

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка конструкции вибрационного стенда для диагностики подвески
грузовых автомобилей

Студент

Д.А. Чернышов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2021

Аннотация

В соответствии с заданием на выполнение ВКР, выданным кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей», была выполнена работа на тему: «Разработка конструкции вибрационного стенда для диагностики подвески грузовых автомобилей».

Пояснительная записка содержит пять разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложение, всего 78 страниц с приложением. Графическая часть содержит 8 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

В качестве конструкторской разработки предложена разработка конструкции вибрационного стенда для диагностики подвески грузовых автомобилей.

В первом разделе рассмотрено состояние вопроса, рассмотрены требования к подвеске грузового автомобиля, проведен анализ существующих задних подвесок грузовых автомобилей, приведено оборудование для диагностики подвески.

Во втором разделе проведена конструкторская разработка стенда для диагностики подвески грузовых автомобилей, приведены техническое задание и предложение, выполнен расчет конструкции и составлено руководство по эксплуатации.

В третьем разделе рассмотрены основные признаки неисправности амортизаторов.

В четвертом разделе рассмотрены вопросы, касающиеся безопасности и экологичности проекта.

В последнем разделе ВКР приведена технико-экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по ВКР.

Abstract

The topic of the graduation project is: «The development of a vibration stand design for trucks suspension diagnostics».

The explanatory note consists of 5 parts, introduction and conclusion, list of references, 1 appendix, totally 78 pages with appendix. The graphic part is on 8 A1 sheets, which executed in the computer-aided modeling system KOMPAS-3D. The graduation project is fully consistent with the issued assignment.

As a design development we proposed the development of the vibration stand construction for trucks suspension diagnostics.

In the first part we dwelt on vibration stand structure, considered the requirements for the truck suspension. We then analyzed the existing trucks rear suspensions, and we considered the equipment for suspension diagnostics.

In the second part the design of the stand for trucks suspension diagnostics was developed. The terms of reference and the technical proposal were drawn up. The technical characteristics of a developed construction were calculated, and the operation manual was written.

The third section dealt with the main signs of a shock absorbers malfunction.

In the fourth part the safety and ecological properties of the project were considered.

In the last part of the graduation project the technical and economic efficiency of the project were explained.

In the conclusion the results of the study were reported.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	8
1.1 Требования к подвеске грузового автомобиля.....	8
1.2 Методы диагностики подвески.....	13
1.4 Оборудование для диагностики подвески.....	19
2 Конструкторская часть	26
2.1 Техническое задание на разработку стенда.....	26
2.2 Техническое предложение	30
2.3 Расчет конструкции стенда	36
2.4 Руководство по эксплуатации вибрационного стенда для диагностики подвески грузовых автомобилей	41
3 Технологический процесс	47
3.1 Основные признаки неисправности амортизаторов и стоек	47
3.2 Важность проверки амортизаторов и подвески.....	48
4 Производственная и экологическая безопасность проекта	50
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса диагностики подвески грузового автомобиля вибрационном стенде	50
4.2 Определение профессиональных рисков.....	52
4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков.....	53
4.4 Пожарная безопасность	58
4.5 Экологическая безопасность технологического процесса диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде	61
5 Экономическая эффективность проекта.....	64
Заключение	71
Список используемой литературы и используемых источников.....	72
Приложение А Спецификация.....	72

Введение

«Автомобильный транспорт – одна из важнейших отраслей хозяйства, выполняющая функцию своеобразной кровеносной системы в сложном организме страны. Он не только обеспечивает потребности хозяйства и населения в перевозках, но вместе с городами образует «каркас» территории, является крупнейшей составной частью инфраструктуры, служит материально-технической базой формирования и развития территориального разделения труда, оказывает существенное влияние на динамичность и эффективность социально-экономического развития отдельных регионов и страны в целом» [49].

«Главной задачей автомобильного транспорта является полное, качественное и своевременное удовлетворение потребностей предприятий и населения в перевозках при возможно минимальных материальных затратах» [2].

«Автомобильный транспорт России представляет собой наиболее гибкий и массовый вид транспорта. У него ряд важных отличий от других транспортных отраслей. Начнем с того, что основная часть автомобильного парка страны эксплуатируется в нетранспортных организациях. При этом сеть автомобильных дорог наряду с парком коммерческих автомобилей используется также автомобилями, находящимися в личном пользовании граждан.

Сфера применения автотранспорта широка. Он выполняет большую часть коротких внутрирайонных перевозок, доставляет грузы к станциям железных дорог и речным пристаням и развозит их к потребителям. В северных и восточных районах, где почти нет других видов сухопутного транспорта, им осуществляются дальние межрайонные перевозки» [50].

«Ежедневно автотранспортом перевозится около 17 млн. тонн грузов и более 62 млн. пассажиров. Если сравнивать с аналогичным показателем

железнодорожного транспорта, то это почти в 6 раз больше по объемам перевозок грузов и в 17 раз – по перевозкам пассажиров» [1].

В автомобильном транспорте сконцентрировано свыше 97 % от всех лицензируемых субъектов транспортной деятельности. В сфере коммерческих и некоммерческих автомобильных перевозок сейчас занято порядка полумиллиона хозяйствующих субъектов. Их деятельность проходит в условиях достаточно высокой внутриотраслевой и межвидовой конкуренции.

«Динамика роста российского автомобильного парка одна из самых высоких в мире. Тем не менее, этот процесс происходит в условиях существенного отставания потребительских и экологических показателей отечественных автотранспортных средств и используемых моторных топлив от достигнутого мирового уровня. Не ликвидировано уже существующее многие годы отставание в развитии и техническом состоянии улично-дорожной сети. В парке грузового автотранспорта сохраняется значительная доля (свыше 50 %) автомобилей устаревших моделей, у которых срок эксплуатации превысил 10 лет. Все также невысок удельный вес (от 14 до 15 %) новых автомобилей, выпущенных не позже 1996 г. Ежегодное обновление парка грузовых автомобилей не превышает 5%» [35].

«Большая роль автомобильного транспорта на транспортном рынке страны обусловлена его специфическими особенностями и преимуществами перед другими видами транспорта, которые заключаются в следующем: высокая маневренность и подвижность, позволяющие быстро сосредоточить транспортные средства в необходимом количестве и в нужном месте; способность обеспечивать доставку от двери до двери без дополнительных перевалок и пересадок в пути следования; высокая скорость доставки и обеспечение сохранности грузов, особенно при перевозках на короткие расстояния; широкая сфера применения по видам грузов, системам сообщения и расстояниям перевозки; необходимость меньших

капиталовложений в строительство автодорог при малых потоках грузов и пассажиров» [2].

«К недостаткам автомобильного транспорта можно отнести: высокую себестоимость перевозок (в десятки раз выше, чем на железнодорожном транспорте); высокий уровень загрязнения окружающей среды; большую трудоемкость (на автотранспорте занято 3/4 всех работающих на транспорте), низкий уровень производительности труда вследствие малой средней грузоподъемности автомобилей; большие металлоемкость и энергоемкость.

Автомобильный транспорт обеспечивает главным образом внутрирайонные перевозки грузов и пассажиров, осуществляет централизованные перевозки от железнодорожных станций и портов и обратно. Особенно широко используется автотранспорт в горнорудной промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и торговле» [36].

Внедряя доработки и изменения в конструкцию подвижного состава можно добиться значительного повышения производительности, а при прохождении предупредительных регламентных работ (техническое обслуживание, диагностика и так далее) позволит сэкономить на простоях в связи с поломками транспортных средств.

Для качественного обслуживания транспортных средств необходимо, чтобы на станциях технического обслуживания, автотранспортных предприятиях работы по ремонту выполняли обученные люди и на специализированном оборудовании.

В рамках дипломного проекта, предлагаю остановиться на последнем тезисе и рассмотреть вопрос разработки конструкции вибрационного стенда для диагностики подвески грузовых автомобилей».

1 Состояние вопроса

1.1 Требования к подвеске грузового автомобиля

«При создании грузового автомобиля-тягача подвеске уделяется все большее внимание. Ведь от ее совершенства зависят не только плавность хода, но и проходимость машины, безопасность движения, устойчивость, надежность, долговечность грузовика и даже расход топлива» [51].

«Как известно, современные грузовые автомобили-тягачи работают на дорогах разных категорий: от магистральных автострад до грунтовых дорог в строительных карьерах, не говоря уже о бездорожье. В зависимости от конкретных условий конструктор выбирает величину дорожного просвета машины между поверхностью дороги и нижними точками ходовой части и ее органов. Чем хуже условия, в которых предстоит работать машине, тем просвет должен быть больше, несмотря на некоторые негативные последствия, а именно: повышение центра тяжести, снижение устойчивости и так далее.

На современных грузовых автомобилях-тягачах можно встретить как зависимые, так и независимые подвески колес. При этом в силу экономической целесообразности наибольшее распространение получили рессорные подвески жестких балок мостов и только на магистральных тягачах в качестве упругих элементов прижились пневмобаллоны. Большое разнообразие конструктивных схем наблюдается на специальных военных машинах, к стоимости которых не предъявляются столь жесткие требования, как у обычных коммерческих грузовиков. На военных машинах можно встретить пружины и торсионы, гидропневматические элементы и стеклопластиковые рессоры, однако не эти транспортные средства будут объектом нашего внимания» [3].

Рассмотрим достоинства и недостатки рессорных подвесок.

«Рессора в подвеске – это и упругий элемент, и направляющий аппарат. Ее использование облегчает сборку и ремонт машины. Рессора проста по конструкции и в ремонте, но не лишена и целого ряда серьезных недостатков. К главным из них относятся: высокое межлистовое трение, способное сильно ухудшить плавность хода на хорошей дороге, а также большая материалоемкость в сочетании с технологической сложностью при производстве листов.

Листы для рессор изготавливают из дорогой, высокопрочной стали, содержащей кремний и марганец (55ГС, 55С2, 60С2), а также хром и никель (50ХГ). Чтобы рессоры могли выдерживать высокие, многократно повторяющиеся напряжения, возникающие во время прогиба, на поверхности листов после термообработки не должно быть обезуглероженных участков, трещин и других дефектов, а этого можно добиться только при довольно дорогом технологическом процессе. Предел текучести стали, идущей для изготовления листов рессоры, должен быть не менее 1150 Н/см^2 . Отсюда и высокая стоимость рессоры» [4].

«Так как возникающие в рессорах напряжения обратно пропорциональны квадрату длины, то использовать рессоры стремятся более длинные (насколько позволяет конструкция). При недостаточной длине в коренном листе могут возникнуть большие напряжения, для уменьшения которых кривизну остальных листов делают такой, чтобы они воспринимали часть нагрузки коренного и нескольких следующих за ним листов, разгружая их» [38].

«Несмотря на то, что рессоры известны уже несколько столетий, их долговечность, обусловленная начальными напряжениями, сложным напряженным состоянием, динамическим и повторяющимся воздействием разнообразных сил, остается невысокой. По сравнению с торсионами и пружинами рессора работает в менее благоприятных условиях; ее усталостная прочность в 4 раза меньше, чем у торциона. В настоящее время при эксплуатации в хороших дорожных условиях (асфальтовое покрытие)

долговечность рессор магистральных грузовиков составляет 150 тысяч километров пробега, но в плохих условиях (грунтовые дороги, работа на стройках) она падает вдвое и доходит до 15 тысяч километров в случае применения рессор, изготовленных ремонтными предприятиями» [5].

«Листы рессоры имеют в свободном состоянии разную кривизну, поэтому уже при сборке в них появляются начальные напряжения (наибольшие в коротких листах). Рессора, являющаяся упругим и направляющим элементом подвески, испытывает изгиб в вертикальной плоскости, прогиб от вертикальных сил, воспринимает продольные силы и их моменты, а также осевое сжатие от продольных сил, изгиб в горизонтальной плоскости от боковых сил и кручение от их моментов. Самым напряженным является коренной лист, поэтому его делают или толще остальных, или для усиления ставят два-три коренных листа» [3].

«Для увеличения долговечности рессор современных грузовых автомобилей применяют некоторые приемы, к которым относятся:

- разгрузка рессоры от некоторых действующих сил. Для уменьшения скручивания рессоры концы ее заделывают в резиновые опорные подушки, а введением дополнительного упора ограничивают изгибающий момент, действующий на рессору при торможении. Дополнительные тяги (соединяющие мост и раму) в настоящее время устанавливаются на большинстве рессорных передних подвесок, концы рессор при этом крепят к кузову двумя стремянками;
- уменьшение напряжений в рессоре. Это достигается ограничением средних амплитуд колебаний колеса относительно кузова введением дополнительно упругих элементов (например, резиновых, работающих на старте) и достаточного увеличения сопротивления амортизаторов. Напряжения могут быть уменьшены изменением формы поперечного сечения листов, что вызывает

перераспределение нормальных напряжений. Последнее требует пояснения;

- упрочнение рессоры. Усталостные разрушения рессорного листа начинаются с очагов, возникающих на поверхности, испытывающей растягивающие напряжения, или в углах сечения. В связи с этим широкое применение получило поверхностное упрочнение дробеструйной обработкой часто одного коренного листа со стороны, испытывающей растяжение. Эффект от обдувки значительно повышается при использовании межлистовых прокладок. Межлистовое трение приводит к появлению зон с высокими контактными напряжениями, что в условиях колебаний вызывает задиры на поверхности листов и, в конечном счете, появление очагов общего разрушения. Это явление ослабляется при введении межлистовых прокладок» [8].

