

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)

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 Проектирование конструкции полуавтоматического стенда для испытания и обкатки главной передачи малотоннажных грузовых автомобилей ГАЗ-А21R

Обучающийся

Н.А. Амосов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизилев

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

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

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

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Тольятти 2025

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Проектирование конструкции полуавтоматического стенда для испытания и обкатки главной передачи малотоннажных грузовых автомобилей ГАЗ-А21R».

Цель работы – «Разработка полуавтоматического стенда для испытаний и обкатки главной передачи ГАЗ-А21R, позволяющего проводить диагностику параметров работы в контролируемых условиях.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 98 страниц с приложениями.

Графическая часть представлена 10 листами формата А1, выполненными в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D.

Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

В дипломной работе рассматривается проектирование конструкции полуавтоматического стенда для испытания и обкатки главной передачи малотоннажных грузовых автомобилей. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения надежности и эффективности контроля качества главных передач на этапе производства. В работе проведен анализ существующих стендов, определены их недостатки и предложены инженерные решения для их устранения. Разработана конструкция стенда, включающая приводную систему, систему нагружения и систему контроля параметров» [9]. Проведены расчеты основных узлов на прочность и долговечность, а также предложены рекомендации по эксплуатации. Результаты работы могут быть использованы на предприятиях, занимающихся производством и ремонтом малотоннажных грузовых автомобилей, для повышения точности и скорости испытаний.

Abstract

The diploma project is carried out on the topic: “Designing the construction of semi-automatic stand for testing and running-in of the main gear of low-tonnage trucks GAZ-A21R”.

Purpose of work - Development of a semi-automatic stand for testing and running-in of the main gear of GAZ-A21R, allowing to carry out diagnostics of operation parameters under controlled conditions.

Explanatory note includes an introduction, six sections, conclusion, list of used literature and used sources, annexes, a total of 98 pages with annexes.

The graphic part is represented by 10 A1 sheets made in the engineering software KOMPAS-3D.

The diploma project fully complies with the approved design task.

The thesis deals with the design of semi-automatic stand for testing and running-in of the main gear of low-tonnage trucks. The relevance of the research is determined by the need to improve the reliability and efficiency of quality control of main gears at the stage of production. The paper analyzes the existing stands, identifies their shortcomings and proposes engineering solutions for their elimination. The stand design including the drive system, loading system and parameter control system is developed. Calculations of the main units for strength and durability are carried out, and recommendations for operation are offered. The results of the work can be used at enterprises engaged in the production and repair of light-duty trucks to improve the accuracy and speed of testing.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса задних мостов	8
1.1 НР-7103/1 - стенд для испытаний заднего моста.....	9
1.2 С 416-722 - стенд для испытания главной передачи заднего моста	12
1.3 70-7805-1501 - Стенд для испытания редуктора на герметичность	13
2 Проверка патентоспособности объекта исследования.....	16
2.1 Обоснование необходимости проведения патентного исследования ...	16
2.2 Регламент патентного поиска	17
3 Конструкторская часть	29
3.1 Техническое задание на проектирование стенда для испытаний заднего моста	29
3.2 Техническое предложение на проектирование стенда для испытаний главной передачи.....	32
3.3 Результаты конструктивных расчетов элементов стенда	39
3.4 Детальная проработка агрегатного отделения.....	48
4 Технологический раздел.....	53
4.1 Анализ и выбор технологического процесса	54
4.2 Проектирование техпроцесса сборки.....	57
5 Экологическая безопасность реализации проекта.....	61
5.1 Идентификация профессиональных рисков.....	62
5.2 Методы снижения профессиональных рисков	65
5.3 Противопожарная безопасность	69
5.4 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса испытания главной передачи	75
6 Экономическая эффективность проекта.....	79
Заключение	89
Список используемой литературы и используемых источников.....	90

Введение

Малотоннажные грузовые автомобили, занимают важное место в логистических цепочках благодаря своей способности эффективно решать задачи доставки в условиях городской среды. Эти транспортные средства, рассчитанные на перевозку грузов массой до 2,5 тонн, сочетают маневренность, экономичность и адаптивность, что делает их незаменимыми для оперативных перевозок на короткие и средние расстояния.

ГАЗ-А21R, как представитель отечественного автопрома, наследует ключевые преимущества малотоннажников: компактность, возможность работы в плотном трафике и низкие эксплуатационные расходы. Конструкция таких автомобилей, включая рессорную подвеску и двигатели умеренной мощности, обеспечивает устойчивость при нагрузке и достаточную динамику для городских маршрутов.

Эффективность ГАЗ-А21R формируется за счет нескольких факторов:

Оперативность доставки благодаря малому габариту и способности избегать ограничений для крупногабаритного транспорта;

Экономическая выгода из-за сниженного расхода топлива и доступности обслуживания;

Гибкость применения — возможность использования для перевозки продуктов питания, мелкогабаритных товаров или курьерских отправок.

Применимость модели в логистике усиливается растущим спросом на «последнюю милю» в электронной коммерции, где критичны скорость и точность поставок. Таким образом, ГАЗ-А21R демонстрирует сбалансированные характеристики, отвечающие современным требованиям к малотоннажным перевозкам.

Малотоннажный грузовой автомобиль ГАЗ-А21R, как и любая техника, имеет специфические риски, связанные с конструкцией и условиями эксплуатации. Основные риски поломок подобного вида автомобилей связаны в первую очередь с трансмиссией и задним мостом, типичные неисправности

включают износ синхронизаторов и шестерён, особенно при агрессивной эксплуатации; при этом задний мост подвержен износу распорных втулок подшипников хвостовика, что может привести к люфтам и повреждению трансмиссии.

Ремонт и обслуживание малотоннажных автомобилей требуют применения специализированных инструментов и систем, учитывающих конструктивные особенности модели, такие как сканеры для расшифровки кодов ошибок, совместимые с бортовыми системами (например, через интерфейс диагностического разъёма); тестеры электронных компонентов для проверки датчиков давления масла, температуры двигателя и работы сигнализаторов (например, МП-лампы); стенды для балансировки колёс и проверки подвески, учитывающие нагрузочные характеристики рессорной системы; гидравлические прессы для замены изношенных втулок заднего моста и подшипников хвостовика; оборудование для установки газобаллонных систем (при модернизации), включая тестовые стенды для проверки герметичности.

В то же время ремонт трансмиссии требует применения калибровочных шаблонов для регулировки зазоров в коробке передач.

Современные стенды для ремонта заднего моста, имеют ряд недостатков, которые влияют на качество и эффективность ремонтных работ, среди них можно выделить следующие недостатки:

- ограниченная универсальность. Многие стенды рассчитаны на стандартные размеры и конструкции задних мостов, что затрудняет ремонт модифицированных или обновлённых узлов, особенно если производитель вносит изменения в конструкцию моста. Это требует дополнительной адаптации или использования нестандартных инструментов, что увеличивает время ремонта.

- недостаточная точность регулировок. Некоторые стенды не обеспечивают высокоточный контроль за зазорами и люфтами в подшипниках

и шестернях, что может привести к неправильной сборке и преждевременному износу деталей.

- сложность в диагностике скрытых дефектов. Стенды часто не оснащены современными системами визуализации или датчиками, позволяющими выявлять микротрещины и усталостные повреждения в корпусе моста или валу, что снижает надёжность диагностики.

- высокая стоимость и громоздкость оборудования. Современные стенды могут требовать значительных затрат на приобретение и обслуживание, а также занимать много места в мастерской, что не всегда оправдано для небольших сервисов, работающих с малотоннажными автомобилями.

- ограниченная совместимость с электронными системами. В современных автомобилях, включая ГАЗ-А21R, задний мост может иметь интегрированные электронные датчики и регуляторы, которые сложно проверить и отрегулировать на традиционных механических стендах без дополнительного специализированного оборудования.

В связи с вышеизложенным возникает необходимость в разработке современного, бюджетного, универсального стенда для испытаний и обкатки главной передачи малотоннажных автомобилей ГАЗ.

1 Состояние вопроса задних мостов

Задний мост малотоннажных автомобилей представляет собой комплексный узел, сочетающий функции передачи крутящего момента, торможения и поддержки конструкции. Ключевые аспекты его устройства и эксплуатации включают в себя: задний мост; главная передача с дифференциалом для распределения момента между колесами; ступицы с подшипниковыми узлами, обеспечивающие вращение колес; балочная конструкция (цельная или разъемная) для обеспечения жесткости; тормозная система, включающая в себя: барабанные или дисковые механизмы с гидравлическим приводом; регулятор давления для предотвращения блокировки колес; интеграция с ABS в современных моделях.

Динамические характеристики заднего моста включают в себя передаточное число главной пары (3.7-4.3), которое определяет максимальную скорость (при 2000 об/мин и передаче 0.78: 85-99 км/ч), топливную экономичность (меньшие значения предпочтительнее).

Для проведения ремонтных работ и испытаний на специальном стенде необходимо соблюдение следующих условий:

- Подготовка к испытаниям: испытания проводят на специализированном стенде, способном обеспечивать плавное нагружение моста крутящим моментом. Перед установкой на стенд с моста демонтируют тормозные барабаны, чтобы не мешать испытаниям. Ступицы затормаживают или жестко соединяют с картером. Мост заправляют смазкой согласно карте смазки для конкретной модели автомобиля.

- Место и условия проведения испытания:

Испытания проводят в специализированном помещении с контролируемыми метеоусловиями: температура воздуха 18–22 °С, влажность 60–75 %. Испытательный стенд должен быть оснащён измерительным оборудованием для контроля крутящего момента с точностью не хуже 1 % и аварийным отключением.

- Порядок и методика испытаний:

Испытания предусматривают плавное нагружение передачи ведущего моста крутящим моментом до предельного значения. В процессе испытаний на полуосях задаётся определённая нагрузка (например, 350 Н·м при 2500 об/мин) и контролируется температура в районе ступиц и редуктора, внешний вид и геометрия моста. Не допускается повышение температуры деталей корпуса выше 60–70 °С. Испытания могут длиться 60 моточасов или 10 календарных дней, в зависимости от программы и включают предварительный осмотр, испытания на заданных режимах, контрольный осмотр и дефектовку после каждого этапа.

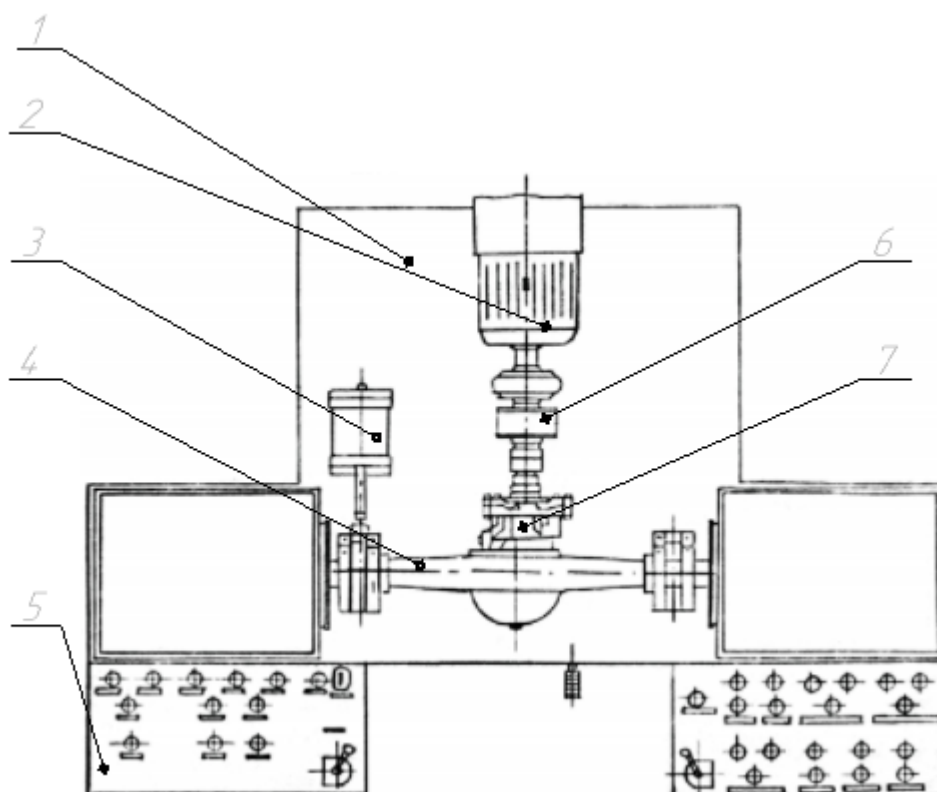
Результаты каждого этапа заносятся в протокол с указанием параметров и состояния моста. Испытание считается выдержанным, если при достижении предельного момента элементы передачи не разрушены и не имеют остаточных деформаций. При обнаружении дефектов испытания повторяют после устранения неисправностей.

