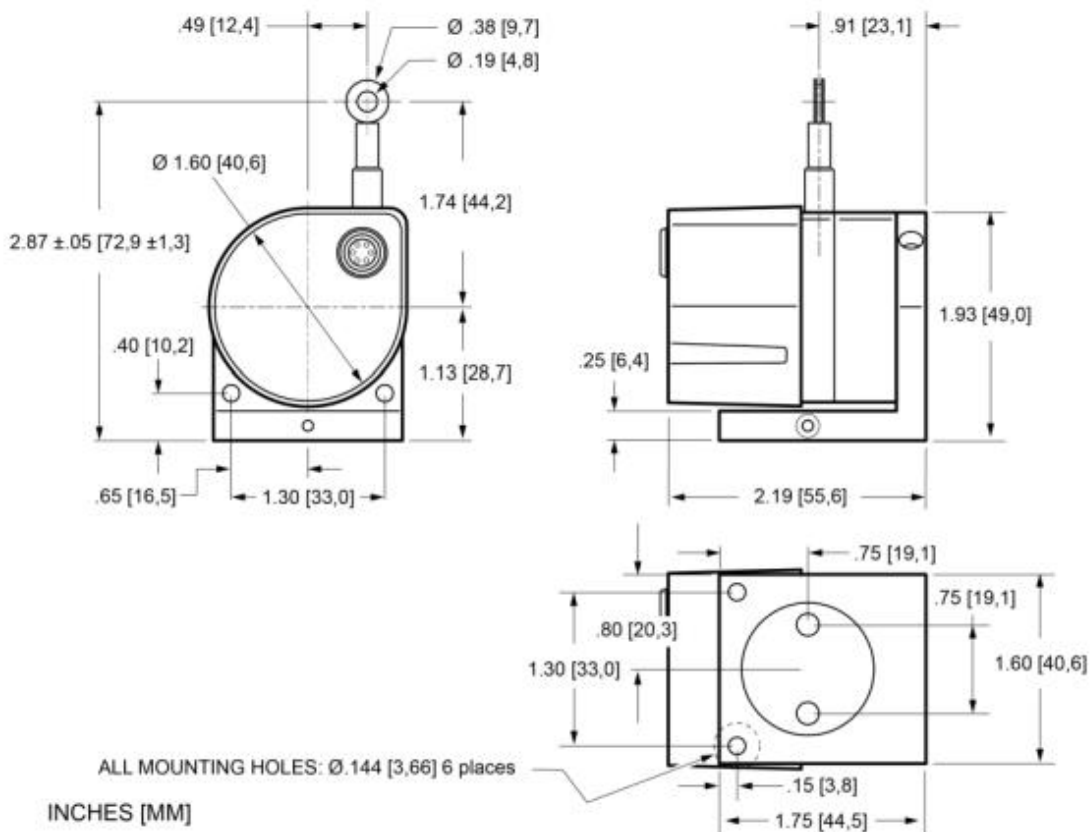


Рисунок 28 – Датчик перемещения МТ2А

Данный датчик обладает небольшими габаритами, что подходит для использования на разрабатываемом стенде испытания краш-функции рулевой колонки.

## 2.2 Методика испытания краш-функции рулевой колонки

### 2.2.1 Установка испытываемой рулевой колонки

Рулевая колонка монтируется на приспособлении аналогичным образом что и на автомобиле, за исключением того, что верхняя часть рулевой колонки находится внизу. Угол вала рулевой колонки относительно горизонтальной плоскости соответствует конструктивному положению рулевой колонки в автомобиле (20°). Относительно вертикальной плоскости

вал рулевой колонки параллелен оси автомобиля. Положение регулировки по высоте и по вылету – среднее.

Разгонное устройство ударника устанавливается под углом  $2^\circ$  относительно горизонта. Соприкосновение ударника и рулевой колонки происходит в верхней точке траектории ударника. Масса ударника 30 кг.