«Коррозия в процессе эксплуатации современного грузового автомобиля-тягача значительно ослабляет эффект поверхностного упрочнения. Срок службы рессорной подвески ограничивается в большой степени износом шарниров. Применение резиновых и пластмассовых втулок, устанавливаемых в шарнирах, способно эту проблему снять, но только для не тяжелой техники» [48].

«Недостатком рессор является их линейная характеристика жесткости (то есть прогиб пропорционален прикладываемому усилию), в то время как желательно иметь прогрессивное увеличение жесткости по мере прогиба. Некоторого изменения жесткости рессоры можно достичь установкой серьги с наклоном (на легких и средних грузовиках) или за счет цилиндрической задней опоры (на тяжелых грузовиках). Но оба способа позволяют реализовать нелинейность лишь в очень малых пределах» [52].

«Трение в рессоре в прошлом позволяло обходиться без специальных амортизаторов в подвеске современных грузовых автомобилей, что удешевляло машину и упрощало уход за ней. В настоящее время скорости

движения грузовиков выросли настолько, что для обеспечения безопасности движения и плавности хода установка амортизаторов стала необходима, так же, как и борьба с трением в листах рессор. Причин две: из-за неблагоприятного закона изменения трения и нестабильности его величины при эксплуатации. При малых толчках, когда сила, передающаяся через рессору, меньше силы трения между листами, рессора «блокируется», неровности компенсируются только шинами, и плавность хода значительно ухудшается. Те же силы трения при колебаниях большой амплитуды не способствуют достаточному их затуханию. У рессор, работающих без смазки, сила трения может достигать 25 % от упругой силы рессоры. Для обеспечения хорошей плавности хода автомобиля сила трения не должна превышать 8 %. Замечено, что в грузовых автомобилях с высокой посадкой водителя силы межлистового трения вызывают крайне неприятные колебания головы водителя вдоль продольной оси машины.

Для уменьшения межлистового трения изготовители применяют малолистовые рессоры (в том числе однолистовые переменной толщины и ширины), листы специальной формы, вводят смазку и вставки между листами» [6].

На сегодняшний день многие мировые производители устанавливают на свои автомобили пневматические задние подвески.

«Пневмоподвеска широкое распространение в Европе и США получила лет 30-40 назад. Главное ее преимущество по сравнению с рессорной в меньшем весе, ее расходные материалы дешевле, и грузовик имеет лучшую плавность хода. Заводская цена грузовика с пневмоподвеской выше, чем машины с рессорной, но замена подушки в процессе эксплуатации дешевле, чем целой рессоры. Кроме того, грузовики с пневмоподвеской меньше разбивают асфальт дорог, поэтому магистральные тягачи чаще всего комплектуются пневмобаллонами. Минус такой подвески в том, что она требует дополнительных воздушных кранов и трубок и более мощного воздушного компрессора. Эта система боится влаги и дорожной грязи,

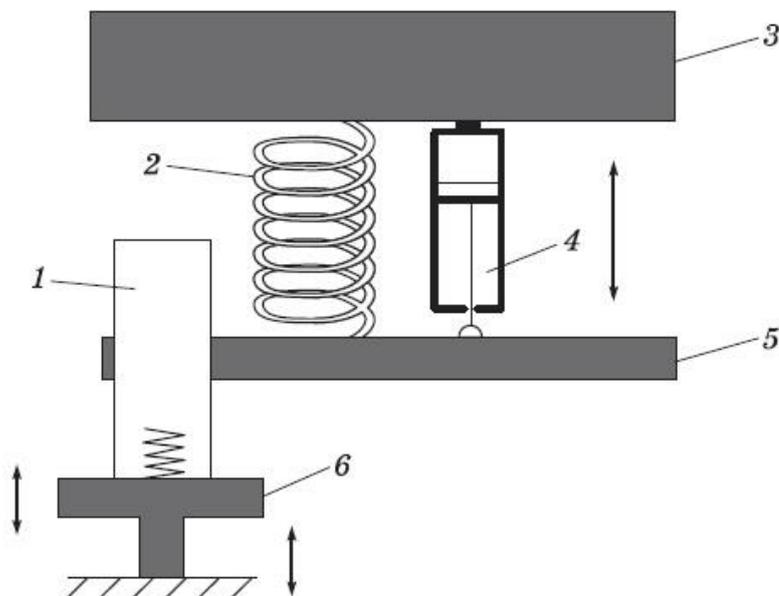
поэтому на строительной технике чаще применяют рессорную подвеску. Правда, есть голландские производители тяжелой строительной техники Terberg и Ginaf, которые активно применяют пневмоподвеску собственной конструкции на самосвалах» [5].

Расходниками пневмоподвески являются в первую очередь сам пневмобаллон (его можно приобрести в сборе, либо по частям: стакан, подушка), а также амортизаторы, сайлентблоки полурессоры и она сама. Стоит напомнить, что амортизаторы меняются всегда парой – и слева, и справа.

1.2 Методы диагностики подвески

В практике диагностирования амортизаторов и подвески применяют метод измерения сцепления колес с дорогой и метод измерения амплитуды.

Схема метода диагностирования по сцеплению колес с дорогой представлена на рисунке 1.



1 – колесо автомобиля; 2 – пружина; 3 – кузов; 4 – амортизатор; 5 – ось автомобиля;
6 – измерительная площадка

Рисунок 1 – Схема метода диагностирования амортизаторов по сцеплению колес с дорогой

«При методе диагностирования амортизаторов по сцеплению колес с дорогой база колебаний в нижней части жесткая и подпружинена только в верхней части. Технология проверки амортизаторов и подвески при использовании метода сцепления колес с дорогой заключается в следующем. Сначала проверяемое колесо автомобиля устанавливается точно посередине измерительной площадки амортизаторного стенда. В состоянии покоя измеряется статический вес колеса. Затем включается привод перемещения одной из площадок в вертикальном направлении (сначала левой, потом правой). С помощью электродвигателя осуществляется периодическое возбуждение колебаний с частотой 25 Гц; при этом измерительная площадка перемещается как жесткое звено. Полученный в результате динамический вес колеса (вес на плите при частоте колебаний 25 Гц) сравнивается со статическим весом путем деления первого на второй» [5].

Пример. Пусть статический вес колеса при частоте 0 Гц равен 500 кг, а динамический вес при частоте 25 Гц равен 250 кг. Тогда коэффициент падения веса колеса (в процентах), измеренный по методу сцепления колес с дорогой, составит $(250/500) \cdot 100 = 50\%$.

«Полученные значения коэффициента падения веса левого и правого колес и их разность (в процентах) выводятся на экран монитора.

Состояние амортизаторов характеризуется следующими соотношениями:

- хорошее – не менее 70 % (для спортивной подвески – 90 %);
- слабое – от 40 до 70 (от 70 до 90);
- дефектное – менее 40 % (от 40 до 70 %).

Результаты оценки состояния амортизаторов не должны различаться более чем на 25 % по бортам транспортного средства. Обработка результатов базируется на эмпирических значениях, которые были получены с помощью серийных исследований автомобилей различных производителей. При этом предполагается, что у среднестатистического автомобиля жесткость

амортизаторов, как правило, увеличивается с увеличением нагрузки на ось» [15].

Рассмотренный метод имеет следующие недостатки: результаты измерений зависят от давления воздуха в шине диагностируемого автомобиля; при диагностировании обязательно расположение колеса точно посередине площадки амортизаторного стенда; приложение постоянных внешних сил, боковых сил оказывает влияние на боковое перемещение автомобиля, что сказывается на результатах тестирования.

«Диагностирование по методу измерения амплитуды, применяемое на оборудовании фирм «Боге» и МАХА, более прогрессивное. Площадка стенда подвешена на гибком торсионе, база колебаний подпружинена как в верхней, так и в нижней части, что позволяет измерять не только вес, но и амплитуду колебаний на рабочих частотах» [9].

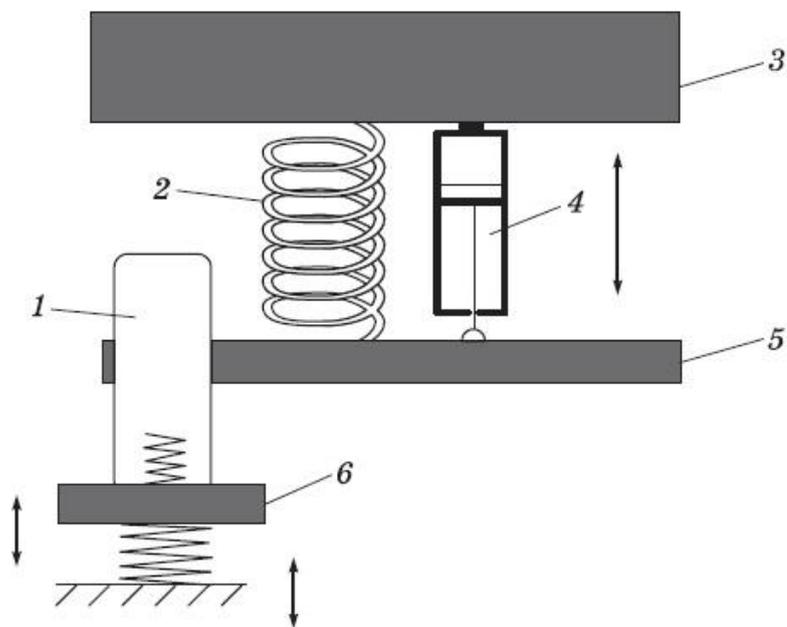
Технология проверки амортизаторов и подвески по методу измерения амплитуды (рисунок 2) заключается в следующем.

«Колесо автомобиля, установленное на площадку стенда, колеблется с частотой 16 Гц и амплитудой от 7,5 до 9,0 мм. После включения электродвигателя стенда колесо автомобиля колеблется относительно покоящихся масс автомобиля, частота колебаний увеличивается до достижения резонансной частоты (обычно от 6 до 8 Гц).

После прохождения точки резонанса принудительное возбуждение колебаний прекращается выключением электродвигателей стенда. Частота колебаний увеличивается и пересекает точку резонанса, в которой достигается максимальный ход подвески. При этом осуществляется измерение частотной амплитуды амортизатора.

Рабочие характеристики амортизатора определяются в «дроссельном» и «клапанном» режимах. В дроссельном режиме, когда максимальная скорость поршня не более 0,3 м/с, клапаны отбоя и сжатия в амортизаторе не открываются. В клапанном режиме, когда в амортизаторе максимальная

скорость поршня более 0,3 м/с, клапаны отбоя и сжатия открываются, причем тем больше, чем больше скорость поршня» [10].



1 – колесо автомобиля; 2 – пружина; 3 – кузов; 4 – амортизатор; 5 – ось автомобиля;
6 – измерительная площадка

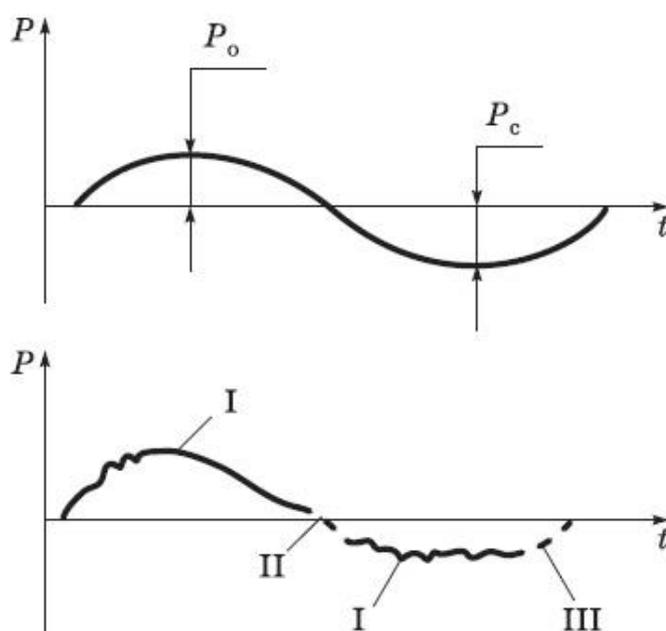
Рисунок 2– Схема метода диагностирования амортизаторов по амплитудным колебаниям

«Диаграммы при испытании амортизатора на стенде записываются в дроссельном режиме при частоте 30 циклов в минуту, ходе поршня 30 мм, максимальной скорости 0,2 м/с. В случае, когда амортизатор испытывается в амортизаторной стойке, ход поршня составляет 100 мм. Диаграммы записываются в клапанном режиме при частоте 100 циклов в минуту, таком же ходе поршня, что и в дроссельном режиме, и при максимальной скорости поршня 0,5 м/с.

При испытании амортизаторов дефектом считается появление жидкости на штоке и у верхней кромки манжеты стойки или сальника амортизатора при условии, что жидкость появляется вновь после протирки места течи. Дефектом считается наличие стуков, скрипов и других шумов, за исключением звуков, которые связаны с перетеканием жидкости через

клапанную систему, а также наличие избыточного количества жидкости («подпор»), эмульсирование жидкости, недостаточное количество жидкости («провал»). Дефектом считается и отклонение формы кривых диаграмм от эталонной» [16].

На рисунке 3 показана эталонная форма диаграммы и форма диаграммы амортизатора с дефектами.