- Требования к персоналу

Испытания проводят инженеры-испытатели не ниже 2-й категории и слесари-испытатели не ниже 5-го разряда. Строгое выполнение требований безопасности и охраны окружающей среды, использование поверенного оборудования

1.1 НР-7103/1 - стенд для испытаний заднего моста

Стенд для испытания заднего моста, модель НР-7103/1 (рисунок 1) предназначен для обкатки заднего моста автомобиля ГАЗ-53 А под проточным маслом с последующим испытанием под нагрузкой.



1 – станина; 2 – электродвигатель; 3 – пневмоцилиндр, 4 – задний мост;
5 – пульт управления; 6 – вал, 7 – редуктор

Рисунок 1 – Стенд для испытания заднего моста, модель НР-7103/1

«На стойке стенда смонтирована система установки и поворота заднего моста, механизм прижима заднего моста, система передачи вращения погрузочным электродвигателем, нагрузочное устройство и пульт управления.

Привод стенда состоит из электродвигателя, высокоэластичной муфты, сферического подшипника, прижимной пружины и втулки с пальцами. Электродвигатель с фазным ротором работает в комплекте с жидкостным реостатом, позволяющим плавно менять частоту вращения.

Система установки и поворота моста имеет две поворотные опоры (одна из них приводная), внутри которых в круглом пазу вращаются диски, имеющие откидные секторы и полости для установки кожухов моста.

Диск приводной опоры имеет зубчатый сектор, имеющий зацепление с рейкой приводимой пневмоцилиндром.» [1]

Зажимное устройство служит для крепления редуктора заднего моста.

Механизм «передачи вращения и нагрузки от полуосей к нагрузочным электродвигателям, состоит из корпуса, пневмоцилиндра с клапаном на конце тока, распределительной муфты для подачи воздуха, шкива и пневмобаллона.

На крышке пневмоцилиндра насажена шестерня, которая приводит во вращение вал датчика, используемого при регулировке тормозов. Шкив имеет клиновые решетки для передачи вращения нагрузочному электродвигателю.

Аналогичная система имеется и на второй полуоси.

Торможение полуосей осуществляется сжатым воздухом, подаваемым в тормозные колесные цилиндры от компрессорной установки стенда.

Насосная установка предназначена для циркуляции и очистки масла. Реостаты для приводного и нагрузочных электродвигателей - жидкостные с дистанционным управлением.

Работа стенда производится в полуавтоматическом режиме.

Приводной электродвигатель плавно раскручивается от 1000 до 1500 об/мин. в течение 20 минут с помощью автоматически работающего реостата. За это время производится обкатка места без нагрузки и проверки его на шум и нагрев в местах размещения подшипников.

Затем частота вращения автоматически уменьшается до 750 об/мин. и включаются реостаты нагрузочных двигателей.

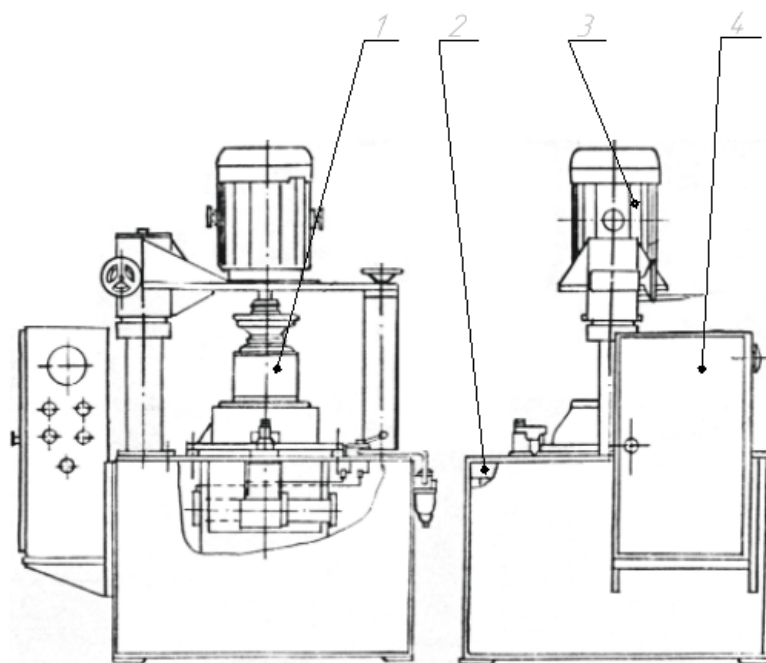
За 2,5 минуты частота вращения вала приводного двигателя плавно доводится до 1500 об/мин., а нагрузка до 13 кВт. Затем нагрузка и обороты падают до нуля, и происходит реверсирование с нарастанием оборотов 1500 об/мин. и нагрузки до 13 кВт.

На этом цикл обкатки и испытания заканчивается и производится регулировка тормозов» [12].

При одновременном торможении обоих барабанов стрелка сельсин-приемника на пульте управления будет на нуле. При опережении торможения одного из барабанов стрелка отклоняется в сторону опаздывающего барабана.

1.2 С 416-722 - стенд для испытания главной передачи заднего моста

Стенд для испытания главной передачи заднего моста, модель С 416-722 (рисунок 2) предназначен для испытания главной передачи заднего моста автомобиля КамАЗ. Основные элементы, которые должны быть у испытательного стенда: сварная рама из стального профиля для установки всех узлов; приводной электродвигатель, соединяемый с испытываемым узлом через муфту; механизмы фиксации и прижима испытываемого узла; электрошкаф с пультом управления и измерительными приборами; масляный бак для смазки редуктора; нагрузочное устройство (обычно электрический или механический тормоз); система для регулировки и измерения тормозного момента; возможность быстрой установки и снятия агрегата.



1 – редуктор; 2 – станина; 3 – электродвигатель; 4 – пульт управления

Рисунок 2 – Стенд для испытания главной передачи заднего моста, модель С 416-722

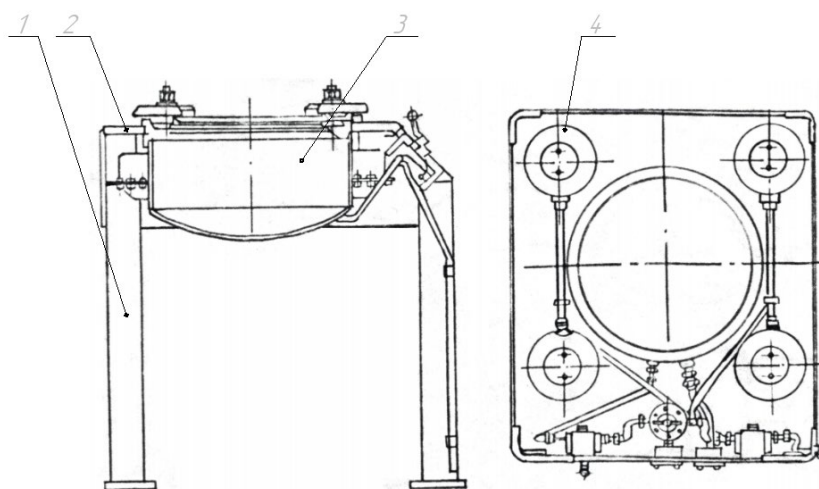
Чтобы испытать главную передачу заднего моста «отводят механизм поворота и устанавливают испытываемый узел на станину стенда. Затем нажимают ручку вниз, подводят механизм поворота в рабочее положение,

поворачивают прижим приспособления до упора, а ручку крана управления – вправо, заворачивают маховики и, устанавливая выключатель в положение «вкл.» и производят испытание главной передачи по заданной программе» [2].

После испытания устанавливают выключатель в положение «выкл.» освобождают испытываемый узел от прижимов приспособления и снимают его со стенда. Опускают ручку вниз, отводят механизм поворота и снимают испытываемый узел со стенда.

1.3 70-7805-1501 - Стенд для испытания редуктора на герметичность

Стенд для испытания редуктора на герметичность, модель 70-7805-1501 (рисунок 3) предназначен для проверки на герметичность редуктора заднего моста автомобиля ЗИЛ-130.



1 – рама; 2 – плита; 3 – ресивер; 4 – силовая камера

Рисунок 3 – Стенд для испытания главной передачи заднего моста, модель С 416-722

На раме «стенда с плитой установлен ресивер, снабженный резиновым уплотнительным кольцом для герметичного соединения его с испытываемым редуктором.

Фланец испытываемого редуктора прижимается краном к резиновому кольцу с помощью силовых камер.

Подача воздуха в силовые камеры осуществляются краном. Давление воздуха в ресивере регулируется регулятором давления и контролируется по манометру.

Манометр контролирует утечку воздуха из ресивера при испытании редуктора на герметичность.

При испытании штоки камер через упоры прижимают фланец редуктора к кольцу, герметизируя соединение редуктора с ресивером.

Проверка редуктора на герметичность производится в следующем порядке.

Устанавливают испытываемый редуктор фланцем на уплотнительное кольцо ресивера; упоры поворачивают на фланец редуктора, затем подают краном воздух в силовые камеры, а краном – в ресивер. При достижении давления воздуха в ресивере 1 кгс/см^2 кран закрывают. Следят за изменением давления в ресивере по манометру; при этом, если давление воздуха в ресивере в течение 5 минут, падает до $0,3 \text{ см}^2$, то испытываемый редуктор герметичен. При падении давления в ресивере следует обнаружить место утечки воздуха в соединениях редуктора с помощью мыльного раствора» [4].

Изучив существующие конструкции стендов для испытания главной передачи автомобиля типа ГАЗель, сведем их основные характеристики в таблицу 1.

Таблица 1 – Анализ «конструкции стендов для испытания главных передач и задних мостов

«Модель	Тип	Привод	Масса, кг	Габаритные размеры, мм
НР-7103/1	Стационарный	Электрический	3000	3200×2600×1450
С 416-722	Стационарный	Электрический	2000	1475×1130×1770
70-7805-1504	Стационарный	Пневматический	1500	640×760×920
Проектируемый стенд	Стационарный	Электрический	1300	2050×1896×1140» [6]

Из таблицы 1 «можно видеть, что для проектируемого стенда для испытания главной передачи автомобиля ГАЗель NEXT также как и у аналогов принимается стационарный тип размещения, в качестве привода – электрический тип привода, масса запланирована значительно меньше чем у аналогов, габаритные размеры по аналогии с существующими стендами» [5].

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены условия, режим и характеристики стендов испытаний задних мостов в сборе, также произведён обзор конструкций стендов, аналогичной конструкции и функционала для проведения испытаний главной передачи автомобиля.

2 Проверка патентоспособности объекта исследования

2.1 Обоснование необходимости проведения патентного исследования

Рост производства малотоннажных автомобилей (коммерческих фургонов, микроавтобусов) требует совершенствования испытательного оборудования. Главная передача как критически важный узел трансмиссии определяет надежность всего транспортного средства. Современные стенды должны обеспечивать: моделирование реальных дорожных условий (нагрузки, температурные режимы); интеграцию с системами диагностики вибрации и шумов; соответствие международным стандартам (ISO, ГОСТ).

Цель патентного исследования

Определение уровня развития технологий в области испытаний ГП, выявление свободных ниш для технических решений, обеспечение юридической чистоты разработки.

Устройство для испытаний главной передачи малотоннажных автомобилей

Предназначено для проверки работоспособности, ресурса и соответствия техническим требованиям главной передачи в лабораторных условиях. Основные компоненты силовой части: электродвигатель (до 300 л.с.) с частотным преобразователем для регулировки оборотов (0–6000 об/мин); муфта сцепления для соединения двигателя с испытуемым узлом; редуктор-имитатор (при необходимости) для изменения передаточного числа. Нагрузочная система: электрический/гидравлический тормоз (до 2000 Н·м) для создания сопротивления; многоосевые динамические модули (MTS 329) с возможностью приложения сил ± 77 кН по оси Z и моментов ± 10 кН·м. Система измерений: датчики крутящего момента (точность $\pm 0.1\%$) на входном/выходном валах; термопары для контроля температуры масла (-40...+150°C) и корпуса; вибродатчики (диапазон ± 50 g) для анализа шумов.

Вспомогательные системы: климатическая камера (-60...+150°C) для имитации экстремальных условий; Масляный контур с регулируемым давлением (до 50 бар) и расходом (до 150 л/мин).

Пневмогидравлическая оснастка для фиксации испытуемого узла.
«Определение вида объекта и проверка соблюдения требования единства изобретения

Формулируем и записываем все существенные признаки ИТР:

- устройство нагружения,
- способ передачи крутящего момента,
- устройство привода,
- способ закрепления.

Группируем сформулированные признаки по типовым группам вида объекта изобретения. Признак 3 – относится к группе признаков «наличие узлов и деталей машин». Признаки 1,2,4 - относятся к типовым признакам устройства, следовательно, наш объект и есть устройство» [3].

2.2 Регламент патентного поиска

Чтобы «определить индекс международной патентной классификации (МПК 8), нужно из описания объекта и из формулировок его признаков выделить ключевые слова. В алфавитном предметном указателе (АПУ) к МПК нужно найти родовое ключевое слово и записать относящийся к нему индекс МПК 8 редакции. Этот индекс нужно уточнить по вспомогательным ключевым словам.

Ключевым словом для данного объекта будет являться: стенд Вспомогательным – редуктор, мост.