На рулевую колонку через переходники монтируются датчики перемещения и силы. На датчик перемещения монтируется сферический элемент, с радиусом сферы R38, по которому производится удар.

Схема установки испытываемой рулевой колонки показана на рисунке 29.

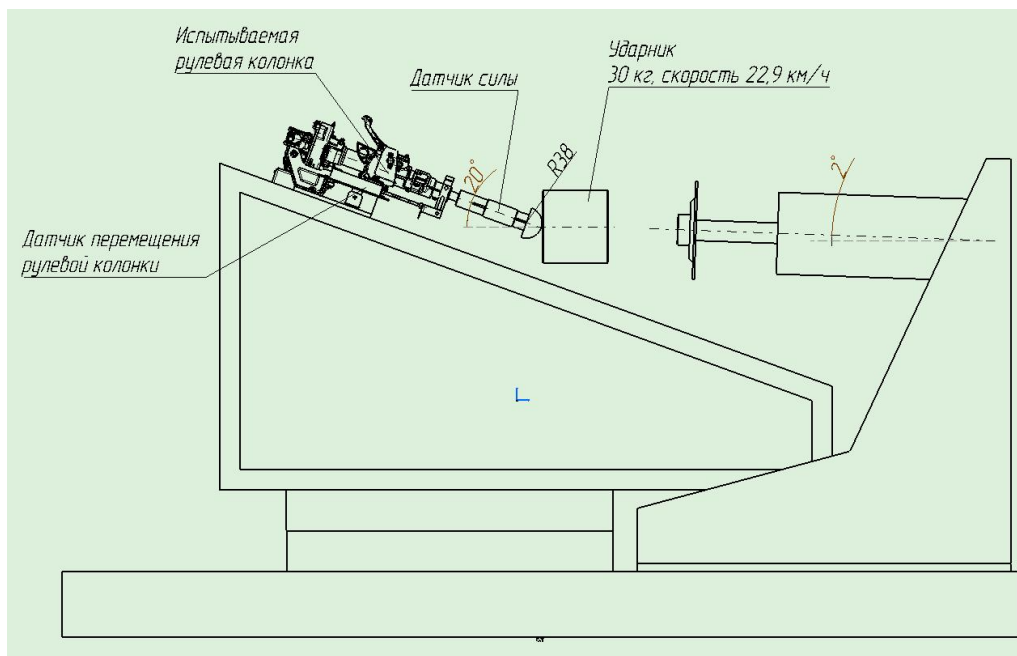


Рисунок 29 – Установка испытываемой рулевой колонки на стенде

### 2.2.2 Процедура проведения испытания

Ударник разгоняется до скорости  $(22,9 \pm 0,5)$  км/ч и наносит удар по рулевой колонке.

Производится скоростная видеосъемка испытаний с частотой кадров не менее 1000 кадров в секунду.

Скорость ударника в момент контакта регистрируется лазерным speedometerом.

Во время испытания показания датчиков силы и перемещения снимаются с частотой 10 кГц.

Показания датчика силы фильтруются с частотой CFC 180 по ISO 6487.

Строится график перемещение – сила, который должен располагаться в коридоре изображенном на рисунке 30.