I, II, III – участки, свидетельствующие о наличии соответственно эмульсирования жидкости, «провала» и «подпора»; P_o , P_c – силы сопротивления при ходе отбоя и ходе сжатия

Рисунок 3 – Диаграммы работы исправного и дефектного амортизаторов

«Амплитуда колебаний определяется по движению следующей за колесом проверочной площадки и регистрируется. При этом измеряется также максимальное отклонение (максимальная амплитуда колебаний). Оно пересчитывается и показывается на экране монитора отдельно для левого и правого амортизаторов. По графику колебаний (рисунок 4) на экране монитора можно оценить эффективность амортизаторов, даже не зная параметров, заложенных изготовителем: чем меньше амплитуда резонанса на графике, тем лучше работает амортизатор» [11].

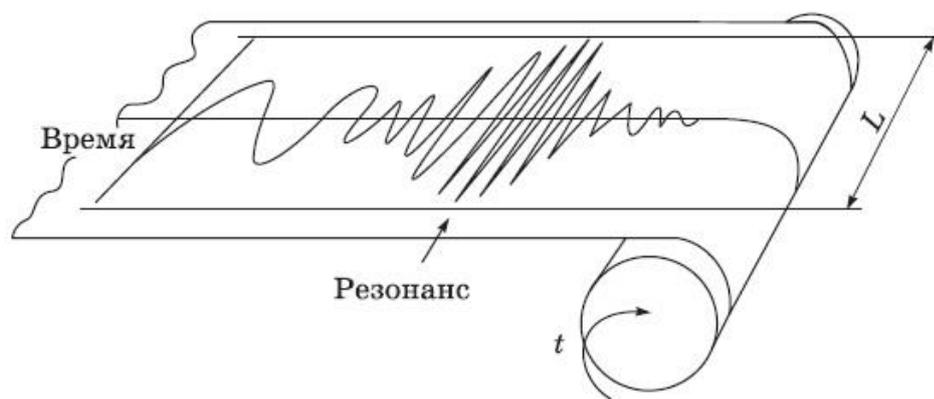


Рисунок 4 – Амплитуда колебаний амортизатора

Пример документирования результатов проверки амортизаторов передней и задней осей автотранспортного средства на стенде показан на рисунке 5.



Рисунок 5 – Данные контроля амортизаторов

«Измеренные для каждого колеса на резонансной частоте значения амплитуды колебаний выводятся в миллиметрах. Кроме того, для обоих амортизаторов одной оси выводятся разности хода колес. Благодаря этому можно судить о взаимном влиянии обоих амортизаторов одной оси.

Состояние амортизаторов по амплитудному показателю определяется следующим образом:

- хорошее – от 11 до 85 мм (для задней оси массой до 400 кг – 11,75 мм)
- плохое – менее 11;
- изношенное – более 85 мм (для задней оси массой до 400 кг – более 75 мм).

Разность хода колес не должна превышать 15 мм» [11].

«На стендах для проверки амортизаторов, например фирмы МАХА, можно производить поиск шумов подвески. В этом режиме оператор может сам задавать частоту вращения ротора (от 0 до 50 Гц). Без режима поиска шумов источник шума необходимо искать за доли секунды, пока затухают колебания подвески.

ТО станков для проверки амортизаторов и подвески включает проверку крепления станка к основанию, а также всех резьбовых соединений через каждые 200 ч. работы и не реже одного раза в год. Через каждые 200 ч. работы рычаги станка смазывают густой смазкой» [37].

1.4 Оборудование для диагностики подвески

Рассмотрим предложенные на рынке станды для проверки подвески.

«Стенд проверки подвески СПП-2500 (рисунок 6) предназначен для контроля состояния подвески транспортного средства. Позволяет объективно оценить способность подвески воспринимать нагрузку и возвращаться в исходное положение, а также, выявить склонность автомобиля к «уводу» при верных углах установки колес» [12].

Технические характеристики стенда проверки подвески СПП-2500 представлены в таблице 1.



Рисунок 6 – Стенд проверки подвески СПП-2500

Таблица 1 – Технические характеристики стенда проверки подвески

Наименование параметра	Значение
«Амплитуда колебания, мм, не более	± 3
Частота колебания, Гц, не более	23
Осевая нагрузка, кг, не более	2500
Мощность двигателя кВт, не более	2×1,5
Ширина колеи, мм	800-2300
Габаритные размеры стенда, мм, не более	2460×480×355
Масса, кг, не более	290» [12].

«Стенд проверки подвески представляет собой платформу, состоящую из двух испытательных площадок, каждая из которых соединена с эксцентриковым валом.

Стенд оценивает способность подвески колеса гасить вертикальные колебания, возникающие на неровной дороге.

Стенд отслеживает силу, с которой колесо автомобиля воздействует на платформу. Испытания производятся сначала на неподвижной платформе, а затем в процессе затухающих колебаний, начиная с частоты 23 Гц. По результатам тестирования компьютер вычисляет "коэффициент давления" колеса на опорную поверхность, выраженный в процентах. Он равен

отношению минимальной нагрузки во время колебаний к нагрузке на неподвижную платформу.

При коэффициенте:

- более или равном 45 % – подвеска обеспечивает достаточное гашение колебаний;
- менее 45 %, но более 25 % – слабое гашение колебаний;
- меньше 25% – недостаточное гашение колебаний.

Предельно допустимая относительная разность коэффициентов для колес одной оси составляет 0,15.

Результаты проверки амортизаторов с использованием приборов и стендов выдаются на дисплей или (и) в виде распечатки. В ней могут присутствовать графики колебаний, весовая нагрузка осей, значения вычисленных коэффициентов для каждого амортизатора, разность коэффициентов для колес одной оси и тому подобное» [12].

Диагностическая линия NTS 800 ST (рисунок 7) – комплектация для диагностики подвески. Состоит из: компьютерной стойки и тестера подвески EUSAMA со встроенной функцией поиска шумов.

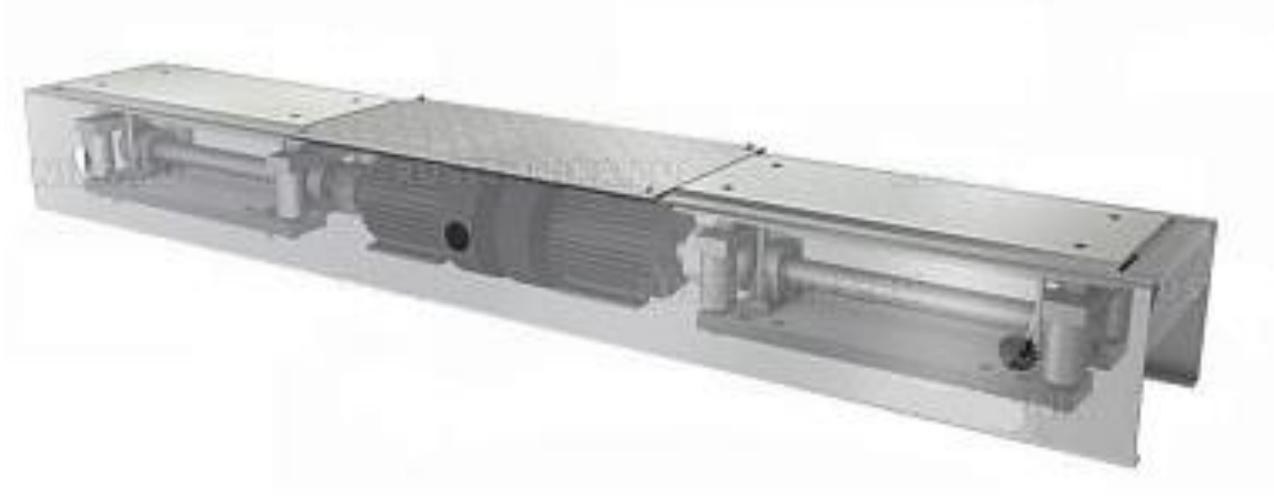


Рисунок 7 – Диагностическая линия NTS 800 ST

Технические характеристики диагностической линии NTS 800 ST представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики диагностической линии

Наименование параметра	Значение
«Грузоподъемность, т/ось	2
Амплитуда колебаний, +/- мм	3
Частота, Гц	25-0
Мощность двигателя, не более кВт	2×2,5» [13].

Особенности:

- оцинкованное исполнение роликовой секции, тестера подвески, тестера увода;
- моторы во влагозащищенном исполнении (IP54);
- следящий ролик обеспечивает своевременное отключение стенда при начале проскальзывания колеса и предотвращает выбрасывание автомобиля с роликовой секции;
- привод роликов с механической блокировкой червячным редуктором облегчает съезд с тормозного стенда;
- высокоточные и надежные тензометрические датчики;
- русскоязычное ПО для сопровождения процесса диагностики, печати и хранения результатов испытаний.

Комплектация:

- компьютерная стойка Visio для управления работой стенда, сбора результатов диагностики, печати протокола и графиков, пульт ДУ;
- тормозной роликовый стенд, нагрузка на ось 3 т, 5 кН на колесо, на выбор корундовые или сварные ролики.
- диагностируемая колея 800-2200 мм;
- тестер подвески Eusama (вибростенд) для диагностики безопасности подвески;
- тестер увода для оценки увода автомобиля от прямолинейного движения;
- дооснащение 4WD для диагностики полноприводных автомобилей.

«Тестер подвески (EUSAMA) с тестером поиска шумов с индивидуальной регулировкой частоты на одном или одновременно двух колесах одной оси.

Тестер EUSAMA рассчитывает так называемый коэффициент сцепления колес с поверхностью при определенных условиях колебания.

По методу EUSAMA колесо устанавливается на платформу, которая колеблется с амплитудой 3 мм (вверх/вниз), и с частотой от 3 до 25 Гц. В течение измерений определяется наименьший динамический вес (поэтому тестеры подвески имеют взвешивающее устройство и при комплектации диагностической линии тормозной стенд может не комплектоваться взвешивающим устройством). Далее определяется коэффициент EUSAMA, а именно наименьший динамический вес делится на статический вес и умножается на 100%. Данный коэффициент сравнивается с коэффициентом, полученным при испытании новых машин. И делается вывод о состоянии подвески. Существует и опция к тестеру подвески - так называемый модуль шумов. С его помощью мы можем варьировать частоту колебаний платформ и при появлении шума, на какой-то определенной частоте мы её фиксируем. По звуку мы можем определить источник шума с последующим необходимым ремонтом.

Метод EUSAMA определяет больше состояние всей подвески в сборе.

Тестеры подвески могут входить в состав линии инструментального контроля, или использоваться отдельно. Пока ГОСТом не регламентируется расчет и метод определения коэффициентов состояния подвески» [14].

Как альтернативу можно поставить BOGE или ТНЭТА-тестер.

Тестер BOGE показывает зависимость поглощения колебаний подвески от статических воздействий. Тестер ТНЭТА измеряет физические значения поглощения колебаний.

Так как не существует предопределенных оценочных значений для теста подвески, все три метода существуют параллельно

Комплексы измерительные для диагностирования тормозной системы и подвески автомобилей серии SDL модели 260, 410, 430 (рисунок 8), 435, 510 (далее – измерительный комплекс) предназначены для комплексного диагностирования узлов подвески и тормозных систем автомобиля по следующим параметрам: измерения тормозной силы, измерения осевой массы автомобилей, измерения бокового увода колеса и измерения усилий, прикладываемых к органам управления тормозными системами.

Комплекс измерительный может быть использован на автотранспортных предприятиях, автомобильных заводах, станциях технического обслуживания, пунктах ГТО и диагностических центрах.



Рисунок 8– Стенд SDL 4330 S40

Технические характеристики стенда SDL 4330 S40 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики стенда SDL 4330 S40

Наименование параметра	Значение
Допустимая нагрузка при испытании, т	2,5
Допустимая перегрузка, т	4
Размеры (Ш×Д×Г), мм	2360×660×250
Диаметр ролика, мм	205
Ширина ролика, мм	70
Возвышение ролика, мм	25
Тип дисплея	Аналоговый
Номинальный диапазон измерения, кН	от 0 до 8

Основой измерительного комплекса для диагностирования тормозной системы и подвески автомобилей является центральный блок обработки и отображения измерительной информации.

К центральному блоку обработки и отображения измерительной информации могут подключаться следующие измерительные блоки:

- устройства для измерений тормозной силы и проверки эффективности тормозов автотранспортных средств серии BSA;
- устройства для измерений бокового увода колеса автомобиля (динамических измерений отклонений движения колес автомобиля от прямолинейного движения) SDL410 или SDL510;
- устройства для диагностирования подвески и измерений массы, приходящейся на колесо автомобиля SDL430, SDL435;
- устройство для измерений усилий, прикладываемых к органам управления тормозными системами VFB3100, BSA100.

Устройство для диагностирования подвески и измерений массы приходящейся на колесо представляет собой две горизонтальные платформы, которые совершают вертикальные возвратно-поступательные движения. При наезде колеса на платформу регистрируется масса, приходящаяся на колесо автомобиля. Затем платформа приводится в колебательное движение с заданной частотой и амплитудой. При этом измеряется минимальная нагрузка на измерительную платформу, на которую установлено колесо. Состояние подвески автомобиля определяется по отношению минимальной зафиксированной нагрузки к первоначально измеренной.

Конструктивно комплексы измерительные выполнены в виде приборной стойки, в которой находятся: центральный блок обработки и отображения измерительной информации, к которому присоединяются измерительные устройства (серий BSA и SDL), вмонтированные в пол.