В АПУ найдено по слову стенд G01M. Переходим к разделу «G» МПК 8 и находим в нем ориентировочный индекс G 01 M 13/00 – 13/02. необходимо расшифровать этот индекс чтобы убедиться, что он соответствует объекту работы.

Раздел G – физика; G 01 - измерение, испытание.

G 01 M – проверка статической и динамической балансировки машин, испытание конструкций и устройств, не отнесенные к другим подклассам.

13/00 – испытание передаточных устройств

Сравнивая расшифровку найденного индекса МПК с объектом работы приходим к выводу, что он соответствует объекту работы.

Индекс УДК определяем по «Указателю к универсальной десятичной классификации». 621.766.39 Испытательные машины» [6].

Для проведения «поиска по описаниям изобретений в охранных документах были использованы следующие источники: «Годовой систематический указатель (ГСУ); Патентные описания и бюллетени изобретений; Реферативные сборники «Изобретения стран мира» и журнал «Автомобиль, автомобильное хозяйство»; Официальный сайт ФИПС (www.fips.ru)» [4].

На первом этапе был определен индекс «МПК-8, соответствующий тематике исследования, и выявить все охранные документы, связанные с этим индексом. Затем, используя номера бюллетеней (БИ) за указанный год, следует найти формулы изобретений по номерам охранных документов. На завершающей стадии проводится отбор изобретений, которые могут рассматриваться как аналоги исследуемого объекта» [5].

В результате патентного поиска было выявлено «15 патентов, из которых три объекта, наиболее близких по конструктивным решениям, были выбраны в качестве аналогов.

Стенд для испытания механических коробок передач по а.с. №2069336» [7] (рисунок 4).

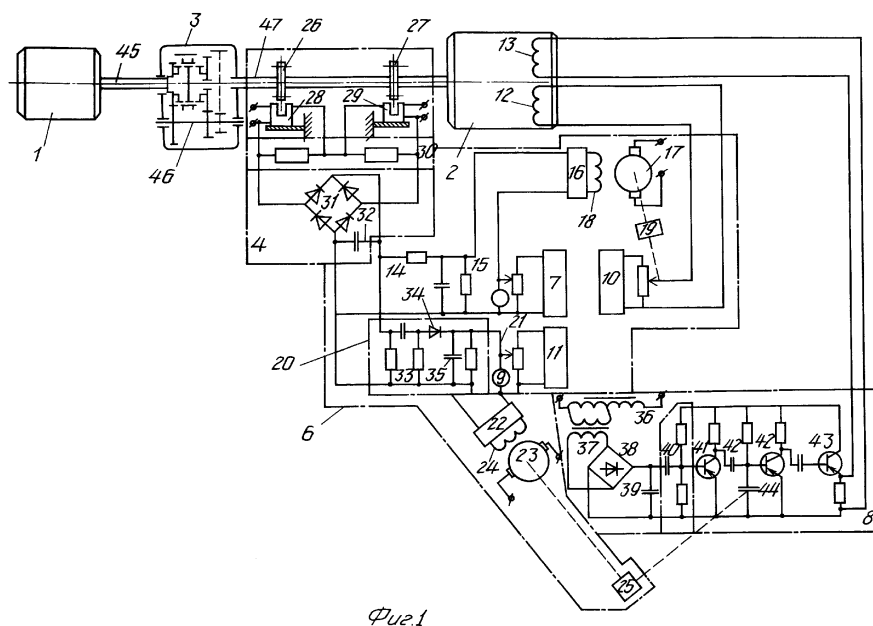


Рисунок 4 – Стенд для испытания механических коробок передач по а.с. №2069336

«Стенд содержит привод 1 и электротормоз 2, кинематически соединяемые с валами испытываемой механической коробки передач 3, кинематически связанный с ведомым валом коробки передач 3 и датчик 4 момента, выполненный в виде индукционного преобразователя момента, первый регистрирующий прибор 5, регулятор 6 нагрузки, связанный с электротормозом 2, первый регулируемый источник 7 постоянного тока, и регулируемый преобразователь 8 случайных сигналов, второй регистрирующий прибор 9, второй и третий регулируемые источники 10 и 11 постоянного тока, при этом электротормоз 2 выполнен с двумя обмотками 12 и 13 возбуждения, регулятор 6 нагрузки выполнен двухканальным, первый канал которого включает в себя подключенный к выходу датчика 4 момента, сглаживающий фильтр 14, первый сумматор 15, первый вход которого подключен к выходу сглаживающего фильтра 14, а второй к первому регулируемому источнику 7 постоянного тока, первый усилитель 16, подключенный к выходу первого сумматора 15, и первый микроэлектродвигатель 17, обмотка 18 управления которого подключена к выходу первого усилителя 16, а выходной вал посредством редуктора 19» [7]

соединен «с регулятором второго регулируемого источника 10 постоянного тока, второй канал регулятора 6 нагрузки включает в себя подключенный к выходу датчика 4 момента блок 20 определения среднеквадратического отклонения, второй сумматор 21, первый вход которого подключен к выходу блока 20, а второй вход к третьему регулируемому источнику 11 постоянного тока, второй усилитель 22, подключенный к выходу второго сумматора 21» [8], и «второй микроэлектродвигатель 23, обмотка 24 управления которого подключена к выходу второго усилителя 22, а выходной вал посредством второго редуктора 25 соединен с регулятором преобразователя случайных сигналов 8, при этом первая обмотка 12 возбуждения электротормоза 2 подключена к выходу второго регулируемого источника 10 постоянного тока, вторая обмотка 13 возбуждения электротормоза 2 подключена к выходу преобразователя 8 случайных сигналов, первый регистрирующий прибор 5 подключен к выходу первого регулируемого источника 7 постоянного тока, а второй регистрирующий прибор к выходу третьего регулируемого источника 11 постоянного тока» [8].

«Датчик момента включает в себя два металлических диска 26 и 27, закрепленных на валу на определенном расстоянии один относительно другого, преобразователи 28 и 29 импульсные щелевые, установленные вблизи вала, вычитающий элемент 30, выпрямитель 31, сглаживающий фильтр 32. Блок 20 определения среднеквадратического отклонения момента содержит цепь 33 выделения случайной составляющей, диод 34, конденсатор 35. Регулируемый преобразователь 8 случайных сигналов содержит автотрансформатор 36, трансформатор 37, выпрямитель 38, конденсатор 39, цепь 40 выделения случайной составляющей, первый усилитель 41, второй усилитель 42, третий усилитель 43, конденсатор 44 емкости, установленный на входе второго усилителя 42. Коробка 3 передач имеет ведущий вал 45, промежуточный вал 46, ведомый вал 47» [6].

«Стенд работает следующим образом. После запуска приводного двигателя 1 начинают вращаться валы 45, 46, 47 коробки 3 передач. На

обмотку 12 возбуждения электротормоза 2 от источника 10 постоянного тока подается постоянная составляющая напряжения, изображенная на фиг. 2. На обмотку 13 возбуждения электротормоза 2 подается напряжение случайного характера от преобразователя 8 случайных сигналов. Это напряжение изображено на фиг. 2б. Возникающий момент на валу электротормоза 2 в любой момент времени пропорционален сумме подаваемых напряжений на обмотки 12 и 13 возбуждения» [6].

«Металлические диски 26 и 27 проходят в щели соответствующих преобразователей 28 и 29, в результате чего на электрических выводах преобразователей 28 и 29 формируются прямоугольные импульсы одинаковой высоты и длительности, которые поступают на вход вычитающего элемента 30. Преобразователи 28 и 29 подключены к вычитающему элементу 30 таким образом, что их выходные сигналы находятся в противофазе. В случае отсутствия момента на валу коробки передач 3 сигналы на выходе вычитающего элемента 30 показаны на фиг. 3а. С появлением момента на валу возникает фазовое смещение выходных импульсных процессов при этом на выходе вычитающего элемента 30 появляется сигнал, который выпрямляется и сглаживается.

Случайная составляющая момента на ведомом валу коробки передач 3 формируется следующим образом. На выходах конденсатора 39 преобразователя 8 случайных сигналов имеются постоянная и переменная составляющие напряжения. Постоянная составляющая не пропускается цепью 40 выделения случайной составляющей, поэтому на вход усилителя 41 поступает только переменная составляющая, которая усиливается усилителями 41, 42 и 43. Посредством конденсатора 44 переменной емкости формируется низкочастотный случайный сигнал, подаваемый в обмотку 13 возбуждения электротормоза 2» [17].

Первый и второй канал регулятора нагрузки работает идентично друг по отношению к другу. Поэтому опишем работу второго канала регулятора нагрузки. «Например, при уменьшении из-за возмущающих факторов

действительного значения среднеквадратического отклонения момента на валу коробки передач 3 на выходе второго сумматора 21 возникает сигнал, сформированный как разность между действительным и установленным среднеквадратическими отклонениями момента. Этот сигнал посредством усилителя 22 подается в обмотку 24 управления второго микроэлектродвигателя 23. Последний приходит во вращение и посредством второго редуктора 25 поворачивает ось вращения конденсатора 44 переменной емкости, уменьшая его емкость. Вращение регулятора (оси) продолжается до тех пор, пока не установится на ведомом валу коробки передач 3 заданное источником 11 постоянного тока величина среднеквадратического отклонения момента» [8].

При «увеличении действительного значения среднеквадратического отклонения момента на валу коробки 3 передач на выходе второго сумматора 21 появляется сигнал противоположной полярности, который посредством усилителя 22 подается в обмотку 24 управления второго микроэлектродвигателя 23. Последний приходит во вращение и вращается в противоположную сторону, посредством второго редуктора 25 поворачивается ось вращения конденсатора 44 переменной емкости, увеличивается емкость конденсатора 44. Заданное значение среднеквадратического отклонения момента на ведомом валу коробки 3 передач восстанавливается.

Для поддержания среднего значения момента на ведомом валу коробки 3 передач в процессе ее испытания с помощью первого сумматора 15 формируется сигнал рассогласования между действительным значением среднего значения момента и его заданным значением, который приводит в действие микроэлектродвигатель 17, первый редуктор 19, соединенный с регулятором источника 7 постоянного тока. При этом заданное значение среднего значения момента» [21] восстанавливается.

Применение предлагаемого стенда обеспечивает экономический эффект за счет повышения точности испытания механической коробки передач.

Стенд для испытания и обкатки редукторов по а.с.№2052789 (рисунок 5).

«Предлагаемый стенд для испытания и обкатки редукторов состоит из рамы 1, на которой установлен испытываемый обкатываемый активный редуктор 2 с электродвигателями 3 и 4 (возможен привод и от одного электродвигателя 3, тогда электродвигатель 4 отсутствует на схеме он показан условно), который соединен через согласующий редуктор 5 с пассивным испытываемым редуктором 6 с его электродвигателями 7 и 8. К трехфазному трансформатору 9 (напряжением 660 В напряжение питания основного оборудования на шахтах в настоящее время) через контакторы 10 подключается электродвигатель 3 привода редуктора. К трансформатору через контакторы 11, 12, 13 и 14 могут подключаться электродвигатели 7 и 8, а через контакторы 15 эти же электродвигатели могут подключаться к трансформатору 9» [22].

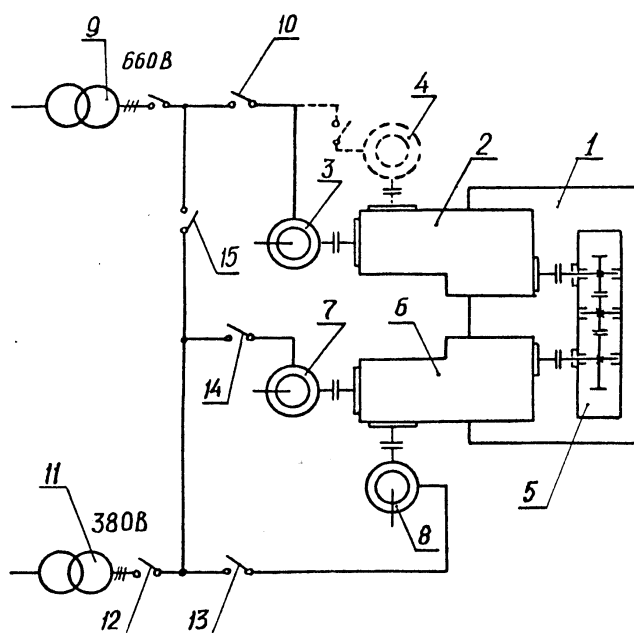


Рисунок 5 – Стенд для испытания и обкатки редукторов по а.с.№2052789

«Процесс нагружения при испытаниях и обкатке редукторов на предлагаемом стенде проходит следующим образом. После монтажа на раме 1

редукторов 2 и 6 и подсоединения электродвигателей 3, 7 и 8 к питающим кабелям и проверки направления их вращения в соответствии со стрелками на корпусах редукторов 2 и 6 включение начинают с исходного состояния. В исходном состоянии все контакторы разомкнуты. После включения линейного общего контактора производят запуск электродвигателя 3 подключением его к сети переменного тока напряжением 660 В от трансформатора 9 контакторами 10. После этого (при необходимости увеличить нагрузку от холостого хода до 30%) подсоединяют электродвигатель 7 к сети 380 В замыканием контакторов 12 и 14 при этом обмотки двигателя 7 (имеющие номинальное напряжение питания 660 В), находясь под напряжением 380 В, развивают в 3 раза меньший тормозной момент (генераторный), так как момент развиваемый короткозамкнутым асинхронным электродвигателем пропорционален квадрату приложенного напряжения, т.е. 30 от номинального» [5].