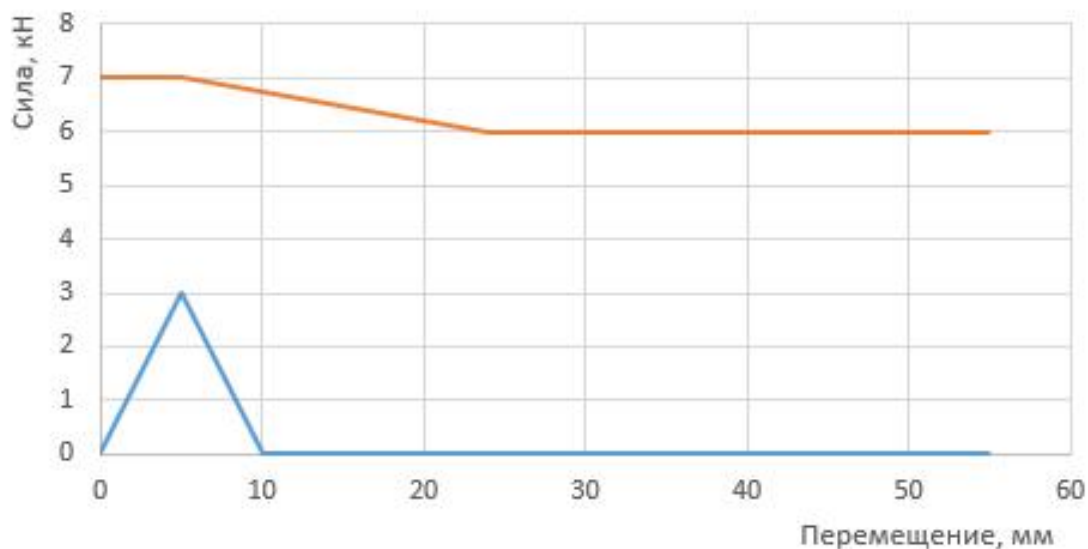


Рисунок 30 – Коридор допустимых значений

ений силы

На основе вышеперечисленных данных была составлена статья. Данная статья была предоставлена на научно-практическую конференцию студентов и молодых ученых а также опубликована в научном издании «Молодежная наука в развитии регионов» на странице 211. Выдержки их научного издания приведены на рисунке А.1 и А.2 Приложения А.

### 2.3 Приблизительный анализ экономической эффективности стенда

Данный раздел предполагает выполнение экономического обоснования проведения испытаний краш-функции рулевой колонки на разработанном стенде в сравнении с проведением реального краш-теста по методике ARCAP.

Для данного стенда необходимы:

– кронштейн датчика перемещения,

- полусфера (переходник),
- кронштейн датчика перемещения,
- плита колонки,
- ударник.

Данные детали предлагается выполнить из стали 40Х. Для данных работ необходимо 50 кг материала – затраты 5000 рублей.

На изготовление деталей рабочему потребуется 84 н/ч, что эквивалентно 7 рабочим дням. Таким образом, затраты на заработную плату равны 24500 рублей.

Рассмотрим затраты на одну итерацию тестов на испытательной площадке.

В данной работе планируется задействовать 3 РСИС. Они будут заниматься подготовкой испытания, что включает в себя: проверку и подключения измерительной аппаратуры, подготовку испытательного стенда, проведения предварительных ударов. На данную работу потребуется 80 нормо-часов. Таким образом, затраты на заработную плату равны 35000 рублей.

Общие затраты на одно испытание, включающие в себя материал для комплектующих изделий, заработную плату сотрудникам, составляют 64500 рублей.

Необходимо отметить, что затраты на изготовление комплектующих изделий из полученной суммы составляют 29500 рублей и данные траты единоразовые. Таким образом, стоимость следующих испытаний составляет 35000 рублей.

Для оценки целесообразности затрат на данный стенд рассчитаем стоимость одного краш-теста автомобиля LADA Vesta по методике ARCAP.

Стоимость автомобиля LADA Vesta с автоматической коробкой передач - 1588900 рублей. Проведение испытания включает в себя большое количество работ, такие как – подготовка автомобиля, замеры до/после краш-теста, калибровка и корректная посадка манекенов, подготовка

измерительного оборудования, обработка результатов испытания. На данную работу необходимо 440 нормо-часов РСИС. На заработную плату потребуется 192500 рублей.

Для данного испытания также потребуются контактные датчики в количестве 5 штук. Общая стоимость датчиков 20000 рублей.