2 Конструкторская часть

2.1 Техническое задание на разработку стенда

2.1.1 Область применения

Данное устройство относится к диагностическому оборудованию, и может быть использовано при работах в канаве как средство для амплитудно-резонансного способа определения износа амортизаторов без разборки автомобиля. Оно может быть использовано на авторемонтных предприятиях и станциях технического обслуживания, где проводится ремонт и техническое обслуживание грузовых автомобилей и автобусов. Стенд может поставляться на продажу на внутреннем рынке, а также на экспорт в страны СНГ при постоянном контроле его качества.

Назначение данной разработки является разработка конструкторской документации, на основе которой разрабатывается рабочая документация, по которой будет изготовлен опытный образец стенда. После проведения всех необходимых испытаний и работ по доводке стенда принимается решение о запуске его в мелкое серийное производство.

Целью разработки данного стенда является упрощение конструкции путем применения унифицированных узлов, отказа от узла направляющих в приводе стенда, и повышения экономичности за счет снижения себестоимости изготовления конструкции, путем установки унифицированных узлов и снижения объемов и точности мехобработки.

Указанная цель достигается тем, что в качестве гидравлического привода подъема устанавливается шарнирная передача, применения рессоры грузового автомобиля в качестве источника резонанса, а также установка дополнительных регулировок рабочих органов, обеспечивающих снижение технологичности, для изготовления в условиях АТП.

2.1.2 Рекомендуемые технические требования и рекомендации к проектируемой конструкции

Разрабатываемый стенд должен удовлетворять требованиям надежности.

Конструкция стенда должна быть безотказна в работе, иметь хорошие эксплуатационные характеристики, быть технологичной в изготовлении, сохранять работоспособность в течение хранения, а также быть работоспособной после хранения и транспортировки.

В разрабатываемой конструкции стенда должны применяться покупные изделия, соответствующие требованиям государственного стандарта. Такие в разрабатываемой конструкции стенда должны предусматриваться варианты дальнейшего усовершенствования конструкции, если это допустимо.

Конструкция стенда должна отвечать требованиям пожаробезопасности. Должен устанавливаться электрошкаф в отдельном заземленном корпусе.

При эксплуатации стенда должны выполняться требования стандартов безопасности труда. Безопасность труда обеспечиваются следующими требованиями:

- «требованиями к конструкции (должны быть предусмотрены ограждения подвижных частей, блокировка включения при нерабочем и аварийном положениях, фиксация и крепление рабочих органов при ремонте и в нерабочем состоянии при транспортировке, освещение органов управления, приборы контроля, вынесенные к органам управления и так далее);
- требованиями к обеспечению нормальных санитарно-гигиенических условий (должна быть предусмотрена местная вентиляция, защитные экраны в местах разбрызгивания смазки и тому подобное)» [25].
- «требованиями электробезопасности (должна быть предусмотрена электроизоляция, стойкая к химическому и механическому

воздействию, электроаппаратура должна быть заземлена, а также защитные включения тока при перегрузках и при необходимости экстренного отключения стенда);

- требованиями пожаро- и взрывобезопасности (обеспечивается наличие огнетушителей марки ОУ и ОП для тушения пожаров, в помещении где эксплуатируется стенд устанавливается ящик с песком и другие приспособления для устранения пожара)» [26, 27];
- «требованиями к наличию пояснительных знаков и знаков безопасности (например: Осторожно! Посторонним вход воспрещен! Не включать, работают люди! и тому подобное)» [25];
- требованиями защиты обслуживающего персонала от вредных воздействий (установка звуковых экранов и вибрационных прокладок, датчиков температуры и охлаждающих систем, желательно воздушного типа, и тому подобное).

«Стенд должен отвечать эргономическим требованиям: пульт управления должен доставать на уровне груди с удобным размещением кнопок и органов управления и не вызывать повышенной усталости в работе оператора» [28].

При технических обслуживаниях и работах при разборке и ремонте требуется предусмотреть конструкторские элементы, облегчающие работы, также вынесение этих элементов в доступны места.

«Стенд должен отвечать эстетическим требованиям: внешние очертания конструкции стенда должны быть простыми и строгими, части стенда предпочтительно выполняются прямоугольной формы, острые углы должны закругляться, окраска стенда не должна совпадать с окраской окружающей среды, детали и части, которые могут привести к травмам, окрашиваются в яркий предупредительные цвета (обычно красный цвет), органы управления окрашиваются также в яркие цвета» [20].

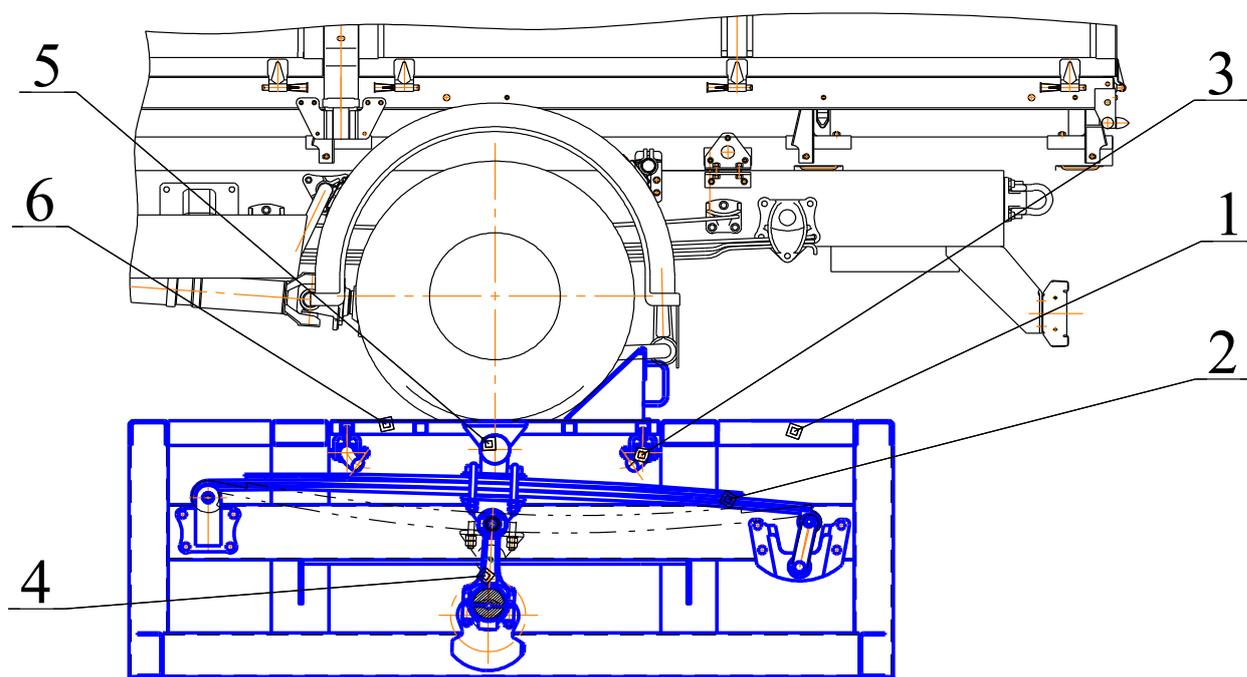
При разработке стенда должны выполняться требования к патентной чистоте.

Для питания электропривода стенда должен использоваться переменный ток с напряжением сети 220 и 380 В.

Стенд должен удовлетворять условиям узловой сборки-разборки. При хранении и транспортировке стенд должен разбираться и упаковываться в ящики, если это необходимо.

2.1.3 Рекомендуемая техническая характеристика стенда

Конструкция стенда представлена на рисунке 9.



1 – рама; 2 – возбудитель резонанса; 3 – тяга; 4 – привод возбудителя резонанса;
5 – шарнирная передача; 6 – подвижное основание

Рисунок 9 – Внешний вид стенда

Рекомендуемая техническая характеристика стенда:

- грузоподъемность, не менее, кг.....2500;
- частота колебаний, не менее, Гц.....15;
- ход площадки, не более, мм.....120;
- время диагностирования, не более, с 100;
- потребляемая мощность, кВт 1,1;
- напряжение питающей сети, В 380;

- максимальный крутящий момент на выходном валу привода, Н·м
..... 44,2;
- передаточное отношение редуктора 2;
- габаритные размеры, не более, мм
 - а) высота 1000;
 - б) ширина 1200;
 - в) длина 2500.

Стенд расположен в канаве, конструктивно состоит из двух закрытых блоков по обеим сторонам канавы, каждый блок выполнен в виде закрытой рамы 1, в которой размещаются: привод возбуждителя резонанса 4, шарнирная передача 5, приводимая возбуждителем резонанса 2, подвижное основание 6, поддерживаемое в горизонтальном положении тягой 3. Вся механическая часть скрыта под листами обшивки рамы 1. Электрооборудование включает в себя шкаф, в котором размещены электроаппаратура и программно-управляющие устройство, также выносной пульт для ручного управления рабочими органами стенда, устанавливаемый рядом с диагностируемым автомобилем.

2.2 Техническое предложение

2.2.1 Уточнение технического задания

Техническое задание, выданное кафедрой ПЭА на разработку конструкторской документации по производству стенда для диагностики амортизаторов, дополнительных уточнений не требует.

2.2.2 Анализ технического задания

Проанализировав техническое задание, устанавливаем, что стенду требуется упростить конструкцию путем изменения типа привода, сокращения числа механических передач, отказа от гидравлического оборудования, и снижения себестоимости конструкции путем унификации конструкции и снижения числа и точности мехобработки.

Указанная цель достигается тем, что в качестве гидравлического привода подъема устанавливается шарнирная передача, применения рессоры грузового автомобиля в качестве источника резонанса, а также установка дополнительных регулировок рабочих органов, обеспечивающих снижение технологичности, для изготовления в условиях АТП.

2.2.3 Подбор материалов

Схема стенда и устройство, вошедшее в аналог данного проекта, описаны в описании изобретения в использованном списке литературы.

В качестве теоретической базы, помимо источников, указанных в техническом задании, использую данные сети «Интернет» и литературу, используемую при внутренних расчетах автозаводов России.

При конструировании нестандартного оборудования, целесообразно использовать готовые узлы и детали. В нашем случае при проектировании используются серийно выпускаемые цилиндрические и червячные редукторы, электродвигатели, стандартизованные изделия, а также изделия, массово выпускающиеся на автозаводах России.

2.2.4 Выявление, оценка и общее конструктивное устройство стенда

Схема и общее конструктивное устройство стенда показаны на рисунке 14. Спецификация на стенд представлена в Приложении А (рисунок А.1).

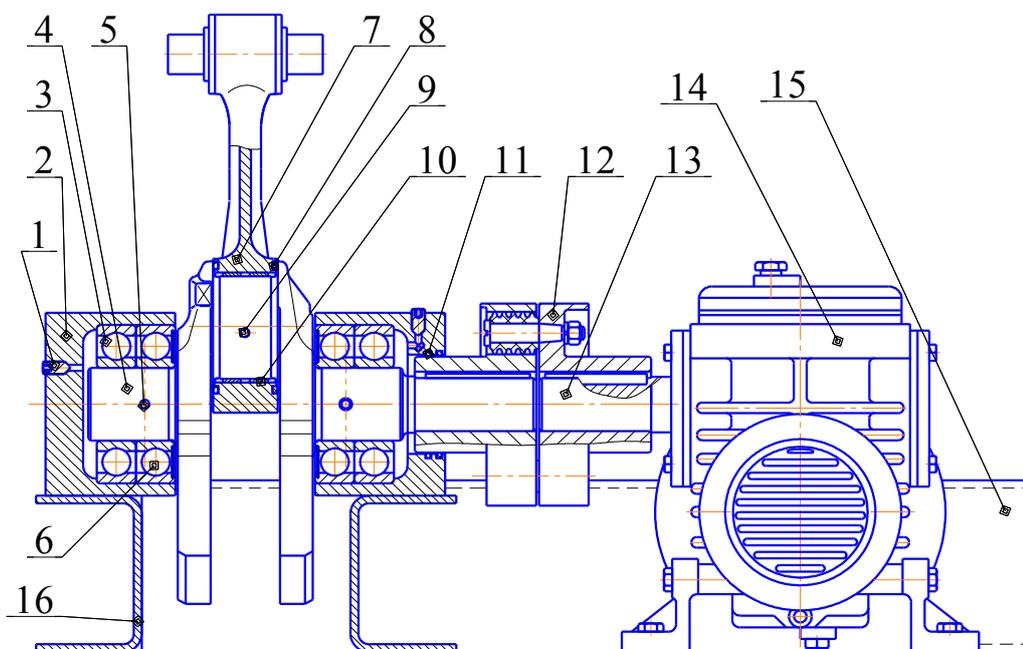
Требуется определить оптимальные решения при конструировании отдельных узлов и деталей стенда (рисунки 10, 11).

На рисунке 10 приведен вариант оптимального решения для привода резонансной рессоры – основного рабочего органа в стенде.

Привод состоит из кривошипной передачи и приводящего привода.

Кривошип 4 унифицирован частично, основой взял коленвал автомобиля КамАЗ-65111. После доработки остается одна шатунная шейка и две переточенных коренных. Сохранены вкладыши 10 шатунной шейки. С сохранением вкладышей требуется сохранить и систему смазки.

Переточенные концы коленвала установлены в сдвоенных подшипниках 3 и 6, последний имеет защитную крышку для предотвращения выхода заложённой смазки. Также сохранена система каналов 5 смазки коленвала, для подвода к вкладышам. Подшипники коренных шеек установлены в корпусах 2. Для смены и доливки масла предусмотрены винты 1. Смазка шатунной шейки удерживается уплотнителями 8, установочные места уплотнителей требуется шлифовать, в этом случае не менее чем через каждые 1000 часов работы станда уплотнители и смазку требуется заменять. Для передачи и превращения вращательного вращения шатунной шейки установлен родной шатун 7.