Для «создания 60%-ного нагружающего момента, дополнительно к сети 380 В подключают электродвигатель 8 при помощи контактора 13 каждый из которых электродвигателей 7 и 8, создавая 30%-ную нагрузку генераторным тормозным моментом, вместе создают требуемую нагрузку в 60% от полной номинальной.

Для создания 100%-ной нагрузки электродвигатели 7 и 8 отключают от сети 380 В, размыкая контакторы 12, 13 и 14 от трансформатора 11. После этого с выдержкой времени в 15-20 с подключают электродвигатель 7 к сети 660 В через контакторы 14 и 16. В этом случае обмотки электродвигателя 7 подключают на номинальное напряжение питания 660 В и он развивает номинальный тормозной генераторный момент. При этом большая часть нагружающего генераторного момента рекуперируется (возвращается) в электрическую сеть. Процент рекуперации зависит от потерь в редукторе, зависящий от КПД, являющегося функцией числа их ступеней и составляет не менее 50-60% от мощности, потребляемой из сети электродвигателем 3.

Использование предлагаемого стенда позволяет повысить помимо производительности, экономичность работы, так как использование рекуперативного генераторного торможения снижает расходы электроэнергии на испытание. Упрощается устройство стенда, стабилизируется нагружающий тормозной момент. Улучшаются санитарно-гигиенические условия в испытательном цехе. Во время испытаний нет гари, которая сопровождает работу колодочного механического тормоза» [19].

Стенд для испытания редукторов по а/с № 1803762 (рисунок 6).

Стенд «содержит приводной двигатель 1 кинематически связываемый с входным валом 2, испытываемого редуктора 3 посредством ременной передачи 4, промежуточного вала 5 и муфты 6. Цилиндрический редуктор 7, входной вал 8 которого соединен посредством муфты 9 с гидронасосом 10, а выходной вал 11 кинематически связывается с выходным валом 12 испытываемого редуктора 3 посредством шарнирной муфты 13, установленной на выходном валу 11 цилиндрического редуктора 7 с возможностью перемещения и последующей фиксации с помощью фиксатора 14. Напорная магистраль гидронасоса 10 содержит предохранительный клапан 15, манометр 16, регулируемый дроссель 17. Забор масла гидронасосом 10 осуществляется из гидробака 18, на всасывающей магистрали установлен вентиль 19» [8].

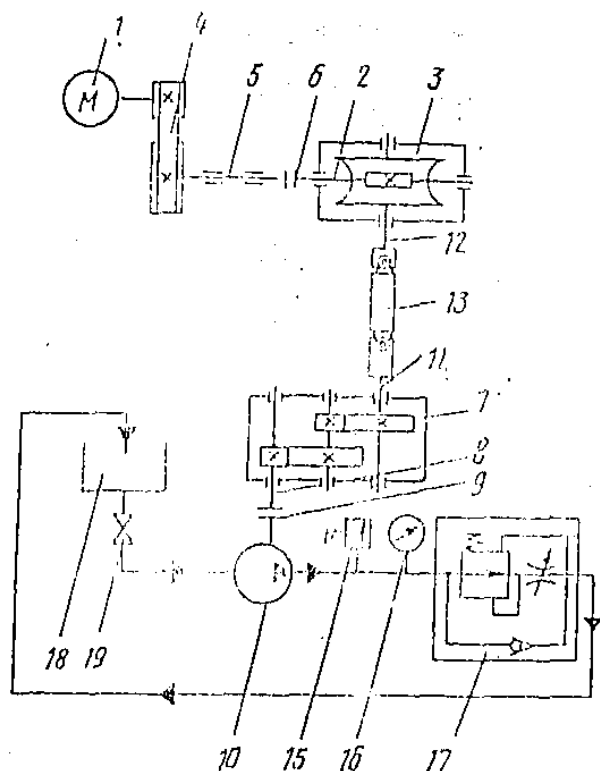


Рисунок 6 – Стенд для испытания редукторов по а/с № 1803762

Устройство работает следующим образом.

«Входной вал 2 испытываемого редуктора 3 с помощью муфты 6 связан с промежуточным валом 5, который приводится во вращение с помощью ременной передачи 4 и приводного двигателя 1. Выходной вал 12 испытываемого редуктора 3 с помощью шарнирной муфты 13 соединяется с выходным валом 11 цилиндрического редуктора 7 с последующей фиксацией шарнирной муфты 13 фиксатором 14. От двигателя 1 по кинематической цепи крутящий момент передается через входной вал 8 цилиндрического редуктора 7 и муфту 9 на гидронасос 10, который забирает жидкость из гидробака 18 через всасывающую магистраль с вентилем 19 по напорной магистрали, на которой установлены предохранительный клапан 15, манометр 16, подается в регулируемый дроссель 17, которым осуществляется изменение нагрузки, после чего масло поступает в гидробак 18» [7].

Расширение «технологических возможностей» стенда осуществлено за счет использования шарнирной муфты 13 с возможностью осевого

перемещения и фиксации, а второй конец предназначен для соединения с выходным валом 12 испытуемого редуктора» [7].

Формула изобретения

«Стенд для испытания редукторов, содержащий приводной двигатель, кинематически связываемый с входным валом испытуемого редуктора, кинематически связываемый с выходным валом последнего цилиндрический редуктор, соединенный с его входным валом гидронасос, регулируемый дроссель и манометр, подключенные к напорной магистрали последнего, отличающийся тем, что, с целью расширения технологических возможностей, он снабжен шарнирной муфтой, предназначенной для соединения одним концом с выходным валом испытуемого редуктора, а другим концом установленной на выходном валу цилиндрического редуктора с возможностью осевого перемещения и последующей фиксации.

Сказанное выше позволяет сделать ввод о полной целесообразности, выгоды и эффективности, о удешевлении стенда в результате упрощения его конструкции. Применение этого стенда возможно практически на любом предприятии, на ремонтных заводах, в гаражах автотранспортных предприятий, на предприятиях, выпускающих запасные части и узлы транспортных средств. Можно создать подобный стенд, используя подручные средства. Это можно сделать быстро и экономически выгодно. Поэтому, в качестве прототипа выбираем конструкцию стенда по авторскому свидетельству к патенту № 2069336» [9].

Оценку преимуществ выполним в виде таблицы 2. Будем оценивать показатели положительного эффекта от 0 до 5 баллов.

Таблица 2 – Оценка преимуществ и недостатков аналогов

«Показатели положительного эффекта»	Аналоги		
	А.с. № 2069336	А.с. № 2052789	А.с. № 1803762
Трудоемкость	4	2	3
Удобство работы	5	3	4
Надежность стенда	4	3	2
Простота конструкции	4	4	3
Стоимость изготовления	5	3	2
Суммарный положительный эффект	22	15	14» [6]

«Сравнительный анализ достоинств и недостатков выявленных аналогов позволил установить, что техническое решение по а.с. № 2069336 обладает наивысшим суммарным баллом, что свидетельствует о его технологической прогрессивности. На основании этого оно было выбрано в качестве прототипа.

Модернизация устройства заключается в следующих изменениях: установка электродвигателя с частотным преобразователем для плавного регулирования частоты вращения; применение гидротормозного цилиндра для создания нагрузки на полуоси обкатываемого редуктора главной передачи. Данное техническое решение не соответствует критериям патентоспособности «новизна» и «изобретательский уровень», так как все использованные элементы конструкции уже известны из ранее зарегистрированных патентов. Однако предложенная модернизация является работоспособной и может быть реализована в условиях автотранспортных предприятий (АТП).

Раздел включает анализ патентной документации для испытательного стенда главной передачи ГАЗели NEXТ, направленный на проверку соответствия усовершенствованной конструкции требованиям патентоспособности» [5].

3 Конструкторская часть

3.1 Техническое задание на проектирование стенда для испытаний заднего моста

Требуется разработать стенд для испытания главной передачи автомобиля ГАЗель NEXT (рисунок 7).

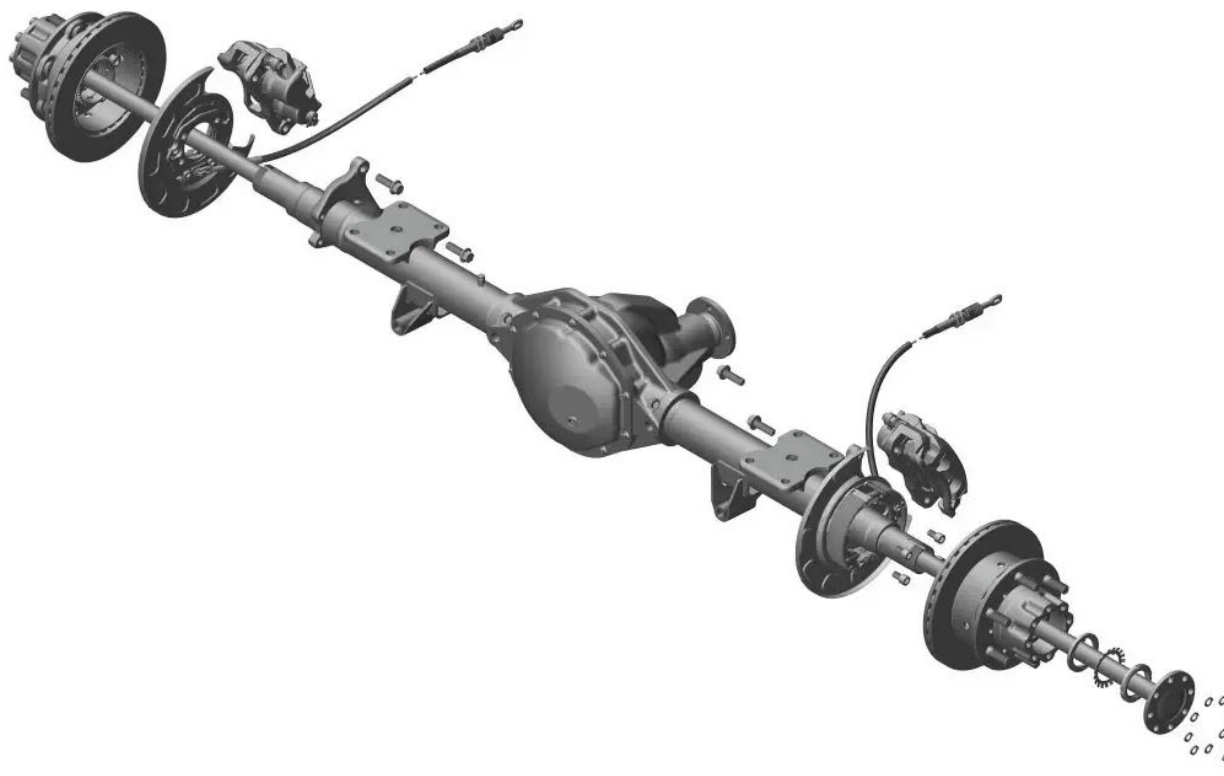


Рисунок 7 – Задний мост автомобиля ГАЗель NEXT

Стенд «предполагается использовать на авторемонтных предприятиях и станциях технического обслуживания, где проводится ремонт и техническое обслуживание грузовых автомобилей ГАЗель NEXT и аналогичных автомобилей по конструкции в следующих условиях:

- пол бетонный;
- температура в помещении 15...30°C;
- влажность до 60%;

- освещенность – внутренним и внешним освещением;
- электроэнергия: переменный ток с напряжением в сети 380 В.

Цель разработки стенда заключается в снижении стоимости базовой конструкции за счёт уменьшения количества деталей, повышения технологичности, упрощения узлов, применения экономически эффективных решений из других аналогов, а также максимального использования стандартных и готовых компонентов.

В качестве информационной базы при проектировании стенда используются каталоги производителей испытательного оборудования, их официальные сайты и патентные базы данных» [21].

Разрабатываемый «стенд должен обладать технико-экономическими характеристиками, не уступающими характеристикам стендов аналогичного назначения:

Рекомендуемая техническая характеристика стенда:

1. Тип стенда.....стационарный.
2. Мощность электродвигателя не более.....10 кВт.
3. Частота вращения электродвигателя не более.....1500 об/мин.
4. Габаритные размеры стенда, не более:
 - 4.1 Высота.....1200 мм;
 - 4.2 Длина.....2100 мм;
 - 4.3 Ширина.....1200 мм.
5. Масса стенда, не более.....1400 кг.

По возможности предусмотреть изготовление стенда силами АТП или СТО (возможность выполнения токарных, фрезерных, шлифовальных, слесарных и сварочных работ) » [22].