По методике ARCAP происходит столкновение автомобиля о деформируемый барьер, изображенный на рисунке 8 подраздела 1.2 главы 1. Средняя стоимость данного барьера – 200000 рублей. [38]

Таким образом, затраты на краш-тест по методике ARCAP составляют 2001400 рублей.

Приведенные выше расчеты показывают целесообразность разработанного стенда, так как позволяют сократить затраты на одно испытание краш-функции рулевой колонки на 1936900 рублей при первом испытании и на 1966400 рублей для последующих тестов.



## Заключение

В современном мире большое внимание уделяется росту и развитию автотранспортного комплекса, в особенности безопасности производимых и ввозимых транспортных средств. Согласно Распоряжению Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р «О транспортной стратегии Российской Федерации» транспортная система России является неотъемлемой составной частью производственной инфраструктуры, а ее развитие обеспечивает мощный стимул инновационного развития страны в целом.

В ходе данной магистерской диссертации были проанализированы следующие законодательные требования:

– «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя от удара о систему рулевого управления»,

– «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя и пассажиров в случае лобового столкновения»,

– «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей в случае лобового столкновения с уделением особого внимания удерживающей системе»,

а также требования методики ARCAP.

Проведя анализ представленной магистерской диссертации, можно сделать вывод, что все поставленные задачи выполнены в полном объеме:

- изучены и проанализированы существующие требования безопасности к рулевым колонкам;
- разработана методика испытания краш-функции рулевой колонки;
- разработан стенд испытания краш-функции рулевой колонки.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что цель магистерской диссертации - разработка стенда испытания краш-функции рулевой колонки, достигнута.

## Список используемых источников

1. Аверченков В.И. Основы научного творчества. / В.И. Аверченков, Ю.А. Малахов.– М. : ФЛИНТА, 2011. – 156 с.
2. Авлукова Ю.Ф. Основы автоматизированного проектирования.– Минск : Высшая школа, 2013. – 217 с.
2. Агамиров Л.В. Физико-механические свойства. Испытания металлических материалов. Том II-1. / Л.В. Агамиров, М.А. Алимов, Л.П. Бабичев, М.Б. Бакиров. – М. : Машиностроение, 2010. – 852 с.
3. Акулович Л.М. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении / Л.М. Акулович, В.К. Шелег.– Минск : Новое знание, 2012. – 488 с.
4. Астанин В.В. Техническая механика: в четырех книгах. Книга вторая. Сопротивление материалов: учебное пособие. М.: Машиностроение, 2012. – 160 с.
5. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов – М. : Машиностроение, 2007. – 736 с.
6. Бахолдин А.М. Техническая механика. Сопротивление материалов. (теория и практика). / А.М. Бахолдин, О.М. Болтенкова, О.Ю. Давыдов. – Воронеж : ВГУИТ, 2013. – 172 с.
7. Безъязычный В.Ф. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении / В.Ф. Безъязычный, В.Н. Крылов, Ю.К. Чарковский, Е.В. Шилков. СПб.: Лань, 2016. – 432 с.
8. Безъязычный В.Ф. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в авиадвигателестроении: учебное пособие. 64
9. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки. / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. СПб. : Лань, 2014. – 224 с.
10. Бокштейн Б.С. Физическая химия: термодинамика и кинетика. / Б.С. Бокштейн, М.И. Менделев, Ю.В. Похвиснев. М. : МИСИС, 2012. – 258 с.