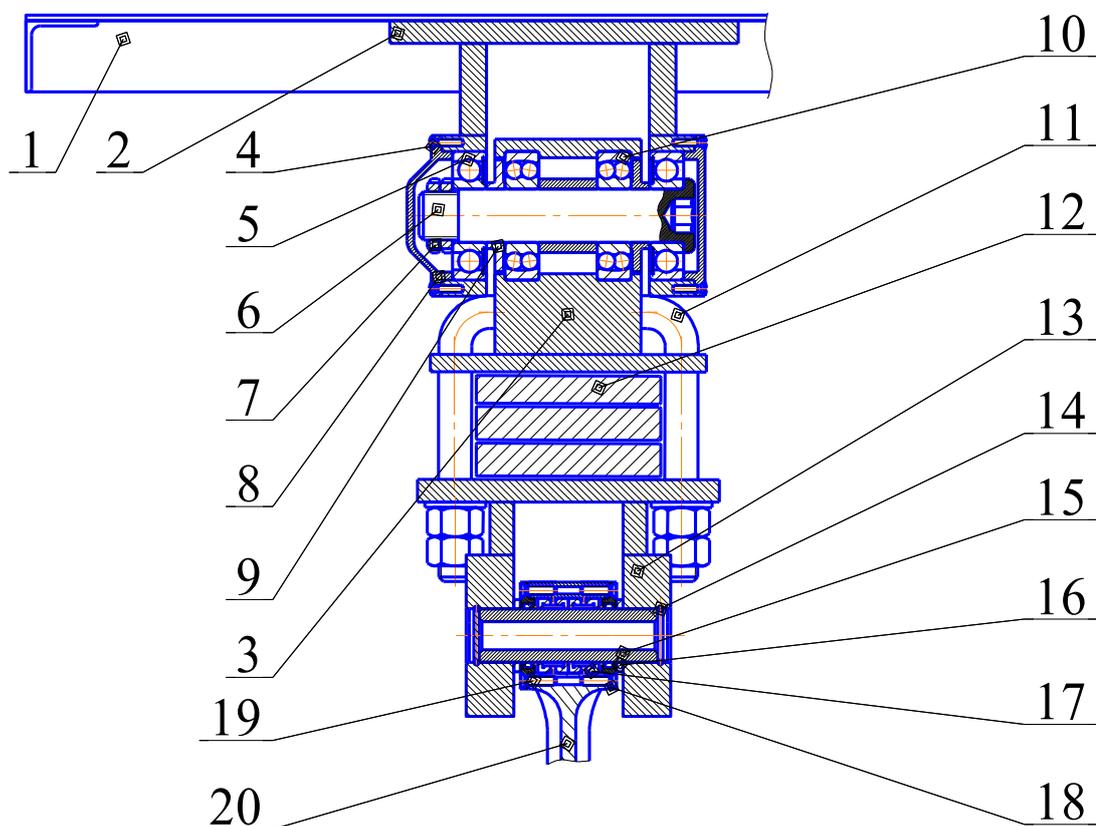
- 1 – винт; 2 – корпус; 3 – подшипник; 4 – кривошип; 5 – система каналов смазки;
 6 – подшипник; 7 – шатун; 8 –уплотнитель; 9 – канал; 10 – вкладыш;
 11 – кольцо; 12 – пальцево-втулочная муфта; 13 – вал редуктора; 14 – электродвигатель;
 15, 16 – швеллеры

Рисунок 10 – Привод рессоры

Правый корпус коренных подшипников имеет выходное отверстие, для подключения редуктора и электродвигателя 14. Отверстие уплотнено кольцами 11, а вал коленвала и вал 13 редуктора соединяются через

пальцево-втулочную муфту 12. Весь механизм привода расположен в сварной конструкции из швеллеров 15.

На рисунке 11 показан вариант оптимального решения узла передачи усилий от привода к основанию.



- 1 – площадка; 2 – верхняя подшипниковая опора; 3 – промежуточная опора;
 4 – винт; 5 – подшипник; 6 – ось; 7 – стопорная гайка; 8 – крышка;
 9 – распорное кольцо; 10 – самоустанавливающийся подшипник; 11 – U-образная шпилька КамАЗ;
 12 – блок рессор; 13 – нижняя опора; 14 – пружинное кольцо; 15 – палец;
 16 – распорное кольцо; 17 – вкладыш; 18 – крышка; 19 – винт; 20 – головка шатуна

Рисунок 11 – Конструкция привода перемещения стэнда

Привод состоит из двух подшипниковых узлов и кронштейнов, объединяющих рабочий узел рессор и площадку.

Площадка 1 сварена из труб квадратного сечения с окантовкой из уголка по периметру, на верхней поверхности наложен и приварен лист с рельефным ребристым покрытием, для лучшего контакта шины диагностируемого автомобиля и площадки. Площадка крепится к верхней

подшипниковой опоре 2 сваркой, в опоре, на оси 6, расположены подшипники 5 верхней опоры и самоустанавливающиеся подшипники 10 промежуточной опоры 3.

С обеих сторон подшипники защищены крышками 8, зажатых винтами 4. По внутренним кольцам подшипники установлены распорными кольцами 9, зафиксированными стопорными гайками 7. Промежуточная опора и нижняя опора 13 имеют основания, в которых установлен блок рессор 12. Весь этот пакет стянут штатными U-образными шпильками 11 КамАЗ. В нижней опоре расположена головка 20 шатуна привода рессоры. Головка после расточки вмещает в себя двойной роликовый подшипник, закрытый крышками 18 с обеих сторон. Крышки стянуты винтами 19. Для удержания смазки в крышках установлены уплотнительные кольца. Головка шатуна центрируется на пальце 15 распорными кольцами 16, установленными в свободной посадке. Палец удерживается в нижней опоре через пружинные кольца 14. Такая компоновка элементов обеспечивает герметичность полостей смазки, ориентацию всех вращающихся элементов, ремонтпригодность.

2.2.5 Эстетические требования к разрабатываемому изделию

«Общий конструктивный стиль отдельных узлов должен создавать гармоничную, продуманную конструкцию изделия. В нашем случае я максимально использую симметрию в расположении парных узлов» [7].

Если смотреть на стенд сверху, то конструкция стенда полностью симметрична относительно оси диагностируемого автомобиля.

Форма очертаний узлов и деталей проста и строга и имеет в большинстве своем повторение горизонтальных и вертикальных линий – внешне установочные листы обшивки позволяют создать эстетичный каркас с безопасными скругленными листами.

«Простая внешняя форма позволяет содержать стенд в чистоте и облегчает удаление грязи и пыли. Симметрия формы стенда также служит

для выражения статичности, главный вид придает ему выражение динамичности» [34].

Окраска стенда должна производиться также в соответствии с эстетическими требованиями.

«Все корпусные части стенда в светло-зеленый, так как он является более естественным, действует успокаивающе и не вызывает возбуждения, не рассредоточивают внимания человека и не влияет на производительность труда. Движущиеся части, кроме рабочих поверхностей полого штока, окрашиваются ярко-красной эмалью» [17].

2.2.6 Эргономические требования

В целом конструкция стенда эргономична, так как обслуживание не сопряжено с большими неудобствами. Все кнопки и органы управления легко доступны после снятия обшивочных листов. Пульт управления вынесен в отдельный шкаф, совмещенный с электрооборудованием, позволяя управлять стендом вне канавы и удобен в управлении.

2.2.7 Техника безопасности в конструкции

«Для обеспечения требований техники безопасности необходимо:

- при конструировании крепежных узлов не применять хрупких материалов без применения разгрузочных устройств;
- выполнять требования электробезопасности. Для этого следует подводимые к стенду провода изолировать, в конструкции стенда предусмотреть защитное заземление, в электросхеме выполнить дублирующую обмотку и легкоплавкие предохранительные элементы;
- выполнять требования пожаро- и взрывобезопасности. Для этого на участке размещения оборудования следует предусмотреть уголок пожарника: пожарный щит с огнетушителем и прочим необходимым для тушения оборудованием, также ящик с песком, защитные стенки греющихся узлов и агрегатов выполнять из горючестойких материалов;

- обеспечивать удобство работы оператора, геометрия размещения узлов управления и мест обслуживания должны соответствовать антропологическим характеристикам по данным ГОСТ» [26];
- соблюдать экологические требования (избегать утечек масла из редуктора, окрасить стенд в цвет, отличный от цвета окружающей среды и тому подобное).

2.3 Расчет конструкции стенда

2.3.1 Расчет усилий механизма резонанса

Упрощенная схема механизма резонанса представлена на рисунке 12.

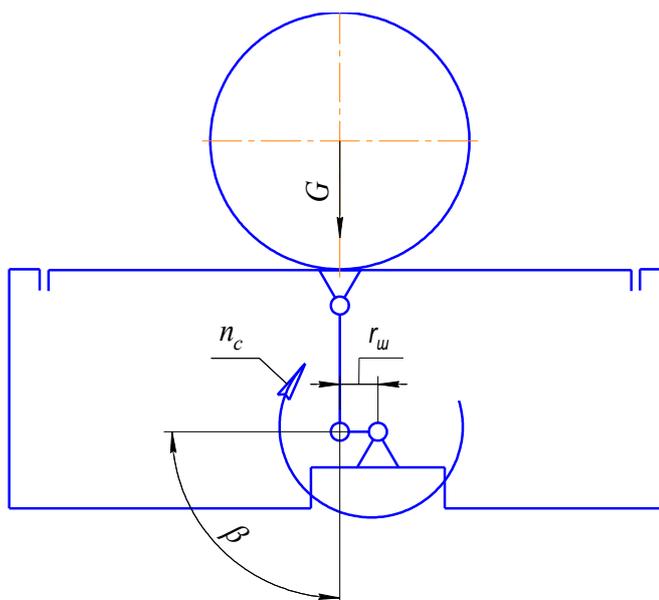


Рисунок 12 – Схема механизма резонанса стенда

«Сопротивление, создаваемое при перемещении площадки стенда, определяется по формуле [6]:

$$W_c = f_k \cdot G \cdot \cos \beta + G \cdot \sin \beta, \quad (1)$$

где W_c – сила статического сопротивления передвижению площадки;

f_k – коэффициент сопротивления качению в подшипнике качения, принимается равным 0,001 [6];

G – масса диагностируемой оси, принимается равным 2300 кг;

β – продольный угол перемещения площадки, принимается равным 90° [6].

$$W_c = 0,001 \cdot 2300 \cdot \cos 90^0 + 2300 \cdot \sin 90^0 = 2300 \text{ кг.}$$

При включении привода, из неподвижного состояния, усилие принимают [6, стр. 107 ф. 2]:

$$W_o = (1,2 \dots 1,5) \cdot W_c \quad (2)$$

$$W_o = 1,2 \cdot 2300 = 2760 \text{ кг.}$$

Величина сопротивления вращению определяет силу, необходимую для работы стенда.

Момент внешнего сопротивления приводного кривошипа для этого случая определяется по формуле:

$$M_c = \frac{W_o \cdot D_k}{2} \quad (3)$$

где M_c – момент сопротивления вращению кривошипа;

W_o – сопротивление передвижению площадки;

D_k – диаметр окружности, описываемой центром кривошипа, по данным завода изготовителя кривошипа принимается равным 0,118 м.

$$M_c = \frac{2760 \cdot 0,144}{2} = 198,72 \text{ кг} \cdot \text{м.}$$

Учитывая, что стенд имеет два симметричных привода на диагностируемую ось:

$$M_c = \frac{198,72}{2} = 99,36 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

2.3.2 Расчет привода механизма резонанса

Зная частоту вращения выходного звена (задаваясь, исходя из условий технологического процесса работы на стенде – 16 Гц колебания площадки стенда) и КПД механизма, можно определить необходимую мощность двигателя:

$$N = \frac{M_c \cdot n \cdot n_c}{9550 \cdot \eta_{\text{мех}}} \quad (4)$$

где n – количество рабочих органов, 1 (см. чертеж);

n_c – частота вращения рабочего органа;

$\eta_{\text{мех}}$ – КПД механизма;

N – мощность электродвигателя.

КПД механизма определяем по схеме (рисунок 13), определенный в первом приближении:

$$\eta_{\text{мех}} = \eta_m^2 \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_n^{14}, \quad (5)$$

где η_m – потери на трение в пальцевой муфте;

$\eta_{\text{ред}}$ – значение КПД для редуктора;

η_n – значение КПД подшипника качения.