Срок эксплуатации стенда – 10 лет.

При «разработке конструкции установки должны выполняться требования к патентной чистоте.

Разрабатываемый стенд должен удовлетворять требованиям надёжности. Конструкция стенда должна быть безотказна в работе или иметь

малую трудоемкость ремонта, иметь хорошие эксплуатационные характеристики, быть технологичной в изготовлении, сохранять работоспособность в течении хранения, а также быть работоспособной после хранения и транспортировки.

Конструкция разрабатываемого станда должна включать стандартные компоненты, соответствующие требованиям ГОСТ, такие как электродвигатель, металлопрокат, крепёжные элементы и аналогичные изделия. Параллельно необходимо предусмотреть возможность модернизации конструкции при наличии технической целесообразности. Для оптимизации производственных процессов и снижения затрат рекомендуется максимально использовать готовые покупные изделия, что также сократит сроки изготовления станда.

При эксплуатации станда должны выполняться требования стандартов безопасности труда» [14]. «Безопасность труда обеспечиваются следующими требованиями:

- требованиями к конструкции (должны быть предусмотрены ограждения подвижных частей и элементов управления стандом, 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);
- требованиями к обеспечению нормальных санитарно-гигиенических условий (должна быть предусмотрена местная вентиляция, защитные экраны, организованы работы по уборке и протирке элементов станда, и тому подобное);
- 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 станда);

- требованиями пожаро и взрывобезопасности (обеспечивается наличие огнетушителей марки ОУ и ОП для тушения пожаров, устанавливается ящик с песком и другие приспособления для устранения пожара);
- требованиями к наличию пояснительных знаков и знаков безопасности (например: Осторожно! Посторонним вход воспрещён! защитная окраска ограждений опасных зон и т.п.);
- требованиями защиты обслуживающего персонала от вредных воздействий (шума, вибраций, температуры и тому подобное)

Конструкция стенда должна отвечать требованиям пожаро- и электробезопасности» [9].

«Стенд должен отвечать эстетическим требованиям: внешние очертания конструкции стенда должны быть простыми и строгими, части стенда предпочтительно выполняются прямоугольной формы, общая концепция стенда не должна оказывать морального давления на психику человека.

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

Стенд должен удовлетворять условиям сборки-разборки. При хранении и транспортировке стенд должен разбираться и упаковываться в ящики, если это необходимо» [9].

3.2 Техническое предложение на проектирование стенда для испытаний главной передачи

Стенд для испытания главной передачи (рисунок 8) предназначен для испытания и обкатки заднего моста автомобилей ГАЗель.

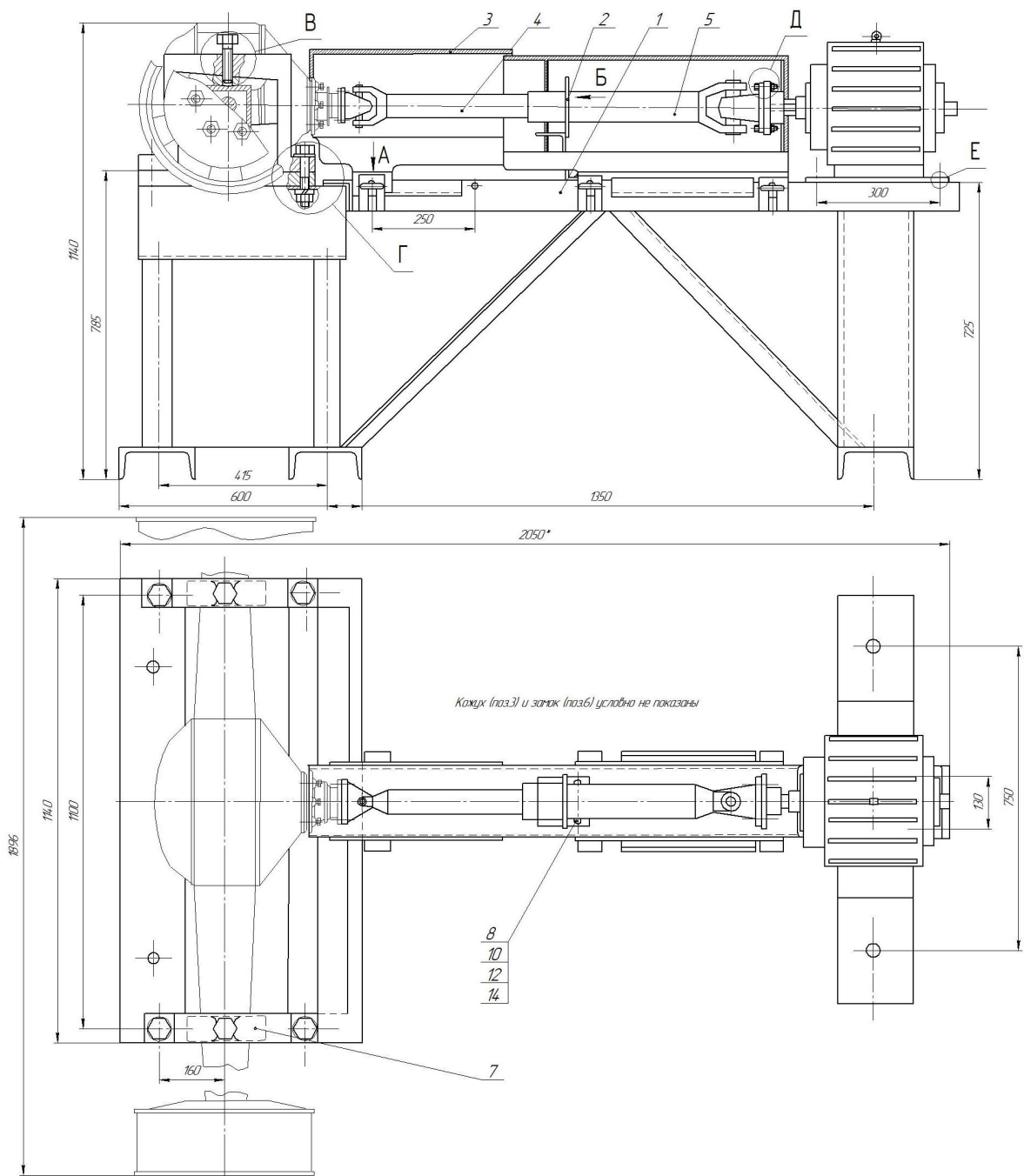


Рисунок 8 – Стенд для испытания главной передачи

Стенд для испытаний главной передачи представляет собой механизированную систему, основой которой служит массивная станина стенда, обеспечивающая устойчивость и жесткость конструкции во время работы. Станина изготавливается из высокопрочной стали или чугуна, что позволяет гасить вибрации и сохранять точность измерений при высоких нагрузках.

Для надежной фиксации главной передачи на стенде используются регулируемые крепления с болтовым или гидравлическим зажимом, позволяющие точно выставлять положение узла перед испытаниями. Это исключает перекосы и обеспечивает правильное зацепление шестерен при работе. В зависимости от типа испытываемой передачи (гипоидная, коническая, червячная) применяются различные адаптеры и переходные плиты, обеспечивающие совместимость с разными моделями редукторов.

Система передачи вращения состоит из ведущего и ведомого валов, соединенных через испытываемую главную передачу. Ведущий вал приводится в движение приводом, в качестве которого может использоваться электродвигатель с частотным регулированием, обеспечивающая плавное изменение скорости и момента. Вал оснащается датчиками крутящего момента и частоты вращения, что позволяет контролировать нагрузку.

Нагружение главной передачи осуществляется через тормозную систему или электромагнитный нагрузитель, создающий сопротивление вращению. Это имитирует реальные условия работы передачи под нагрузкой, позволяя оценить ее КПД, нагрев и износостойкость. Для точного измерения деформаций и температурных изменений корпуса редуктора применяются тензодатчики и термопары, данные с которых передаются в систему сбора и обработки информации.

Все вращающиеся элементы стенда закрыты защитным кожухом, предотвращающим попадание посторонних предметов в зону работы механизмов и защищающим оператора от возможных травм. Кожух изготавливается из прозрачного ударопрочного пластика или металлической сетки, что позволяет визуально контролировать процесс испытаний. Внутри кожуха могут располагаться системы подачи смазки и охлаждения, обеспечивающие стабильность работы передачи в продолжительных режимах.

Для снижения шума и вибраций стенд оснащается демпфирующими элементами и виброизоляторами, устанавливаемыми между станиной и фундаментом. Это особенно важно при испытаниях на акустические

характеристики, когда посторонние вибрации могут исказить результаты измерений.

Управление стендом осуществляется с пульта, на котором отображаются все основные параметры испытаний: скорость вращения, крутящий момент, температура, уровень шума и вибрации.

Для измерения показателей используются следующие датчики:

- датчик температуры с точностью измерения ± 2 °С (предполагаемое место монтажа на испытуемый задний мост, в районе главной передачи);
- датчик крутящего момента с точностью измерения $\pm 1,5\%$ (устанавливается на карданный вал и фиксируется);
- замера биений (устанавливается на корпус заднего моста в районе тормозных барабанов).

Нагрузочная установка предназначена для испытания заднего моста под нагрузкой, приводимая на каждую полуось.

Нагружение осуществляют по одной из трех схем по блок-программе; эквивалентным моментом; постоянным моментом.

В отсутствие данных режимометрирования испытания могут быть проведены с нагружением некоторым постоянным моментом. Пределы значений постоянного момента на ведущем валу, который выбирают по формуле:

$$M_{B.M} = (0,4 - 0,3) m_{дж} \frac{r_k}{U_{B.M}} \cdot 9,8, \quad (1)$$

где $m_{дж}$ – движимая масса, кг;

r_k – статический радиус колеса ведущего моста, м.

При испытаниях на усталостные изгибные поломки выбирают нагрузки по верхнему пределу, на усталостное выкрашивание – по нижнему.

Процесс оптимизации нагрузочных режимов при испытаниях главной передачи представляет собой научно обоснованный подход к моделированию

реальных эксплуатационных условий. Основная цель заключается в создании таких испытательных параметров, которые достоверно воспроизводят характер и механизмы разрушения, наблюдаемые в процессе фактической эксплуатации узла, при этом обеспечивая рациональную продолжительность испытательного цикла.

При этом необходимо соблюдение двух ключевых условий:

- прикладываемые нагрузки не должны превышать значений, приводящих к изменению механизма разрушения по сравнению с эксплуатационными условиями

- одновременно нагрузки должны быть достаточными для сокращения продолжительности испытательного цикла.

Ключевым аспектом оптимизации является анализ полевых данных о характерных повреждениях главных передач, собранных в процессе их эксплуатации. Изучаются типовые дефекты: выкрашивание рабочих поверхностей зубьев, абразивный износ, задиры контактных поверхностей, усталостные разрушения и другие виды повреждений. Особое внимание уделяется установлению корреляции между видом разрушения и конкретными условиями нагружения - величиной передаваемого момента, скоростными режимами, температурными воздействиями и характером смазки.

Режим работы стенда следующий:

- задний мост испытывается и обкатывается при 1000-1500 об/мин., в течение 10 минут в разных направлениях, без нагрузки;
- с нагрузкой задний мост испытывается, обкатывается в течение 20 минут в разных направлениях с тормозным моментом на каждую полуось 16,5 кГм.

Мост должен быть заправлен маслом в соответствии с картой смазки на автомобиль, для которого он предназначен.

Температура в масляной ванне передач моста во время обкатки должна быть не выше 70 °С.

Контроль качества после обкатки включает визуальный осмотр состояния зубьев передачи.

На основании этого анализа разрабатывается профиль нагружения, который включает как постоянные, так и переменные составляющие нагрузки. Важным принципом является сохранение физической природы разрушения - нагрузочные режимы подбираются таким образом, чтобы механизм возникновения и развития повреждений в испытательных условиях полностью соответствовал реальным эксплуатационным процессам. При этом интенсивность нагружения может быть увеличена для сокращения времени испытаний, но только в пределах, не искажающих фундаментальные механизмы разрушения.

Критериями приемки являются: «отсутствие следов задиров на рабочих поверхностях; соответствие пятна контакта нормам, установленным технической документацией. В случае выхода из строя компонентов моста (кроме шестерен) в процессе обкатки: допускается замена поврежденных элементов; обязательным условием является выявление и устранение причин отказа; повторная сборка и регулировка должны выполняться в строгом соответствии с конструкторской документацией; после замены узлов требуется проведение повторной обкатки.

Конструктивные особенности стенда: простота внешней формы обеспечивает: удобство обслуживания и очистки от загрязнений; легкое удаление пыли и производственных отходов. Асимметричная компоновка способствует повышению стабильности конструкции и увеличению устойчивости при эксплуатации.

Корпусные элементы окрашиваются в светло-оранжевый цвет, который создает спокойную рабочую атмосферу, способствует концентрации внимания не оказывает негативного влияния на работоспособность персонала, гармонирует с производственной средой. Цветовая маркировка функциональных элементов в том числе подвижные узлы выделяются ярко-красной эмалью для визуального предупреждения об опасности и четкой

идентификации движущихся частей. Защитные кожухи окрашиваются в желтый цвет» [9], что обеспечивает их заметность и соответствует стандартам промышленной безопасности.