11. Быков В.В. Исследовательское проектирование в машиностроении. [Электронный ресурс] / В.В. Быков, В.П. Быков.– М.: Машиностроение, 2011. – 256 с.
12. Вдовин Д. С., Чичекин И. В., Поздняков Т. Д. Виртуальный стенд для определения нагрузок на рулевое управление автомобиля // Инженерный журнал: наука и инновации. 2017. №8. С. 1–12.
13. Вивденко Ю.Н. Технологические системы производства деталей наукоемкой техники: Учебное пособие для вузов.– М. : Машиностроение, 2006. – 559 с.
14. Влияние несоосности при термосиловой обработке на коробление готовой детали. Межвузовский сборник научных трудов. Часть 2. Тольятти 2000 год. Воронов Д.Ю., Драчёв О. И., Бобровский А.В.
15. Влияние осевой пластической деформации на коробление готовой детали. Проблемы современного машиностроения. Сборник к 40-летию Машиностроительного факультета Тольятти 2001 год. Воронов Д.Ю. Драчёв О. И. Расторгуев Д.А.
16. Гарифуллин Ф.А. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебно-методическое пособие. / Ф.А. Гарифуллин, Р.Ш. Аюпов, В.В. Жияяков. Казань: КНИТУ, 2013. – 248 с.
17. Грызунов В.И. Металлургическая теплотехника. / В.И. Грызунов, Н.В. Фирсова, С.Е. Крылова, Е.Ю. Приймак. М. : ФЛИНТА, 2014. – 108 с.
18. Гусев А.А. Проектирование технологической оснастки. / А.А. Гусев, И.А. Гусева. М.: Машиностроение, 2013. – 416 с.
19. Дидык Е.О., Воронов Д.Ю. Определение резонансных частот комплексных колебаний при термосиловой обработке. «Студенческий форум» №23(116).
20. Динамическая модель термосиловой обработки, как объекта управления. Проблемы современного машиностроения. Сборник к 40-летию Машиностроительного факультета. Тольятти 2001 год. Воронов Д.Ю, Драчёв О. И. Расторгуев Д.А.

21. Дуваров В.Б. Технология конструкционных материалов. / В.Б. Дуваров, Т.В. Хмеленко. Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. – 115 с.

22. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей в случае лобового столкновения с уделением особого внимания удерживающей системе. [Электронный ресурс] – URL: <https://unece.org/>. 67 с.

23. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя от удара о систему рулевого управления от 23.06.2011. [Электронный ресурс] – URL: <https://unece.org/>.

24. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя и пассажиров в случае лобового столкновения. [Электронный ресурс] – URL: <https://unece.org/>. 79 с.

25. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей в случае лобового столкновения с уделением особого внимания удерживающей системе. [Электронный ресурс] – URL: <https://unece.org/>. 54 с.

26. «Единообразные предписания касающиеся ремней безопасности и удерживающих систем». [Электронный ресурс] – URL: <https://unece.org/>. - 72 с.

27. Емельянов С. Р. Колебания рулевого управления автомобиля // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2009. №1. С. 24–27.

28. Ермолаев В.А. Технологические процессы в машиностроении: конспект лекций: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 264 с.

29. Зарипов Р.Ю., Сембаев Н.С., Машим А.С., Калияшев Б.С., Абильдинов Э.Р. Разработка учебного стенда диагностики рулевого

управления и подвески автомобиля // Наука и техника Казахстана. 2022. №1. С. 155–164.

30. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова – Тольятти: ТГУ, 2015 – 46 с.

31. Измерения кривизны маложестких валов в цеховых условиях. Тольяттинский государственный университет, 2006 г. Автоматизация технологических процессов и производственный контроль: Сб. докл. Международной научно-технической конференции 23-25 мая. Ч 1.- Тольятти: ТГУ, 2006г. Воронов Д.Ю., Диткин И.А., Драчев О.И., Пахоменко А.Н., Расторгуев Д.А.

32. Испытания по оценке влияния параметров термосиловой обработки на коробление валов и измерение кривизны маложестких валов в цеховых условиях. Казанская наука. №10 2010г.-Казань: Издательство Казанский Издательский Дом. Воронов Д.Ю., Логинов Н.Ю. 66

33. Карелина М. Ю., Жигунов И. В. Основные направления оптимизации конструкции механизма рулевого управления автомобиля // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2014. С. 68–73.