Значения КПД механических передач берутся из [3]: $\eta_m = 0,993$,

$$\eta_n = 0,998, \eta_{ред} = 0,88.$$

$$\eta_{мех} = 0,993^2 \cdot 0,9 \cdot 0,998^{14} = 0,86.$$

Далее n_c определяем из условия технологического процесса на стенде:
 $n_c = 16$ об/с.

$$N = \frac{993,6 \cdot 16}{9550 \cdot 0,86} = 1,857 \text{ кВт.}$$

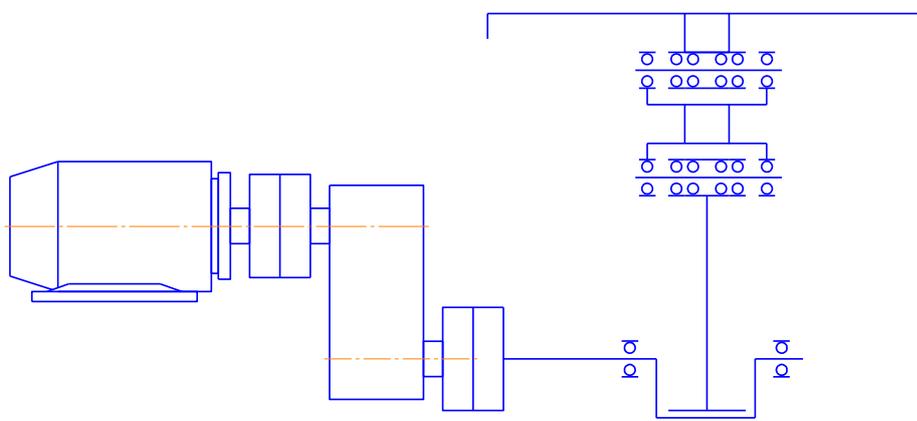


Рисунок 13 – Схема привода передачи винт-гайка

По найденному значению мощности по каталожным данным подбираем двигатель АИРС80А2 мощностью $N_{дв} = 1,9$ кВт с частотой вращения вала $n_{дв} = 3000$ об/мин, производства «Завод ХЭЛЗ» г. Харьков.

Краткая техническая характеристика выбранного электродвигателя:

Двигатель с повышенным скольжением, предназначен для привода механизмов общего назначения, работает от сети 380В, 50 и 60 Гц, режимы работы S3 по ГОСТ 183, степень защиты IP54 по ГОСТ 17494, способ охлаждения IC0141 по ГОСТ 20459, соотношения моментов на валу следующие (приближенно): $M_{пуск}/M_{ном} = 2$, $M_{макс}/M_{ном} = 2,2$, $M_{мин}/M_{ном} = 1,6$, климатическое исполнение У2 по ГОСТ 15150.

2.3.3 Расчет трансмиссии (редуктора привода) и разбивка его по ступеням

Общее передаточное отношение между двигателем и выходным звеном определяется по формуле:

$$u = \frac{n_{дв}}{n_c}, \quad (6)$$

где $n_{дв}$ – частота вращения выбранного электродвигателя, 3000 об/мин;

$$u = \frac{3000}{16 \cdot 60} = 3,12.$$

По каталожным данным, используя значения крутящего момента и частоту вращения выходного вала, подбираем редуктор 1ЦУ160 с передаточным отношением 3,15, производства ОАО «Редуктор», г. Ижевск,

Краткая характеристика выбранного редуктора:

Редуктор зубчатый цилиндрический одноступенчатый узкий горизонтальный общего назначения предназначен для увеличения крутящих моментов и уменьшения частоты вращения. Условия применения – нагрузка постоянная и переменная, одного направления и реверсивная; работа постоянная или с периодическими остановками; вращение валов в любую сторону, внешняя среда – неагрессивная, невзрывоопасная, редукторы допускают кратковременные перегрузки, возникающие при пусках и остановках двигателя, в 2 раза превышающие номинальные нагрузки, если число циклов нагружения быстроходного вала за время действия этих перегрузок не превысит 3 миллиона в течение всего срока службы редуктора. Климатические исполнения У1, по ГОСТ 15150. Конусность быстроходного и тихоходного валов – 1:10. При комплектации конусными валами в состав поставки входят шайбы и гайки для крепления полумуфт.

2.3.4 Расчет шпонки

Для расчета выбрана шпонка в соединении вала редуктора привода стенда. Если принять, что напряжения в зоне контакта распределены равномерно, то средние контактные напряжения, вызывающие смятие рабочих граней равно [1, стр.121, ф.9.37]:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l_p \cdot t_2} \leq [\sigma]_{см}, \quad (7)$$

где T – крутящий момент на валу, принимается равным 993,6 Н·м;

d – диаметр вала, принимается равным 40 мм;

l_p – рабочая длина шпонки, принимается равной 76 мм (по чертежу);

t_2 – глубина врезания шпонки в ступицу, принимается равной 6,4 мм [3, стр. 158, табл. 4];

$[\sigma]_{см}$ – допускаемое напряжение на смятие, 150-180 МПа [1, стр. 122].

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 99360}{40 \cdot 76 \cdot 6,4} = 10,21 \leq 150 \div 180 \text{ МПа} .$$

Соответствует условию.

2.4 Руководство по эксплуатации вибрационного стенда для диагностики подвески грузовых автомобилей

В связи с постоянным усовершенствованием изделия, повышающим надежность его эксплуатации, возможны незначительные расхождения между конструкцией и данными настоящего паспорта.

2.4.1 Назначение

Стенд средство для амплитудно-резонансного способа определения износа амортизаторов без разборки автомобиля. Оно может быть

использовано на авторемонтных предприятиях и станциях технического обслуживания, где проводится ремонт и техническое обслуживание грузовых автомобилей и автобусов. В конструкции большое количество унифицированных деталей с грузовых автомобилей.

2.4.2 Технические характеристики

1 Грузоподъемность, кг	2500.
2 Потребляемая мощность, кВт	2,0.
3 Напряжение питающей сети, В	380.
4 Габаритные размеры, мм	
– высота	810;
– ширина	1110;
– длина	2340.
5 Масса станда, кг	154.
6 Привод станда	
– частота вращения выходного вала редуктора, об/мин	960;
– крутящий момент на выходном валу редуктора, Н·м	993,6;
– тип приводного электродвигателя	АИРС80А2;
– частота вращения вала электродвигателя, об/мин	3000;
– передаточное отношение редуктора	3,15;
– частота колебаний, не менее, Гц	15;
– ход площадки, не более, мм	120

2.4.3 Комплект поставки

В комплект поставки входит:

1 Каркас станда, шт	1.
2 Крепежная метиза	1 комплект.
3 Блок электроуправления приводом, шт	1.
4 Пульт управления стандом, шт	1.
5 Мотор-редуктор, шт	1.
6 Муфта МУВП	1 комплект.

7 Площадка колесная	1 комплект.
8 Паспорт	1 экз.

2.4.4 Устройство и порядок работы

Общий вид станда, устройство станда ранее описано в ПЗ (рисунки 10, 11) и продублировано здесь.

На рисунке 10 приведен вариант оптимального решения для привода резонансной рессоры – основного рабочего органа в станде.

Привод состоит из кривошипной передачи и приводящего привода.

Кривошип 4 унифицирован частично, за основу взят коленвал автомобиля КамАЗ-65111. После доработки остается одна шатунная шейка и две переточенных коренных. Сохранены вкладыши 10 шатунной шейки. С сохранением вкладышей требуется сохранить и систему смазки. Переточенные концы коленвала установлены в сдвоенных подшипниках 3 и 6, последний имеет защитную крышку для предотвращения выхода заложной смазки. Также сохранена система каналов 5 смазки коленвала, для подвода к вкладышам. Подшипники коренных шеек установлены в корпусах 2. Для смены и доливки масла предусмотрены винты 1. Смазка шатунной шейки удерживается уплотнителями 8, установочные места уплотнителей требуется шлифовать, в этом случае не менее чем через каждые 1000 часов работы станда уплотнители и смазку требуется заменять. Для передачи и превращения вращательного вращения шатунной шейки установлен родной КамАЗовский шатун 7.

Правый корпус коренных подшипников имеет выходное отверстие, для подключения редуктора и электродвигателя 14. Отверстие уплотнено кольцами 11, а вал коленвала и вал 13 редуктора соединяются через пальцево-втулочную муфту 12. Весь механизм привода расположен в сварной конструкции из швеллеров 15.

На рисунке 11 вариант оптимального решения узла передачи усилий от привода к основанию.

Привод состоит из двух подшипниковых узлов и кронштейнов, объединяющих рабочий узел рессор и площадку.

Площадка 1 сварена из труб квадратного сечения с окантовкой уголка пор периметру, на верхней поверхности наложен и приварен лист с рельефным ребристым покрытием, для лучшего контакта шины диагностируемого автомобиля и площадки. Площадка крепится к верхней подшипниковой опоре 2 сваркой, в опоре, на оси 6, расположены подшипники 5 верхней опоры и самоустанавливающиеся подшипники 10 промежуточной опоры 3.

С обеих сторон подшипники защищены крышками 8, зажатых винтами 4. По внутренним кольцам подшипники установлены распорными кольцами 9, зафиксированными стопорными гайками 7. Промежуточная опора и нижняя опора 13 имеют основания, в которых установлен блок рессор 12. Весь этот пакет стянут штатными U-образными шпильками 11 автомобиля КамАЗ. В нижней опоре расположена головка 20 шатуна привода рессоры. Головка после расточки вмещает в себя сдвоенный роликовый подшипник, закрытый крышками 18 с обеих сторон. Крышки стянуты винтами 19. Для удержания смазки в крышках установлены уплотнительные кольца. Головка шатуна центрируется на пальце 15 распорными кольцами 16, установленными в свободной посадке. Палец удерживается в нижней опоре через пружинные кольца 14. Такая компоновка элементов обеспечивает герметичность полостей смазки, ориентацию всех вращающихся элементов, ремонтпригодность.

2.4.5 Указание мер безопасности

При установке, снятии деталей стенда и выполнении разборочно-сборочных работ на стенде необходимо соблюдать действующие правила по технике безопасности по инструкциям:

- И37.101.7088-94 для лиц, управляющих грузоподъемными машинами с пола;

- И37.101.7077-92 для лиц, работающих с пневмо- и электроинструментом;
- И37.101.7005-98 для слесарей механосборочных работ.

Работа допускается только на исправном стенде, рабочим, ознакомленным с устройством стенда и действующими на предприятии инструкциями по технике безопасности.

2.4.6 Техническое обслуживание

В процессе эксплуатации необходимо систематически осматривать крепеж тяг и шатуна, контролировать затяжку всех гаек и болтов не реже одного раза в 6 месяцев.

Периодически проверять на стенде исправность электродвигателя мотор-редуктора, износ подшипникового узла и сайлентблоков поперечной тяги.

Производить смену фильтров очистки масла: первую через 100 ч работы, вторую через 500 ч. работы, третью и последующие согласно показаниям манометров.

Периодически требуется снятие и промывка механически изнашиваемых поверхностей.

В течение гарантийного срока не допускается разборка электродвигателя работниками предприятия.

Узлы следует хранить в закрытых помещениях с естественной вентиляцией (условия хранения II ГОСТ 15150-69). Электродвигатель и редуктор перед хранением консервируются согласно ТУ производителя.

2.4.7 Характерные неисправности и методы их устранения

Возможные неисправности и методы их устранения приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Возможные неисправности и методы их устранения

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
--	-------------------	------------------

Продолжение таблицы 4

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
После замены фильтров насос дает малое давление	Износ шестерен насоса	Заменить насос
Манометры показывают давление после отключения	Поломка манометра	Заменить манометр
Скапливается много масла в крышке по окончании промывки	Износ манжет	Заменить манжеты
При включении с пульта электродвигатель мотор-редуктора не стартует	Неисправность электрооборудования	Найти и устранить неисправность
	Сгорели предохранители	Заменить предохранители

Выводы по разделу.

В разделе была проведена конструкторская разработка стенда для диагностики подвески грузовых автомобилей, приведены техническое задание и предложение, выполнен расчет конструкции и составлено руководство по эксплуатации стенда.

3 Технологический процесс

3.1 Основные признаки неисправности амортизаторов и стоек

Основные признаки неисправностей амортизаторов и стоек представлены ниже.

«Признак № 1. Отклонение от курса движения. Если такое происходит, необходимо проверить амортизаторы и стойки машины. При данной ситуации контроль над движением и действиями автомобиля уменьшается, что особенно опасно в дождливую погоду.

Признак № 2 Вибрации. При исправной работе амортизаторов и стоек происходит оптимальное соприкосновение и контакт шин с дорогой, вибрации должны отсутствовать. При вибрациях нужно быть очень осторожным, поскольку на высоких скоростях они могут быть сильными, что уменьшит ваш контроль над управлением автомобиля.

Признак № 3. Скольжение и заносы автомобиля. Это может быть важным сигналом об изношенности амортизаторов и стоек, что можно исправить только их заменой.

Признак № 4. Галопирование автомобиля, дребезжание и стук во время работы машины. На кочках, железнодорожных путях и других неровностях на дороге автомобиль может дребезжать и раскачиваться. С вероятностью более 65 % это говорит об изношенности амортизаторов и стоек. Наряду с малоприятной и некомфортной ездой эти моменты могут оказать нежелательное давление и повредить другие части автомобиля. Поэтому данную проблему следует устранить.

Признак № 5. Неравномерный износ шины. Обычно это является признаком того, что шины неправильно и не оптимально соприкасаются с дорогой. Причиной этого также может быть износ амортизаторов. Соответственно, данная проблема может оказать воздействие на контроль над автомобилем и потребует проверки и решения» [14].

«При изношенных амортизаторах путь торможения автомобиля возрастает до 20%, а при увеличении скорости движения соответственно возрастает и дистанция, необходимая вашему автомобилю для полной остановки. 20 % сверхдистанции вполне достаточно, чтобы вызвать угрозу для жизни. Поэтому проблема должна быть устранена как можно быстрее. Амортизаторы и стойки сами по себе не послужат причиной аварийной ситуации на дороге, но они значительно увеличат эти шансы» [14].