Стенд разработан с учетом принципов удобства эксплуатации, продуманная компоновка элементов и оптимальное расположение рабочих зон с минимизацией неудобств при обслуживании и соответствие антропометрическим требованиям. Такое цветовое и конструктивное решение способствует повышению безопасности эксплуатации, снижению утомляемости операторов, поддержанию высокой производительности труда созданию комфортных условий работы.

Для обеспечения требований техники «безопасности необходимо:

- применять только качественные и проверенные материалы и механизмы в изготовлении стенда, использовать только исправный инструмент и квалифицированный персонал;
- 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;
- запрещаются работы по техническому обслуживанию и ремонту стендов без полного снятия напряжения с силового электрошкафа;
- выполнять требования пожаро- и взрывобезопасности. Для этого на участке размещения оборудования следует предусмотреть уголок пожарного: пожарный щит с огнетушителем и прочим необходимым для тушения оборудованием, также ящик с песком, защитные стенки греющихся узлов и агрегатов выполнять из горючестойких материалов;

- участок испытания должен быть обеспечен средствами пожаротушения из расчета на 50 м² площади пола один огнетушитель ОП5, один огнетушитель ОУ5 и ящик с песком объемом 0,5 м³.
- обеспечивать удобство работы оператора, геометрия размещения узлов управления и мест обслуживания должны соответствовать антропологическим характеристикам по данным ГОСТ;
- проведение инструктажа на рабочем месте;
- необходимо соблюдение чистоты и порядка;
- перед проведением испытаний обязательно следует проверять крепление всех узлов стенда, исправность защитных ограждений, подъемно-транспортных и других механизмов;
- запрещается во время испытания агрегата проводить работы по креплению и регулировке.» [10]

3.3 Результаты конструктивных расчетов элементов стенда

Карданный вал является критически важным элементом трансмиссии, обеспечивающим передачу крутящего момента между несоосными узлами. Его надёжность напрямую влияет на безопасность и долговечность транспортного средства. Неправильный расчёт может привести к вибрациям и дисбалансу, вызывающим ускоренный износ подшипников; деформации вала при экстремальных нагрузках, описанной в исследованиях упругих соединений; разрушению крестовин из-за некорректного распределения контактных напряжений.

Цель проведения расчёта - определение геометрических параметров (диаметр, длина, толщина стенок) на основе передаваемого момента и допустимых напряжений, анализ деформаций при изгибе и кручении с учётом профильного соединения (треугольного, квадратного, шестиугольного), оценка долговечности подшипников крестовин по формулам эквивалентной

скорости вращения и контактных напряжений и оптимизация массы при сохранении прочности за счёт выбора рационального сечения.

При работе на карданный вал «действуют напряжения кручения, которые определяются по формуле:

$$\tau = \frac{M_P \cdot d}{0,2 \cdot (D^4 - d^4)}, \quad (2)$$

$$\tau = \frac{664946 \cdot 69}{0,2 \cdot (70^4 - 66^4)} = 45,55 \text{ МПа} \leq 120 \text{ МПа.}$$

Жесткость вала определяется по углу закручивания:

$$\theta = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_P \cdot L_K}{J_P \cdot G}, \quad (3)$$

где J_P – полярный момент инерции сечения трубы;

$$J_P = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32}, \quad (4)$$

$$J_P = \frac{3,142 \cdot (70^4 - 66^4)}{32} = 494399,98 \text{ мм}^4.$$

G – модуль упругости при кручении, принимается равным $8,5 \cdot 10^4$ МПа.

$$\theta = \frac{180}{3,142} \cdot \frac{664946 \cdot 650}{494399,98 \cdot 85000} = 0,01 \text{ град.}$$

Жесткость вала рассчитывают:

$$\Delta\phi = \frac{\theta}{L_k}, \quad (5)$$

$$\Delta\phi = \frac{0,01}{650} = 0,015 \text{ град/м} \leq 3...9 \text{ град/м.}$$

Жесткость вала удовлетворяет условию, следовательно вал является достаточно жестким.» [6]

Расчет крестовины «карданного шарнира (рисунок 9).

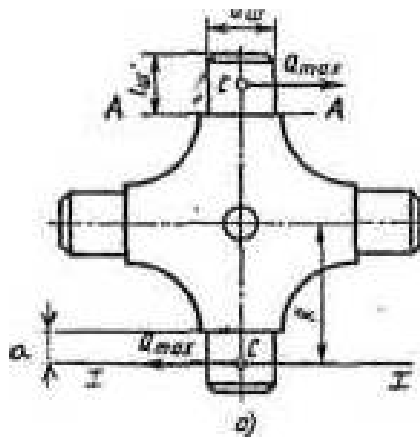


Рисунок 9 – Расчетная схема крестовины

Шипы крестовины карданного шарнира рассчитываются на изгиб, срез и смятие.

Рассчитаем условно сосредоточенную нормальную силу (сечение I-I, рисунок 9) по формуле:

$$Q_{\max} = \frac{M_p}{2 \cdot R \cdot \cos y}, \quad (6)$$

$$Q_{\max} = \frac{664,946}{2 \cdot 0,0331 \cdot 0,9995} = 10049,526 \text{ Н.}$$

«Угол, образованный валами карданной передачи при максимальной скорости автомобиля:

$$\gamma = \frac{20}{w}, \quad (7)$$

$$\gamma = \frac{20}{599,074} = 0,0333 \text{ рад} = 1,9^\circ.$$

Расстояние от оси вращения до середины игольчатого подшипника:

$$R = 33,1 \text{ мм} = 0,0331 \text{ м}.$$

Рабочая длина иглы:

$$l_p = l - 0,8 \cdot d_u, \quad (8)$$

где l – длина иглы;

d_u – диаметр иглы.

$$l_p = 13,8 - 0,8 \cdot 2,0 = 12,2 \text{ мм}.$$

Определим напряжение изгиба шипа в сечении I-I по формуле:

$$\sigma_{изг} = \frac{Q_{\max} \cdot a}{W_{изг}} \leq [\sigma_{изг}], \quad (9)$$

где a – плечо силы, принимается равным 6,9 мм;

Q_{\max} (определяется исходя из того, что сила приложена в середине игольчатого ролика карданного подшипника);

$W_{изг}$ – момент сопротивления изгибу.

$$W_{изг} = 0,1 \cdot d_{шш}^3, \quad (10)$$

где $d_{шш}^3$ – диаметр шипа крестовины, соответствующий для III типоразмера шарнира.

$$W_{изз} = 0,1 \cdot 16,3^3 = 433,075 \text{ мм}^3.$$

$$\sigma_{изз} = \frac{10049,526 \cdot 6,9 \cdot 10^{-3}}{319,276 \cdot 10^{-9}} = 217,184 \text{ МПа} \leq 300 \text{ МПа}.$$

Напряжение среза шипа» [21] в сечении I-I определим по формуле:

$$\tau_{ср} = \frac{4 \cdot Q_{\max}}{\pi \cdot d_u} \leq [\tau_{ср}], \quad (11)$$

$$\tau_{ср} = \frac{4 \cdot Q_{\max}}{\pi \cdot d_u^2} = \frac{4 \cdot 10049,526}{3,142 \cdot (16,3)^2} = 48,15 \text{ МПа} \leq 60 \text{ МПа}.$$

Условие на срез выполняется.

Определим контактные напряжения в шипе по формуле:

$$\sigma_H = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot E_{ПП} \cdot (d + d_u)}{d \cdot d_u}} \leq [\sigma_H] \quad (12)$$

где $E_{ПП}$ – модуль упругости первого рода равен $2 \cdot 10^5$ МПа.

$$\sigma_H = 0,418 \cdot \sqrt{2 \cdot 138,67 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (16,3 + 2,0) / 16,3 \cdot 2,0} = 2332 \text{ МПа} \leq 3500 \text{ МПа}.$$

$$g = \frac{5 \cdot Q_{\max}}{z \cdot l_p}, \quad (13)$$

где l_p – рабочая длина иглы, принимается равной 12,2 мм.

$$g = \frac{5 \cdot 10049,526}{29 \cdot 12,2} = 142,023 \text{ МПа}.$$

Контактные напряжения в шипе не превышают допустимых величин.

Расчет вилки карданного шарнира (рисунок 10).

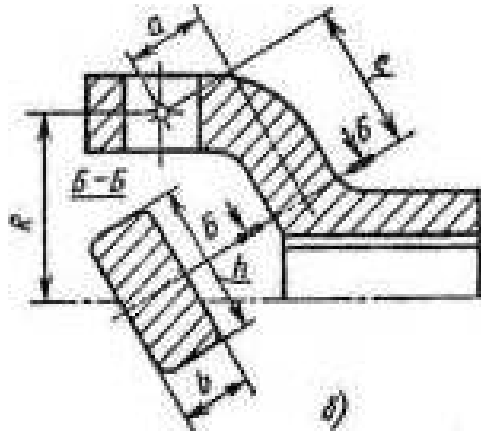


Рисунок 10 – Расчетная схема вилки

В вилке «шарнира» возникают напряжения изгиба и кручения. Под действием силы Q_{\max} , приложенной на плече ℓ , напряжение изгиба:

$$\sigma_{из} = \frac{Q_{\max} \cdot e}{W_{из \text{ Б-Б}}}, \quad (14)$$

где ℓ – плечо силы Q_{\max} принимается равным 36,34 мм.

$$\sigma_{из} \leq [\sigma_{из}], \quad [\sigma_{из}] = 80 \text{ МПа.}$$

Размеры опасного сечения Б-Б: $b=14,4$ мм, $h=52$ мм, $k=0,282$.

Момент сопротивления изгибу:

$$W_{из \text{ Б-Б}} = \frac{b \cdot h^2}{6}, \quad (15)$$

$$W_{из \text{ Б-Б}} = \frac{14,4 \cdot 52^2}{6} = 6489,6 \text{ мм}^3.$$

Тогда:

$$\sigma_{из} = \frac{10049,526 \cdot 36,34}{6489,6} = 56,275 \text{ МПа.}$$

Таким образом, условие на изгиб выполнено.

Напряжение кручения в опасном сечении Б-Б (рисунок 10), возникающее под действием силы Q_{\max} , приложенной на плече a , определим по формуле:

$$\tau_{кр} = \frac{Q_{\max} \cdot a}{W_{кр \text{ Б-Б}}}, \quad (16)$$

где a – плечо силы Q_{\max} принимается равным 26,25 мм.

$W_{кр \text{ Б-Б}}$ – момент сопротивления кручению.

$$W_{кр \text{ Б-Б}} = k \cdot h \cdot b^2, \quad (17)$$

$$W_{кр \text{ Б-Б}} = 0,282 \cdot 52 \cdot 14,4^2 = 3040,727 \text{ мм}.$$

$$\tau_{кр} = \frac{10049,526 \cdot 26,25}{3040,727} = 86,76 \text{ МПа} < [\tau_{кр}] = 160 \text{ МПа}.$$

Таким образом, условие на кручение выполнено

Расчет шлицевого соединения (рисунок 11).

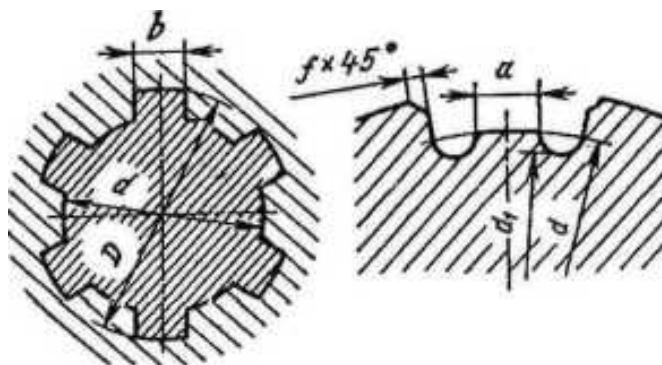


Рисунок 11 – Форма сечения вала

Шлицевые «зубчатые соединения различаются по передаваемой нагрузке, степени подвижности сопрягаемых деталей, форме зуба и другим геометрическим параметрам» [21]. Рассчитываемое шлицевое соединение по виду действующих силовых факторов относится к группе «М» – соединения,

передающие только крутящий момент. Для оценки прочности и износостойкости шлицевого соединения выполняют два вида расчетов рабочих поверхностей: на смятие и износ. Для неподвижных соединений группы «М» расчет на износ не обязателен.» [11]

Произведем расчет по определению напряжения в опасном сечении шлицевого наконечника и шлицев на смятие от расчетного крутящего момента M_p .