34. Киселев А.П. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебное пособие для вузов. / А.П. Киселев, А.А. Крашенников, А.А. Фатина. СПб.: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. – 42 с.

35. Кокорев Г. Н., Успенский И. А., Юхин И. А., Афиногенов И. А. Силовые и кинематические зависимости рулевого усилителя // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. №2. С. 297–302.

36. Лабораторные испытания по оценке влияния параметров ТСО на коробление валов. Тольяттинский государственный университет, 2006 г. Автоматизация технологических процессов и производственный контроль: Сб. докл. Международной научно-технической конференции 23-25 мая. Ч 1.-

Тольятти: ТГУ, 2006 г. Воронов Д.Ю., Диткин И.А., Драчев О.И., Пахоменко А.Н., Расторгуев Д.А.

37. Лабораторные испытания по оценке влияния параметров ТСО на коробление мало жестких валов и измерение кривизны мало жестких валов в цеховых условиях. Тольяттинский государственный университет 2009 г. «Проведение научных исследований в области машиностроения». Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции с элементами научной школы для молодежи. Воронов Д.Ю., И.А. Диткин, Е.С. Диткина, Л.В. Ольховская.

38. Ладин Р. А., Данилов А. М. Параметры распределения люфта в рулевом управлении автомобиля // Вестник магистратуры. 2013. №12. С. 17–20.

39. Локощенко А.М. Ползучесть и длительная прочность металлов – М. : Физматлит, 2016. – 504 с.

40. Малиновский М. П. Экспериментальное исследование характеристик систем управления транспортных средств : учеб. пособие / М. П. Малиновский; МАДИ. – М., 2011. – 123 с.

41. Мурорг И. А., Терещенко Е. С., Фадеев Д. Ю., Шабалин Д. В. Устранение неисправностей рулевого управления // Транспорт. Транспортные и технологические машины. 2013. №4. С. 25–28.

42. Новая технология термосиловой обработки мало жестких валов. Журнал «Известия» №1, стр. 32-35. Серия «Автоматизация технологических процессов в машиностроении» Волгоградского государственного технического университета. Волгоград 2004 год. Воронов Д.Ю., Драчёв О. И. Расторгуев Д.А.

43. Остренко С.А. Биомеханика дорожно-транспортных происшествий. Владивостокский государственный университет экономики и сервиса. Владивосток, 2009 год. – 158 с.

44. Попов М. Б. Разработка встроенной системы управления цифрового электрогидравлического рулевого привода // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. №7. С. 61–68.
45. Свинов В. В. Моделирование динамики рулевого управления // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2008. С. 110–111.
46. Суханов М. Н., Николаев П. П., Газеев Р. А., Резник Е. В., Силкин В. С. Конструктивный анализ усилителей рулевого управления // Научный журнал. 2021. С. 51–52.
47. Терещенко Е. С., Мурорг И. А., Фадеев Д. Ю., Шабалин Д. В. К вопросу о повышении эффективности рулевого управления автомобилей многоцелевого назначения // Омский научный вестник. 2013. №2. С. 120–123.
1. Хусаинов А.Ш. Пассивная безопасность автомобиля: учеб. пособие для студентов/ А.Ш. Хусаинов, Ю.А. Кузьмин. Ульяновск: УлГТУ, 2011. 89 с.
48. Чебоксаров А. Н. Способ диагностирования рулевого управления автомобилей // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2022. №2. С. 16–22.
49. Чемакина Т. Л., Морева И. Н. Рулевое устройство : учеб. пособие для студентов вузов. Севастополь : СевГУ, 2020. – 51 с.
50. Черненко А. Б., Авсецин А. С., Сысоев М. И., Сысоева М. И. Способы организации рулевого управления транспортно-технологических самоходных машин // Проблемы современной науки и образования. 2019. С. 1–6.
51. Berkowitz J., Dwyer T., McClay J., Reader D., Sims B. Formula SAE Steering System. Final report. 2006. URL: [https://bradfordwsims.files.wordpress.com/2011/07/eme-185\\_fsae-steering-system-final-report.pdf](https://bradfordwsims.files.wordpress.com/2011/07/eme-185_fsae-steering-system-final-report.pdf) (дата обращения: 25.05.2023).
52. Dinesh B. S., Farug H., Tanmay M. Design & Analysis of Steering System for a Formula Student Car // International Journal of Innovative Research