3.2 Важность проверки амортизаторов и подвески

«Амортизаторы наряду с другими системами и агрегатами оказывают существенное влияние на безопасность движения. Известно, что отсутствие надежного контакта колеса с опорной поверхностью, особенно при высоких скоростях движения автомобиля, приводит к снижению безопасной скорости движения при повороте на 10-15%, а также к увеличению тормозного пути на 5-10%.

При неисправных амортизаторах колебания колеса могут исказить информацию, поступающую в блок управления ABS; при этом возможно ошибочное растормаживание колеса.

Неисправные амортизаторы приводят к нестабильному и неравномерному освещению дороги, ослеплению водителей встречных автомобилей вследствие повышенного колебания кузова или шасси.

Переднеприводный автомобиль с амортизаторами, изношенными на 50%, при движении с постоянной скоростью по дороге, покрытой слоем воды толщиной 6 мм, может начать аквапланирование при скорости, на 10 % меньшей скорости такого же автомобиля, но с исправными амортизаторами.

В настоящее время амортизаторы по влиянию на безопасность движения ставят в один ряд с такими элементами и системами активной безопасности автомобиля, как шины, тормозные системы и рулевое управление.

Причем при техническом обслуживании автомобиля должное внимание состоянию амортизаторов, как правило, не уделяется. Износ и старение деталей амортизаторов происходят медленно, вследствие чего постепенно снижается и эффективность. Водитель не чувствует резких изменений в поведении автомобиля, привыкая к постепенному ухудшению его характеристик. В связи с этим в процессе эксплуатации автомобиля весьма актуальны периодическое диагностирование амортизаторов и оценка эффективности их работы» [19].

Выводы по разделу.

В разделе были рассмотрены основные признаки неисправности амортизаторов и стоек, а также их влияние на безопасность автомобиля, отмечена важность их проверки.

4 Производственная и экологическая безопасность проекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса диагностики подвески грузового автомобиля вибрационном стенде

Обеспечение безопасности человека в его повседневной деятельности, является важной целью, в условиях современного цивилизованного, социально-ориентированного, экономически стабильного мира.

В общем случае термин «безопасность» понимается как система «человек-машина-среда» в работе которой необходимо сохранить условие, при котором возникновение аварий устраняется с некоторой вероятностью.

В мире, особенно в последние годы, наблюдается интенсивный рост опасных процессов. С одной стороны, это опасные природные явления и стихийные бедствия, с другой стороны – техногенные аварии и катастрофы. За последние полвека число опасных стихийных бедствий увеличилось примерно в три раза, а ущерб от них – десять. При этом следует отметить, что процессы опасных природных явлений во многом связаны с деятельностью человека: деградация природной среды в результате сокращения лесного покрова, выбросов, изменения режимов природной воды, загрязнение воды и так далее.

«Общими мероприятиями, направленными на снижение производственного травматизма, являются: рациональное устройство основных и вспомогательных производственных зданий и сооружений, устройство машин, установок, приборов, инструмента, приспособлений и другого оборудования, их размещение и содержание в исправном состоянии; рациональная организация рабочих мест; изоляция производственного процесса; улучшение технологии производства; механизация; автоматизация; защита работающих; организационно-массовые мероприятия.

Здоровые условия труда на предприятиях автомобильной промышленности нельзя обеспечить без учета особенностей производства, так как для осуществления эффективных оздоровительных мероприятий необходимо исходить из санитарно-гигиенической характеристики каждого отдельного производства. При эксплуатации предприятий и отдельных производственных помещений большое значение имеют условия их содержания. В гигиенически чистых, хорошо освещаемых цехах профессиональные заболевания и травматизм обычно снижаются» [21].

«В целях обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности применения, хранения, транспортирования и утилизации материалов, изделий, устройств, а также их использования в бытовых целях для каждого товара/услуги разрабатывается паспорт безопасности.

Паспорт безопасности содержит доступную, краткую и самое важное достоверную информацию, достаточную для принятия потребителем необходимых мер по обеспечению защиты здоровья людей и их безопасности на рабочем месте, охране окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла, в том числе утилизацию» [24].

В таблице 5 представлен паспорт безопасности на технологический процесс диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде

Таблица 5 – Паспорт безопасности на технологический процесс диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс (ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий)	Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
Диагностика подвески грузового автомобиля на	1 Установка автомобиля на вибрационный стенд.	Слесарь по ремонту автомобилей 4 разряда	Вибрационный стенд, компьютер	Защитные хлопчатобумажные перчатки, спецодежда, спецобувь

Продолжение таблицы 5

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс (ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий)	Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
вибрационном стенде	2 Проведение испытаний подвески согласно технологической карте. 3 Снятие автомобиля с вибрационного стенда			

4.2 Определение профессиональных рисков

«Процесс определения профессиональных рисков включает в себя процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов (далее – О и ВПФ) согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и установления их временных, количественных и других характеристик, в целях разработки комплекса предупреждающих мероприятий в целях обеспечения безопасности труда» [42].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
1	2	3
1 Установка автомобиля на вибрационный стенд. 2 Проведение испытаний подвески согласно технологической карте.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Детали, узлы, агрегаты автомобиля

Продолжение таблицы 6

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
3 Снятие автомобиля с вибрационного стенда	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Вибрационный стенд
	Повышенный уровень шума	Вибрационный стенд
	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта
	«Возможность поражения электрическим током	Вибрационный стенд, компьютер» [25].
	«Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [32].
	«Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции при диагностике» [26].
	Напряжение зрительных анализаторов	
Статические нагрузки, связанные с рабочей позой		

4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков

В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг).

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации О и ВПФ производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от

установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

Типовой перечень ежегодно реализуемых работодателем за счет указанных средств мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков (далее – Перечень) устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда. Перечень утвержден Приказом Минздравсоцразвития России от 01.03.2012 № 181н.

Основные мероприятия:

- а) «проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ). СОУТ позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
 - 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда;
- б) обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;

- в) организация обучения и проверки знаний по охране труда работников;
- г) проведение обязательных медицинских осмотров и психиатрических освидетельствований;
- д) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- е) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами.
- ж) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
- з) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- и) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- к) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;

- л) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- м) организация и проведение производственного контроля;
- н) издание (тиражирование) инструкций по охране труда» [39].

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Организационно-технические мероприятия: <ul style="list-style-type: none"> – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии 	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: <ul style="list-style-type: none"> – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования; – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием. Применение звукоизоляции, звукопоглощения,	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)

Продолжение таблицы 7

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Повышенный уровень шума	<p>демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных);</p> <ul style="list-style-type: none"> – группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; – введение регламентированных дополнительных перерывов; – проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров 	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [33].
«Возможность поражения электрическим током	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [31].
Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; <p>используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [29].</p>	–
Монотонность труда, вызывающая монотонию	– расширение круга	–

Продолжение таблицы 7

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	<ul style="list-style-type: none"> – обязанностей; – усложнение работы или обогащение такими функциями и обязанностями, которые способны сыграть роль стимулов для того или иного сотрудника; – руководитель должен установить режим и график работы сотрудников. Принципы и методология определения количества и продолжительности перерывов на отдых, независимо от регламентированного периода работы, являются едиными. С сокращением рабочего дня (с 6-7-часовой сменой) потребность в отдыхе может возрасти, поскольку, как правило, увеличивается интенсивность труда – обратить внимание на социальные и физические условия труда: уровень шума в помещении, цветовая гамма помещения, освещение. Правильное оформление помещений требует логического соответствия формы и цвета 	

4.4 Пожарная безопасность

К пожарной безопасности зданий и сооружений следует относиться со всей ответственностью, при этом требования по пожарной безопасности регулируются сводом правил (СНиП). Свод правил по пожарной безопасности (СНиП) – нормативные документы, в соответствии с которыми

производится проектирование противопожарной защиты зданий и сооружений СНИП о пожарной безопасности представляют собой документ, в котором прописаны правила, которым нужно следовать, начиная от проектирования и заканчивая периодом эксплуатации. Те или иные здания (сооружения) принято классифицировать по двум категориям – конструктивной и функциональной пожарной опасности. Кроме того, все здания категорируют по огнестойкости. Степень огнестойкости сооружений находится в прямой зависимости от огнестойкости конструкций несущего типа (стен, перекрытий).

Любое здание в зависимости от степени огнестойкости должно быть оборудовано:

- подъездными путями для пожарной техники;
- наружными пожарными лестницами;
- системой противодымной защиты;
- противопожарным водопроводом;
- средствами, облегчающими выходы на чердак.

При организации противопожарной безопасности нужно уделять особое внимание системам и средствам предотвращения распространения пожара по всей площади помещений. Существуют определенные требования к использованию тех или иных материалов для облицовки различных поверхностей. Кроме того, в любом здании (сооружении) должна быть размещена сигнализация, а также первичные средства пожаротушения и противопожарные преграды.

Противопожарная безопасность в здании должна быть организована таким образом, чтобы в случае обнаружения возгорания люди могли максимально быстро покинуть помещение. Эвакуационные пути должны быть предохранены от опасных факторов пожара, это возможно благодаря внедрению комплекса конструктивных, технических и инженерных решений. Организация пожарной безопасности в любом здании – обязательная и необходимая мера, к этому процессу следует подойти со всей

ответственностью, без экономии средств на обустройство систем противопожарной защиты и средств пожаротушения.

Каждый руководитель объекта должен осуществлять необходимый комплекс мер по предотвращению пожаров на объекте на постоянной основе.



Рисунок 12 – Правила пожарной безопасности

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при технологическом процессе диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечения пожарной безопасности при технологическом процессе диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [25].
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007»	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [40].

Продолжение таблицы 8

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования»	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [27].
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ [18]	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [29].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения»	«Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей» [26].
«Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения, средств пожаротушения»	«Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [41].
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность Общие требования» [22]	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах» [23].
«Размещение информационного стенда по пожарной безопасности»	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [43].

4.5 Экологическая безопасность технологического процесса диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде

Сводная информация по идентификации экологических факторов представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Идентификация экологических факторов технологического процесса сборки диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу

Продолжение таблицы 9

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Диагностика подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [26].

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде

Перечень мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
Применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена	Экологический контроль за утилизацией и захоронением сточных вод, осадков, выбросов вредных веществ	Спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши. Металлический лом, стружка отправляется на переплавку. Твердые бытовые / коммунальные отходы сортируются и

Заключение по разделу «Производственная и экологическая безопасность проекта».

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»:

– разработан паспорт безопасности на технологический процесс

диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде (таблица 5);

- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде (таблица 6) и определены пути их снижения (таблица 7);
- рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде (таблицы 8, 9);
- определены мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного воздействия технологического процесса диагностики подвески грузового автомобиля на вибрационном стенде (таблица 10).

5 Экономическая эффективность проекта

«Рассчитаем затраты на изготовление конструкции вибрационного стенда для диагностики подвески грузовых автомобилей по формуле (8):

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{о.н}}, \quad (8)$$

где $C_{\text{к.д}}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, р.;

$C_{\text{о.д}}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей, р.;

$C_{\text{п.д}}$ – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, р.;

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [44]

«Рассчитываем стоимость изготовления корпусных деталей по формуле (9):

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (9)$$

где $Q_{\text{к}}$ – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей» [27].

В таблице 11 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 11 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Наименование детали	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама	Швеллер гнутый 120×80×4	221,4	210	42	9298,6
Итого:	–	–	–	–	9298,6

«Рассчитываем затраты на изготовление оригинальных деталей по формуле (10):

$$C_{o.d} = C_{прн} \cdot C_M, \quad (10)$$

где $C_{прн}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, р.;

C_M – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [45].

$$C_{прн} = t \cdot C_q \cdot k_t, \quad (11)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, чел.-ч. (в данном случае изготавливаем оси – 4 шт., проставки – 4 шт., корпуса – 4 шт., крышки – 8 шт.),

$$t = 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,6 + 4 \cdot 0,8 = 19,6 \text{ чел. - ч.}$$

C_q – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч.

Тарифную ставку считаем из расчёта минимального размера заработной платы по Самарской области на 2021 год, которая составляет 12792 р. в соответствии с законом № 82-ФЗ.

Принимаем тарифную ставку из учета минимальной заработной платы по Самарской области для первого разряда: $12792/(7 \cdot 21) = 87,02$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80. Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $87,02 \cdot 1,42 = 123,56$ р./ч.;

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, 1,025...1,03» [27].

$$C_{\text{прн}} = 19,6 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 2494,42 \text{ р.}$$

Рассчитываем дополнительную заработную плату по формуле (12):

$$C_{\text{д}} = \frac{(5...12) \cdot C_{\text{пр}}}{100}, \quad (12)$$

$$C_{\text{д}} = \frac{10 \cdot 2494,42}{100} = 249,44 \text{ р.}$$

Рассчитываем начисления на заработную плату по формуле (13):

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 \cdot (C_{\text{пр}} + C_{\text{д}})}{100} \quad (13)$$

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 \cdot (2494,42 + 249,44)}{100} = 823,16 \text{ р.},$$

«Рассчитываем стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей по формуле (14):

$$C_{\text{м}} = Ц \cdot Q_3, \quad (14)$$

где $Ц$ – цена 1 кг материала заготовок, р./кг;

Q_3 – масса заготовки, кг» [27].