Средний диаметр «шлицевого соединения:

$$d_{cp} = \frac{D + d}{2}, \quad (18)$$

$$d_{cp} = \frac{30 + 26}{2} = 28 \text{ мм.}$$

Рабочая высота шлицев:

$$h = \frac{D - d}{2} = \frac{25 - 21}{2} = 2 \quad (19)$$

где D – наружный диаметр шлицевого наконечника;

d – внутренний диаметр шлицевой втулки;

$$h = \frac{25 - 21}{2} = 2 \text{ мм.}$$

Определим суммарный статистический момент площади рабочих поверхностей соединения относительно вала:

$$S_F = 0,5 \cdot d_{cp} \cdot h \cdot z, \quad (20)$$

где z – количество шлицев, принимается равным 6.

$$S_F = 0,5 \cdot 23 \cdot 2 \cdot 6 = 168 \text{ мм}^2.$$

Определим среднее давление смятия, МПа:

$$\sigma_{см.ср} = \frac{M}{S_F \cdot l}, \quad (21)$$

где l – рабочая длина шлицев, принимается равной 100 мм.

$$\sigma_{см.ср} = \frac{664950}{168 \cdot 100} = 39,58 \text{ МПа.}$$

Определим допустимые значения давлений смятия:

$$\sigma_{см.мах} = \frac{\sigma_T}{n \cdot K_{см} \cdot K_D}, \quad (22)$$

где σ_T – предел текучести шлицевого наконечника для Стали 40ХН после закалки, МПа;

n – коэффициент запаса прочности для закаленных соединений;

$K_{см}$ – общий коэффициент концентрации нагрузки;

K_D – коэффициент динамичности нагрузки.

$$K_{см} = K_3 \cdot K_{кр} \cdot K_n, \quad (23)$$

где K_3 – коэффициент распределения нагрузки между зубьями;

$K_{кр}$ – коэффициент концентрации нагрузки от закручивания вала;

K_n – коэффициент, учитывающий концентрацию нагрузки в связи с погрешностями изготовления.

$$K_{см} = 1 \cdot 1,816 \cdot 1,1 = 1,998.$$

$$\sigma_{см.мах} = \frac{1280}{1,4 \cdot 1,998 \cdot 2} = 228,8 \text{ МПа.}$$

Найденное значение напряжения смятия» [12] удовлетворяет условию:

$$\sigma_{см.ср.} < [\sigma_{см}], \quad (24)$$
$$39,58 \text{ МПа} < [\sigma_{см}] = 228,8 \text{ МПа.}$$

3.4 Детальная проработка агрегатного отделения

Агрегатное «отделение используется для выполнения разборки, сборки, мойки, диагностики, регулировки и проверки таких компонентов, как коробка передач, рулевое управление, ведущий мост и другие узлы, демонтированные с автомобиля в рамках проведения текущего ремонта.

Агрегатные работы предполагают замену неисправных механизмов и узлов на исправные, а также замену повреждённых деталей на новые или восстановленные (соответствующие ремонтным размерам). Кроме того, они включают разборку и сборку, необходимые для ремонта отдельных элементов и их подгонки в процессе установки» [22].

Виды работ, выполняемые в агрегатном отделении:

- Разборочно-сборочные операции. Полная или частичная разборка агрегатов (коробки передач, мостов, рулевого управления) с последующей сборкой после ремонта. Используются специализированные стенды и инструменты для точной подгонки деталей.
- Моечные процессы. наружная мойка агрегатов перед разборкой и очистка снятых деталей в ваннах с моющими растворами. Для крупных узлов применяются струйные мойки высокого давления.
- Дефектовка и сортировка. контроль деталей с разделением на категории: годные (без износа); требующие ремонта (направляются на восстановление); бракованные (утилизация);

- Ремонт и восстановление; замена изношенных деталей (подшипники, сальники, шестерни); восстановление размеров гильз цилиндров, коленвалов; Ремонт резьбовых соединений, запрессовка втулок;

- Регулировочные и диагностические работы; настройка зазоров в подшипниках, проверка биения валов, тестирование герметичности уплотнений.

- Специализированные операции: расточка тормозных барабанов; замена энергоаккумуляторов тормозных камер; модернизация агрегатов (изменение передаточных чисел кпп); основные ремонтируемые системы и агрегаты: трансмиссия, сцепление, коробки передач, карданные валы; ходовая часть: передние/задние мосты, рессоры, амортизаторы; рулевое управление: рейки, насосы гур; тормозная система: суппорты, тормозные цилиндры.

Режим работы отделения 1-2 смены в зависимости от объема ремонтов. Персоналом являются слесари 4-6 разрядов для сложных операций, 2-3 разрядов – для мойки. Оборудование отделения: стенды для разборки КПП, прессы для запрессовки подшипников, диагностические сканеры.

Данные виды работ обеспечивают восстановление работоспособности агрегатов в соответствии с требованиями ГОСТ и технической документации производителей

«Так как проведение контрольных и ремонтных операций требует обладания высокими навыками работы со сложным технологическим оборудованием и электронно-вычислительной техникой и от качества проведения ремонтных работ зависит весь дальнейший процесс эксплуатации и обслуживания, то для обеспечения более высокого качества работ рекомендуется привлекать квалифицированный производственный персонал – слесарей только 4-го и последующих разрядов. Исключение составляют моечные операции, с которыми вполне способны справляться работники более низкой квалификации (слесарь 2-го разряда).

В данном отделении выполнением всех работ занимаются 3 работника:

– 1 слесарь 5-го разряда;

– 2 слесаря 4-го разряда;

В качестве поставщиков технологического оборудования для разрабатываемого отделения предлагаем использовать российские фирмы, специализирующиеся на продаже оборудования и организационной оснастки для автосервисов и АТП. Так предполагается использование одномарочного подвижного состава, то применяем специализированное оборудование рекомендованное заводом ГАЗ.

В качестве поставщиков технологического оборудования для разрабатываемого отделения мы предлагаем использовать российские фирмы, специализирующиеся на продаже оборудования и организационной оснастки для автосервисов и АТП. Так как в парке используется одномарочный подвижной состав то применяем специализированное оборудование рекомендованное заводом ГАЗ.» [15]

Перечень необходимого оборудования приведен в таблице технологического оборудования (таблица 3).

Таблица 3 – Табеля технологического оборудования

Наименование оборудования	Модель	Количество	Габаритные размеры, мм
1 «Станок сверлильный	Р-175М	1	550×330×680
2 Универсальные центры для проверки валов	-	1	1500×600×120
3 Лабораторный сушильный шкаф	СНОЛ-3.5	1	610×665×660
4 Установка шлифовальная	УЗ-3	1	520×680×1150
5 Стенд для разборки-сборки и регулировки сцеплений передвижной	Р-176	1	590×580×1030
6 Стенд для ремонта рулевых механизмов и карданных валов передвижной	-	1	930×600×1100
Подвесная кран-балка грузоподъемность 1,5 т	-	-	--
8 Стенд для испытания главной передачи собственного изготовления	-	1	2050×1140×1140
9 Стенд для разборки-сборки редукторов задних мостов передвижной	Р-640	1	800×670×1000

Продолжение таблицы 3

«Наименование оборудования»	Модель	Количество	Габаритные размеры, мм
10 Пресс электрогидравлический	Р-338	1	470×200×860
11 Верстак слесарный	-	1	600×800×900
12 Передвижная ванна для мойки мелких деталей	ОМ-1316	1	1050×500×100
13 Станок для расточки тормозных барабанов и расточки накладок	Р-185	1	880×770×1200
14 Пресс напольный гидравлический, грузоподъемность 30 т	ПГП-30	1	700×1200×1800» [17]
15 Стол для контроля и сортировки деталей	-	1	2000×800×1050
16 Шкаф инструментальный	КО-390	1	710×600×1500
17 Ларь для обтирочных материалов	-	1	400×510×800
18 Верстак слесарный	ВС-1	3	1200×800×900
19 Стеллаж для деталей	-	1	1000×500×200» [17]

«В агрегатное отделение устанавливаем разработанный стенд (позиция 8) для испытания главной передачи. Данный стенд по совокупности технико-экономических показателей оптимален для данного отделения.

Определяем производственную площадь.

Первоначально площадь отделения определяем по суммарной площади оборудования и коэффициенту плотности его расстановки» [9].

$$F_{пр} = K_{пл} \cdot \sum F_{обор} \quad (25)$$

«где $\sum F_{обор}$ – суммарная площадь занимаемая оборудованием;

$K_{пл}$ – коэффициент плотности расстановки оборудования. Для агрегатного отделения с крупногабаритным подвижным составом принимаем равным 4,5.

$$F_{np} = 4,5 \cdot (0,59 \times 0,58 + 0,93 \times 0,6 + 1,1 \times 0,78 + 1,18 \times 0,67 + 0,9 \times 0,67 + 0,76 \times 0,9 + 1,05 \times 0,5 + 0,38 \times 0,37 + 0,7 \times 1,2 + 2,0 \times 0,8 + 1,2 \times 0,8 + 0,71 \times 0,6 + 0,71 \times 0,5 + 1,2 \times 0,8 \times 2 + 1,1 \times 0,5 \times 2 + 0,6 \times 0,8 + 0,4 \times 0,51 + 1,5 \times 0,6 + 0,62 \times 0,58) = 4,5 \times 12,3 \approx 56 \text{ м}^2$$

Определяем окончательную производственную площадь.

Окончательная площадь участка определяется с учетом площади оборудования, его расстановки, при этом учитываются расстояния между элементами здания и контуром каждого вида оборудования.

С учетом норм расстановки оборудования принимаем окончательную площадь отделения равной 63 м².

Чертеж участка в масштабе 1:25 содержит:

- Архитектурные элементы (стены, колонны, окна, двери);
- Смежные помещения;
- Привязку к плану главного корпуса через координатную сетку.
- Технологическое оборудование, рабочие места и расстояния между ними обозначены условными символами с привязкой к стенам и колоннам.

Дополнительно указаны:

- Потребители электроэнергии;
- Рабочие зоны сотрудников;
- Локальные вентиляционные отсосы» [9].

Выводы по разделу.

В разделе предложена конструкция стенда для испытания главной передачи автомобиля ГАЗель NEXT, выполнены конструкторские расчеты элементов стенда, разработана технологическая карта испытания заднего моста, выполнена углубленная проработка агрегатного отделения.

4 Технологический раздел

Процесс сборки автомобилей и тракторов заключается в поэтапном соединении деталей для формирования узлов, агрегатов или готовой машины, отвечающей требованиям технических стандартов. Производство может осуществляться как на предприятии-изготовителе комплектующих, так и на специализированных сборочных заводах, однако в современном отечественном автотракторостроении чаще встречается первый вариант.

Трудоёмкость сборочных работ значительно выше, чем в литейном, сварочном, кузнечно-прессовом и других видах производств. Важнейшим направлением снижения трудозатрат является механизация сборки, которая служит основным резервом повышения производительности.

В «автомобильной и тракторной промышленности преобладают массовое и крупносерийное производство, что создаёт более выгодные условия для автоматизации и механизации по сравнению с другими отраслями машиностроения. Однако, несмотря на это, темпы снижения трудоёмкости в заготовительных и обрабатывающих цехах остаются выше, чем в сборочных. В результате доля сборки в общих производственных затратах не снижается, а зачастую даже возрастает.

В настоящее время сборочные операции составляют 25–30% от общей трудоёмкости изготовления автомобилей и тракторов.

Разработка технологического процесса сборки базируется на следующих исходных данных:

- сборочных чертежах изделия, узлов и машины в целом;
- технических условиях на сборку;
- рабочих чертежах деталей, входящих в состав изделия;
- плановом годовом или общем объёме выпуска продукции.

Дополнительно при проектировании используются справочные материалы: каталоги, технические паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного инструмента, ГОСТы и нормативы для

ручного инструмента, а также типовые технологические процессы сборки узлов» [9].

4.1 Анализ и выбор технологического процесса

«Выбор технологического процесса сборки зависит от комплекса факторов, таких как конструктивные особенности изделия, его размеры, производственная программа, предъявляемые требования к качеству и степень автоматизации производства.

Конструкция изделия играет определяющую роль при выборе метода сборки. Например, для точных механизмов с мелкими деталями предпочтительны автоматизированные решения, позволяющие исключить влияние человеческого фактора и обеспечить высокую повторяемость операций.

Габаритные параметры также существенно влияют на технологию сборки. Крупногабаритные узлы требуют применения подъёмно-транспортного оборудования и специальных приспособлений, в то время как компактные изделия могут собираться на автоматизированных линиях с минимальным использованием ручного труда» [9].

Учитывая ограниченную потребность в стендах для испытания главных передач малотоннажных автомобилей, наиболее рациональной формой организации производства является мелкосерийная сборка.

В «условиях мелкосерийного производства применяется стационарная непоточная сборка, при которой процесс разделяется на узловую и общую сборку. Работы выполняются специализированными бригадами, где каждый рабочий отвечает за определённый вид сборочных операций в соответствии со своей квалификацией. Такой подход обеспечивает гибкость производства при сохранении требуемого качества изделий.

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (26)$$

где F_d – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт.

$$T_d = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{120} = 1035 \text{ ч.}$$

Далее составляем технологическую схему сборки.

Технологическая схема сборки – это графическое представление последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта» [9].

Она описывает «порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием.