in Science, Engineering and Technology. 2017. pp. 226–235. URL: [http://www.ijirset.com/upload/2017/tapsa/29\\_Auto\\_11\\_Changed\\_.pdf](http://www.ijirset.com/upload/2017/tapsa/29_Auto_11_Changed_.pdf) (дата обращения: 15.02.2023).

53. Euro-NCAP-Assessment-Protocol от 01.06.2008. Режим доступа: <http://https://euroncap.com>. 41 с.

54. Formula Student Rules 2023. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.formulastudent.de/fileadmin/user\\_upload/all/2023/rules/FSRules\\_2023\\_v1.1.pdf](https://www.formulastudent.de/fileadmin/user_upload/all/2023/rules/FSRules_2023_v1.1.pdf) (дата обращения: 03.03.2023).

55. Gao Wenfang, Yan Zhengguo, Song Ping, Rao Kewei, Chen Fangwu, Kong Yongjiang, Research on the Linear Defects along the Edges of Shadow Mask and Chassis Cold-rolled Sheets [J], *Steelmaking*, 2003, 19 (1).

56. GSR-BNCAP от 28.06.2023. [Электронный ресурс]. – URL: [https://morth.nic.in/sites/default/files/notifications\\_document/GSR-BNCAP.pdf](https://morth.nic.in/sites/default/files/notifications_document/GSR-BNCAP.pdf)

57. Majeed M., Wheatley G. Steering system design of the second generation Formula SAE // *Mobility & vehicle mechanics*. 2020. No. 2. pp. 55-61. URL: [https://www.researchgate.net/publication/346119387\\_STEERING\\_SYSTEM\\_DESIGN\\_OF\\_THE\\_SECOND\\_GENERATION\\_FORMULA\\_SAE](https://www.researchgate.net/publication/346119387_STEERING_SYSTEM_DESIGN_OF_THE_SECOND_GENERATION_FORMULA_SAE).

58. Naveen J. Design of steering geometry for Formula Student cars //

59. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018. pp.182–192. URL: [https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal\\_uploads/IJMET/VOLUME\\_9\\_ISSUE\\_5/IJMET\\_09\\_05\\_022.pdf](https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJMET/VOLUME_9_ISSUE_5/IJMET_09_05_022.pdf)

59. Xiong Shangwu, J.M.C. Rodrigues, P.A.F. Martins. Three-dimensional modelling of the vertical-horizontal rolling process [J], *Finite Elements in Analysis and Design*, 2003, 39: 1023-1037.

60. Xiong Shangwu, Liu Xianghua, Wang Guodong, et al., Three-dimensional thermo-mechanical finite element simulation of the vertical-horizontal rolling process [J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 2011, 11: 89-97.

61. Yaping (CN), GONG Yu (CN), Yezhong (CN), Hongxu (CN), патент РФ №2591788.



62. YAMAGUCHI HARUO, KUSABA YOSHIAKI, YAMADA TAKEO, Techniques for the Control of Edge Crack Defects of Stainless Steel Sheets, Foreign Steel, 1996 (12): 48-52.