В таблице 12 представлена стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 12 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Марка материала	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Ось	Сталь 40Х	4	4	28,0	112,0
Проставка	Сталь 45	4	2	22,0	88,0

Продолжение таблицы 12

Наименование детали	Марка материала	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Корпус	Сталь 45	4	10	22,0	220,0
Крышка	Сталь 45	8	16	22,0	352,0
Итого:	–	–	–	–	772,0

$$C_M = 4 \cdot 28 + 2 \cdot 22 + 10 \cdot 22 + 16 \cdot 22 = 772 \text{ р.}$$

$$C_{O.Д} = 2494,42 + 249,44 + 823,16 + 772 = 4339,03 \text{ р.}$$

«Рассчитываем полную заработную плату производственных рабочих, занятых на сборке по формуле (15):

$$C_{СБ.П} = C_{СБ} + C_{Д.СБ} + C_{СОЦ.СБ}, \quad (15)$$

где $C_{СБ}$ – основная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{Д.СБ}$ – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{СОЦ.СБ}$ – отчисления соцстраху рабочих, р.» [47].

«Рассчитываем основную заработную плату рабочих, занятых на сборке по формуле (16):

$$C_{СБ} = T_{СБ} \cdot C_ч \cdot k_t, \quad (16)$$

где $T_{СБ}$ – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч.

$$T_{СБ} = k_c \cdot \sum t_{c.б}, \quad (17)$$

где $t_{c.б}$ – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч., по справочным данным принимаем равным 16,0 чел.-ч.

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, принимаем равным 1,25» [27].

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 16 = 20 \text{ чел.} \cdot \text{ч.},$$

$$C_{CB} = 20 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 2545,33 \text{ р.},$$

$$C_{Д.СБ} = 0,1 \cdot 2545,33 = 254,53 \text{ р.},$$

$$C_{СОЦ.СБ} = 0,3 \cdot (2545,33 + 254,53) = 839,96 \text{ р.},$$

$$C_{СБ.П} = 2545,33 + 254,53 + 839,96 = 3639,83 \text{ р.}$$

«Рассчитываем общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления по формуле (18):

$$C_{ОН} = \frac{C'_{ПР} \cdot R_{ОН}}{100}, \quad (18)$$

где $C'_{ПР}$ – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении аппарата, р.;

$R_{ОН}$ – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [27].

$$C'_{ПР} = C_{ПРН} + C_{СБ.П} \quad (19)$$

$$C'_{ПР} = 2494,42 + 2545,33 = 5039,76 \text{ р.}$$

$$C_{ОН} = \frac{5039,76 \cdot 40}{100} = 2015,91 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов (подшипники, гайки, болты) представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Наименование материала	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Гайка М27х1,5	шт.	7	4	28
Винт М4х18	шт.	5	24	120
Болт М20х110	шт.	5	4	20
Шайба 20Н	шт.	4	4	16
Гайка М20	шт.	5	4	20
Электродвигатель АИРС80А2	шт.	7300	2	14600

Продолжение таблицы 13

Наименование материала	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Редуктор 1ЦУ160	шт.	25000	2	50000
Комплект рессор КамАЗ	шт.	2300	2	4600
Палец КамАЗ	шт.	600	2	1200
Штанга стабилизатора	шт.	13000	2	26000
Стремянка КамАЗ	шт.	1500	4	6000
Итого:	–	–	–	102609

$$C_{п.д} = 28 + 120 + 20 + 16 + 20 + 14600 + 50000 + 4600 + 1200 + 26000 + 6000 = 102609 \text{ р.}$$

Далее рассчитываем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости конструкторской разработки.

Рассчитываем затраты на изготовление конструкции по формуле (8):

$$C_{кон} = 9298,6 + 4339,03 + 3639,83 + 2015,91 + 102609 = 121902,37 \text{ р.}$$

Как видно из расчетов, общие затраты на изготовление конструкции равны 121902,37 р.

Рассчитываем годовую экономию от снижения себестоимости при внедрении конструкции по формуле (20):

$$\mathcal{E}_Г = (T_C - T_H) \cdot 12 \cdot C_ч + \mathcal{E}_К, \quad (20)$$

где « T_C – среднемесячная трудоемкость при старой технологии, чел.-ч;

T_H – среднемесячная трудоемкость при новой технологии, чел.-ч;

$\mathcal{E}_К$ – экономия денежных средств при использовании конструкции;

12 – количество месяцев в году;

$C_ч$ – часовая ставка рабочих, отчисляемая по четвертому разряду, 123,56 р./ч.» [46].

Экономия денежных средств достигается за счёт снижения среднемесячной трудоёмкости при применении новой технологии и как следствие снижение трудоёмкости приводит к экономии денежных средств.

$$\mathcal{E}_Г = (25 - 22) \cdot 12 \cdot 123,56 + (240000 - 121902,37) = 113649,47 \text{ р.}$$

Рассчитываем срок окупаемости по формуле (21):

$$O_{OK} = \frac{C_{KOH}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (21)$$

$$O_{OK} = \frac{121902,37}{113649,47} = 1,07 \text{ года.}$$

Рассчитываем годовой экономический эффект от внедрения конструкции по формуле (22):

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}\Phi} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{KOH}, \quad (22)$$

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}\Phi} = 113649,47 - 0,15 \cdot 121902,37 = 131934,83 \text{ р.}$$

Все полученные результаты сводим в таблицу 14.

Таблица 14 – Результаты расчета

Показатель	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	руб.	240000	121902,37
Трудоёмкость при использовании конструкции	чел.-ч.	25	22
Годовая экономия от снижения при внедрении конструкции	руб.	–	113649,47
Годовой экономический эффект	руб.	–	131934,83
Срок окупаемости	год.	–	1,07

Анализируя таблицу 14 делаем вывод, что годовая экономия достигаемая за счёт снижения трудоёмкости на поставленные работы и за счёт меньшей стоимости составляет 113649,47 р., а срок окупаемости равен 1,07 года, что допустимо для данной конструкции вибрационного стенда для диагностики подвески грузовых автомобилей.

Заключение

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка конструкции вибрационного стенда для диагностики подвески грузовых автомобилей».

В качестве конструкторской разработки была предложена разработка конструкции вибрационного стенда для диагностики подвески грузовых автомобилей. Спроектированный стенд имеет достаточно простую конструкцию, в составе которой в основном применены унифицированные с грузовыми автомобилями детали, за счет чего снижена себестоимость конструкции, а также снижено число и точность мехобработки, тем самым обеспечена возможность изготовления вибрационного стенда в условиях АТП.

В результате выполнения работы было сделано следующее:

- рассмотрены требования к подвеске грузового автомобиля, проведен анализ существующих задних подвесок грузовых автомобилей, приведено оборудование для диагностики подвески;
- проведена конструкторская разработка стенда для диагностики подвески грузовых автомобилей, приведены техническое задание и предложение, выполнен расчет конструкции и составлено руководство по эксплуатации;
- рассмотрены основные признаки неисправности амортизаторов;
- рассмотрены вопросы, касающиеся безопасности и экологичности проекта;
- рассчитаны технико-экономические показатели по конструкторской разработке. Стоимость изготовления конструкторской разработки составляет 121902,37 р., годовая экономия – 113649,47 р., а срок окупаемости – 1,07 года.

Вибрационный стенд для диагностики подвески грузовых автомобилей является экономически эффективным и в дальнейшем может найти широкое применение.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3т. Т.1. – М: Машиностроение, 2001. – 920 с.
2. Аринин И. Н. и др.. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. – Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
3. Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
4. Бойко А. В. Совершенствование методов диагностики тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации на силовых стендах с беговыми барабанами: дис. канд. техн. наук: 05.22.10: защищена 25.06.08/ Бойко Александр Владимирович. - Иркутск, 2008. – 217 с.
5. Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
6. Бродский В. В. – М: Наука, 1976. – 224 с.
7. Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
8. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
9. Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. -М.: Колос, 1973. – 195 с.
10. Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
11. Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири: Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Красноярск: КГТУ, 1995. – с. 83-89.

12. Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.

13. Генбом Б.Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б. Б. Генбом. - Львов: Вища школа, 1974. – 234 с.

14. Гернер В.С. Исследование режимов контроля эффективности действия тормозных механизмов: дис. канд. техн. наук/ В. С. Гернер. - Харьков, 1970. – 153 с.

15. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.

16. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1975. – 305 с.

17. Горлатов С.Е. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Методические указания к курсовой работе. – Оренбург: ОГУ, 2002 – 28 с.

18. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды; введ. 1971-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 58 с.

19. ГОСТ 25478-91. Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки, введ. 01-01-93. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 32 с.

20. ГОСТ 380-98. Сталь углеродистая обыкновенного качества, введ. 01-01-98. – М.: Изд-во стандартов, 1998 – 21 с.

21. ГОСТ 577-68. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01мм. Технические условия, введ. 01-07-68. – М.: Изд-во стандартов, 1998 – 12 с.

22. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки; введ. 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 28 с.

23. ГОСТ Р 52302–2004. Автотранспортные средства. Устойчивость и управляемость. Технические требования. Методы испытания. – М. : Изд-во стандартов, 2005.
24. Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.
25. Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт. техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.
26. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
27. Гуревич Л. В., Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.
28. Гурьянов С. И. Повышение точности диагностирования тормозных свойств автопоездов на стенде / С. И. Гурьянов. // Диагностика автомобилей: III всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. - Улан-Удэ, 1989. – с. 147-148.
29. Джонсон М. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке/ М. Джонсон, Ф. М. Лион. – Мир, 1981. – 610 с.
30. Дик А. Б. Описание характеристик проскальзывания тормозящего колеса / А. Б. Дик // Надежность и активная безопасность автомобиля : сб. науч. тр. / МАМИ. – М, 1985. – с. 205-216.
31. Димов Н. Н. Оценка возможности воспроизведения реальных режимов торможения автомобиля на стендах с беговыми барабанами : автореферат / Н. Н. Димов. - Харьков, 1987. – 20 с.
32. Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / А. А. Хачатуров [и др.]; под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
33. Енаев А. А. Основы теории колебаний автомобиля при торможении и ее приложения. – М.: Машиностроение, 2002. – 341 с.

34. Ечеистов Ю. А. Неустановившееся торможение автомобильного колеса / Ю. А. Ечеистов, В. В. Бернацкий // Безопасность и надежность автомобиля : сб. науч. тр. – М: МАМИ, 1981. – с. 16-23.
35. Конструкция автомобиля. Шасси : учеб. для вузов / под ред. А. Л. Карунина. – М. : МГТУ МАМИ, 2000. – 528 с.
36. Краткий автомобильный справочник./НИИАТ. М. Транспорт, 1988 – 224 с.
37. Лысов М.И. «Рулевые управления автомобилей» – М.: «Машиностроение», 1972 г.
38. Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
39. Проектирование полноприводных колесных машин: В 2т. Т.2. учебник для вузов; Под общей редакцией А. А. Полунгяна.- М:Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 640 с.
40. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление/Пер. с нем. В.Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха.- М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
41. Стенды тормозные малогабаритные «СТМ-3500 М». Методика поверки М 020.000.00.00-01. - Жигулевск, 2005. – с. 11.
42. Стенды тормозные малогабаритные «СТМ-3500 М». Руководство по эксплуатации М 220.000.00.00. - Жигулевск, 2005. – с. 49.
43. Стенды тормозные силовые «СТС». Руководство по эксплуатации 10У. 14.00.00.000. - Великий Новгород, 2007. – с. 52.
44. Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.
45. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.
46. Феодосьев В.И. «Соппротивление материалов». – М: Наука, 1986. – 512 с.
47. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950 – 384 с.

48. David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling.
- [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] c. - 165 p.
49. Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design,
manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification
using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.
50. Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB
Verlag Technik, 1975.
51. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials,
Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.
52. Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R.
Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

Приложение А
Спецификация

		Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
Перв. примен.						<u>Документация</u>					
	A1				21.ДП.ПЭА.156.00.000.СБ	Сборочный чертеж	3				
Справ. №						<u>Сборочные единицы</u>					
			1		21.ДП.ПЭА.156.01.000	Рама	2				
			2		21.ДП.ПЭА.156.02.000	Башмак	2				
			3		21.ДП.ПЭА.156.03.000	Основание	2				
			4		21.ДП.ПЭА.156.04.000	Опора промежуточная	2				
			5		21.ДП.ПЭА.156.05.000	Опора	2				
			6		21.ДП.ПЭА.156.06.000	Узел подшипниковый в сборе	2				
			7		21.ДП.ПЭА.156.07.000	Муфта в сборе	2				
Подл. и дата						<u>Детали</u>					
			8		21.ДП.ПЭА.156.00.008	Корпус	4				
			9		21.ДП.ПЭА.156.00.009	Кардан доработанный	2				
			10		21.ДП.ПЭА.156.00.010	Шатун доработанный	2				
	Инд. № дроб.			11		21.ДП.ПЭА.156.00.011	Крышка	2			
				12		21.ДП.ПЭА.156.00.012	Ось	2			
				13		21.ДП.ПЭА.156.00.013	Крышка	2			
	Взам. инв. №			14		21.ДП.ПЭА.156.00.014	Проставка	4			
			15		21.ДП.ПЭА.156.00.015	Кольцо	2				
Подл. и дата						<u>Стандартные изделия</u>					
			16			Гайка М27х1,5 ГОСТ 11871-88	4				
					21.ДП.ПЭА.156.00.000						
Инд. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Стенд диагностики подвески					
	Разраб.	Чернышов							Лист	Лист	Листов
	Проб.	Турбин								1	2
	Исконтр.	Турбин				ТГУ, ИМ,					
	Утв.	Бобровский				гр. АТС-1601б					
					Копировал	Формат А4					

Рисунок А.1 – Спецификация на вибрационный стенд для диагностики подвески грузовых автомобилей