Приложение А  
Сертификаты и справки



Рисунок А.1 – Выдержка из научного издания

## Продолжение Приложения А

<i>О.П. Капанин, Н.В. Кулагина.</i> Конструирование лабораторного оборудования для исследования зависимости статического давления от скорости потока воздуха.....	202
<i>К.В. Куимов, Н.В. Кулагина.</i> Исследование свойств светодиодов и изучение работы выпрямителя с помощью электронного осциллографа для конструирования светящейся пирамиды в политехнический исследовательский центр «Тэйнштейнрум»..	204
<i>А.А. Шерстобитов, М.В. Александров, С.Э. Шаклеина.</i> Минимизация массы деталей при проектировании с помощью топологической оптимизации в продуктах АПМ.....	206
<i>А.С. Снисирева, С.Д. Колпаков.</i> Проектирование металлоконструкций в программе ARM Structure 3D с учетом ветровой нагрузки.....	208
<i>М.Д. Царев.</i> Разработка стенда для испытаний крэш-функции рулевой колонки автомобиля.....	211
<i>М.Ю. Васенёв.</i> Анализ ресурса гидрозамков с использованием распределения Вейбулла.....	213
<b>Раздел IV. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ, ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....</b>	<b>216</b>
<i>Э.К. Сидорович, М.А. Куликов.</i> Оценка влияния скорости нагрева образца на значения температур плавления изомерных нитрофенилазосалициловых альдегидов.....	216
<i>С.Г. Худяков, М.А. Куликов.</i> Оценка влияния скорости нагрева образца на значения температур плавления замещенных бензилиденциклогексанонов.....	218
<i>А.А. Новикова, И.В. Крепышева.</i> Химия полимеров.....	220
<i>А.Ю. Батуева.</i> Насколько вреден вейп, айкос, кальян.....	224
<i>В.Н. Ильина, С.А. Рогов.</i> К состоянию популяций астры альпийской на территории памятников природы регионального значения Самарской области.....	228
<i>В.И. Федосеев, С.В. Лановецкий.</i> Обзор способов повышения эффективности флотационного обогащения калийных руд за счет химических реагентов.....	231
<i>Д.О. Руденко, С.В. Лановецкий.</i> Обзор методов извлечения лития из природных рассолов.....	234
<i>Е.В. Сторожева, С.В. Лановецкий.</i> Обзор способов повышения эффективности осаждения глинисто-солевого шлама.....	238
<i>А.В. Михалева, О.Е. Нисина.</i> Обзор и анализ современных способов борьбы со слеживаемостью и пылеобразованием техногенных галитов.....	241
<i>А.С. Шумков, Ю.П. Кирич.</i> О возможности применения переменного энергоподвода для совершенствования процессов вакуумной сепарации губчатых циркония и гафния.....	246
<i>Н.Е. Малеванная, И.В. Крепышева.</i> Калий – основа жизни!.....	249
<i>Е.С. Власкина, Ю.Н. Соотц, К.А. Ерзунов, О.И. Одинцова.</i> Капсулирование эфирных масел с использованием серицина для ароматической отделки тканей.....	251
<i>Ф.А. Быков, М.Ю. Горский, Е.Л. Владимирцева.</i> Природные алюмосиликаты в очистке отработанных красильных растворов.....	254
<i>Н.В. Норина, Д.А. Ахметгареев, Ю.В. Кучин.</i> Экологический мониторинг реки Кама в местах купания жителей города Березники.....	258
<i>А.Р. Зимнуров, Р.А. Гришин, О.В. Козлова.</i> Пара-арамидная ткань с эффектом маскировки.....	261
<i>О.В. Козлова, Р.А. Гришин, М.Р. Таганова.</i> Маскирующий текстиль с водоотталкивающими свойствами.....	264
<i>А.А. Гилева, С.В. Лановецкий, О.К. Косвинцев.</i> Диаграмма растворимости многокомпонентной системы $KCl-MgCl_2-CaCl_2-H_2O$ .....	266
<i>Е.А. Аристова, О.Е. Нисина.</i> Изучение возможности использования глинисто-солевого шлама ООО «ЕвроХим – УКК».....	268
<i>В.А. Русинов, О.К. Косвинцев.</i> Использование диаграмм растворимости для оценки.....	269

Рисунок А.2 – Выдержка из научного издания