Основные элементы технологической схемы сборки:

- получение исходных материалов;
- подготовительные операции – разметка материалов, нарезка, обработка и так далее;
- сборочные операции – сборка изделия из отдельных деталей;
- окончательная обработка – шлифовка, полировка, окраска и так далее;
- контроль качества – проверка соответствия готового изделия заданным требованиям;
- упаковка и хранение готового изделия.

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки представлен» [9] в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Поднять «при помощи тельфера раму стенда для испытания главной передачи автомобиля	0,8
Осмотреть раму стенда для испытания главной передачи автомобиля	2
Установить раму стенда на предполагаемое место	0,5
Осмотреть электродвигатель	0,2
Взять болт М10×30 (4 шт.), шайбу 10×4.04.016 (4 шт.), шайбу 10 (4 шт.), гайку М10 (4 шт.)	0,1
Установить электродвигатель на раму стенда	8
Взять кронштейн оградительный	0,1
Осмотреть кронштейн оградительный	0,2
Приварить кронштейн оградительный к раме стенда	6
Взять шпонку 2-50×10×8	0,1
Установить шпонку на вал электродвигателя	0,1
Взять муфту в сборе	0,1
Осмотреть муфту в сборе	0,2
Запрессовать муфту в сборе на вал электродвигателя	2
Взять карданный вал	0,1
Осмотреть карданный вал	0,2
Взять датчик крутящего момента	0,1
Установить датчик крутящего момента на карданный вал	1
Взять кожух-ограждение правое	0,1
Осмотреть кожух-ограждение правое	0,2
Взять замок (3 шт.) и клин (3 шт.)	0,1
Установить кожух-ограждение правое	10
Взять кожух-ограждение левое	0,1
Осмотреть кожух-ограждение левое	0,2
Взять замок (3 шт.) и клин (3 шт.)	0,1
Установить кожух-ограждение левое	10
Взять скобу (2 шт.)	0,1
Осмотреть скобу	0,2
Взять болт М10×30 (2 шт.), шайбу 10 (2 шт.), гайку М10 (2 шт.)	0,1
Установить скобу на раме	6
Взять датчик температурный	0,1
Установить датчик температурный на испытуемый мост	1
Взять датчик измерения биения	0,1
Установить датчик измерения биения на карданный вал	1
Выполнить регулировочные операции» [18] перед запуском стенда	15
Выполнить испытание стенда	60
Итого:	126,2

Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}, \quad (27)$$

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ум}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (28)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;
 β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [23].

$$t_{ум}^{общ} = 126,2 + 126,2 \cdot \left(\frac{3 + 5}{100} \right) = 136,29 \text{ мин.}$$

4.2 Проектирование техпроцесса сборки

Проектирование технологического процесса сборки - это разработка последовательности операций по соединению деталей и узлов в готовое изделие, обеспечивающую выполнение технических требований, заданной производительности и экономической эффективности.

Основные этапы проектирования: анализ исходных данных, изучение сборочных чертежей, спецификаций деталей и технических условий. Определение годовой программы выпуска и требований к точности. Определение организационной формы сборки. Выбор типа производства (единичное, серийное, массовое) и расчет такта сборки. Для массового производства - синхронизация операций с тактом выпуска. Составление технологической схемы сборки в виде графического отображения

последовательности соединения деталей и узлов. Оптимизация членения изделия на сборочные единицы для параллельной сборки. Установка деталей, формирование соединений (запрессовка, свинчивание), регулировка. Включение вспомогательных операций: мойка, контроль, притирка. Подбор механизированных инструментов, стенов, грузоподъемных механизмов. Для автоматизированных линий - проектирование ориентационных механизмов и систем контроля. «Последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Технологический процесс сборки стенов для испытания главной передачи автомобиля

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Поднять при помощи тельфера раму стенов	Гайковерт,	
			для испытания главной передачи автомобиля	набор головок, рожковые ключи,	51,2
		2	Осмотреть раму стенов для испытания главной передачи автомобиля	динамометрический ключ,	
		3	Установить раму стенов на предполагаемое место	воронка, оправка	
		4	Осмотреть электродвигатель	Тельфер,	
		5	Взять болт М10×30 (4 шт.), шайбу 10×4.04.016 (4 шт.), шайбу 10 (4 шт.), гайку М10 (4 шт.)	стропы, набор ключей, гайковерт, электрическая дрель,	
		6	Установить электродвигатель на раму стенов	углошлифовальная машина	
		7	Взять кронштейн оградительный		
		8	Осмотреть кронштейн оградительный		

Продолжение таблицы 5

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		9	Приварить кронштейн ограждающий к раме стенда		
		10	Взять шпонку 2-50×10×8		
		11	Установить шпонку на вал электродвигателя		
		12	Взять муфту в сборе		
		13	Осмотреть муфту в сборе		
		14	Запрессовать муфту в сборе на вал электродвигателя		
		15	Взять карданный вал		
		16	Осмотреть карданный вал		
		17	Взять датчик крутящего момента		
		18	Установить датчик крутящего момента на карданный вал		
		19	Взять кожух-ограждение правое		
		20	Осмотреть кожух-ограждение правое		
		21	Взять замок (3 шт.) и клин (3 шт.)		
		22	Установить кожух-ограждение правое		
		23	Взять кожух-ограждение левое		
		24	Осмотреть кожух-ограждение левое		
		25	Взять замок (3 шт.) и клин (3 шт.)		
		26	Установить кожух-ограждение левое		
		27	Взять скобу (2 шт.)		
		28	Осмотреть скобу		
		29	Взять болт М10×30 (2 шт.), шайбу 10 (2 шт.), гайку М10 (2 шт.)		
		30	Установить скобу на раме		

Продолжение таблицы 5

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		31	Взять датчик температурный		
		32	Установить датчик температурный на испытуемый мост		
		33	Взять датчик измерения биения		
		34	Установить датчик измерения биения на карданный вал		
010	Регулировочная	1	Выполнить регулировочные операции перед запуском стенда	Набор ключей	75
		2	Выполнить испытание стенда для испытания главной передачи автомобиля» [9]		

Технологическая схема сборки стенда для испытания главной передачи автомобиля представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки стенда для испытания главной передачи автомобиля и представлен в графической части ВКР.

5 Экологическая безопасность реализации проекта

Современные испытательные стенды для главных передач, включая разрабатываемые конструкции, должны соответствовать строгим требованиям экологической безопасности, направленным на минимизацию воздействия на окружающую среду и обеспечение безопасности персонала. Актуальность этого направления обусловлена как нормативными требованиями (ГОСТ, ТУ), так и необходимостью интеграции ресурсосберегающих технологий в производственные процессы.

Экологическая безопасность стенда достигается за счет

- конструктивных решений, таких как: применение закрытых систем, предотвращающих утечку смазочных материалов и выброс загрязняющих веществ, а также использование энергоэффективных приводов и систем рекуперации энергии для снижения энергопотребления. В то же время применение модульно сборно-разборной конструкции, упрощает утилизацию компонентов, повышая экологическую безопасность всего изделия.

- внедрение систем автоматизированного контроля параметров (вибрация, температура), исключающих перегрузки и аварийные выбросы, а также применение экологически безопасных рабочих сред (например, биоразлагаемых масел) при испытаниях.

- организационных аспектов, таких как аттестация стенда с проверкой соответствия экологическим стандартам, включая анализ вредного воздействия, обучение персонала правилам эксплуатации, направленным на предотвращение аварийных ситуаций.

Особое внимание уделяется шумовым характеристикам - современные стенды оснащаются звукоизолирующими кожухами, что снижает акустическое загрязнение. Для испытаний главных передач, где критичны точность и воспроизводимость результатов, экологическая безопасность напрямую влияет на качество данных: стабильные условия испытаний (отсутствие вибраций, перегревов) обеспечивают достоверность измерений.

Таким образом, экологическая безопасность стенда становится не только обязательным нормативным требованием, но и фактором повышения конкурентоспособности продукции за счет снижения эксплуатационных затрат и рисков для окружающей среды.

Для формирования общего перечня экологической безопасности стенда испытаний приняты следующие нормативные документы:

ГОСТ Р 8.568-2017 - регламентирует методики аттестации испытательного оборудования.

ТУ 4271-002-72171351-2013 - технические условия для стендов механических испытаний.

Таблица 6 – Технологический паспорт процесса испытания главной передачи автомобиля

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Испытание главной передачи	1 Установка заднего моста ГАЗель NEXT	Слесарь по ремонту автомобилей	Стенд для испытания главной передачи	Перчатки, масло трансмиссии
автомобиля ГАЗель NEXT	на стенд	пятого разряда	автомобиля ГАЗель NEXT, молоток, ключ шестигранный, ключи на 12-14	онное, жидкость тормозная
	2 Заливка и проверка уровня масла в картере заднего моста			
	3 Подключение нагрузочно-тормозной системы			
	4 Испытание заднего моста			

5.1 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков представляет собой систематический процесс выявления и анализа потенциально опасных факторов производственной среды, которые могут причинить вред здоровью

работников или создать угрозу их безопасности в ходе трудовой деятельности. Это фундаментальный этап системы управления охраной труда, позволяющий заблаговременно распознать источники опасности до того, как они приведут к несчастным случаям или профессиональным заболеваниям.

Суть процесса заключается в комплексном исследовании всех аспектов рабочего процесса, от физических условий труда до организационных моментов и человеческого фактора. Специалисты изучают производственные помещения, оборудование, технологические процессы, используемые материалы и вещества, а также психофизиологические нагрузки на персонал, в результате чего составляются инструкции по технике безопасности и другие нормативные документы. Особое внимание уделяется анализу потенциально опасных ситуаций, которые могут возникнуть при штатной работе, во время ремонтных операций или в аварийных условиях.

Методика идентификации предполагает несколько подходов, таких как визуальный осмотр рабочих мест, анализ документации по охране труда, интервьюирование сотрудников, изучение статистики происшествий на аналогичных производствах. Одним из аспектов является учет не только очевидных опасностей (например, движущихся частей оборудования), но и скрытых факторов - таких как постепенное воздействие вредных веществ или длительное пребывание в неудобной рабочей позе. В результате чего формируется свод правил по эксплуатации указанного помещения, оборудования или технологического процесса.

Эффективно проведенная идентификация рисков позволяет разработать адекватные профилактические меры, подобрать оптимальные средства индивидуальной защиты, скорректировать технологические процессы и в конечном итоге создать безопасные условия труда. Этот процесс носит непрерывный характер, так как производственная среда постоянно изменяется - появляется новое оборудование, меняются технологии, обновляется штат сотрудников, что требует регулярного пересмотра и актуализации оценки профессиональных рисков.

Результаты проведенной идентификации профессиональных рисков при испытании главной передачи автомобиля ГАЗель NEXТ приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
1 Установка заднего моста ГАЗель NEXТ на стенд. 2 Заливка и проверка уровня масла в картере заднего моста. 3 Подключение нагрузочно-тормозной системы. 4 Испытание заднего моста	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей	Элементы конструкции
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент, стенд для обкатки ведущих мостов, станки
	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент, стенд для испытания главной передачи
Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [12].
	Напряжение зрительных анализаторов	
Монотонность труда, вызывающая монотонию		

5.2 Методы снижения профессиональных рисков

Методы снижения профессиональных рисков при эксплуатации оборудования представляют собой комплекс технических, организационных и профилактических мер, направленных на минимизацию опасностей производственной среды. Эти подходы формируют многоуровневую систему защиты, где каждый элемент дополняет другие, создавая эффективный барьер для потенциальных угроз.

Технические решения занимают первостепенное значение в системе снижения рисков. Современное оборудование проектируется с учетом принципов встроенной безопасности, где опасные узлы и механизмы оснащаются защитными ограждениями, блокировками и системами аварийного отключения. Особое внимание уделяется автоматизации производственных процессов, позволяющей минимизировать непосредственный контакт персонала с потенциально опасными зонами. Применение датчиков контроля параметров работы оборудования и систем сигнализации обеспечивает своевременное предупреждение операторов о возникновении нестандартных ситуаций.

Организационные меры включают разработку четких регламентов эксплуатации, где прописываются безопасные методы работы для каждого вида оборудования. Важную роль играет система допуска к работе, когда сотрудники проходят специальное обучение и проверку знаний перед допуском к самостоятельной работе на конкретных агрегатах. Рациональная организация рабочего пространства с выделением зон повышенной опасности и обеспечением свободных эвакуационных путей также способствует снижению рисков.

Профилактическая работа строится на регулярном техническом обслуживании и диагностике оборудования, что позволяет выявлять и устранять потенциальные неисправности до их перерастания в аварийные ситуации. Внедрение системы планово-предупредительных ремонтов с

использованием современных методов неразрушающего контроля существенно повышает надежность эксплуатации. Параллельно ведется постоянный мониторинг условий труда с измерением вредных факторов и оценкой их воздействия на персонал.

Одним из основных компонентов системы снижения рисков является формирование культуры безопасности на производстве. Это достигается через постоянное обучение персонала, проведение инструктажей и тренировок по действиям в аварийных ситуациях. Особое внимание уделяется психологическим аспектам, так как человеческий фактор остается одной из основных причин производственного травматизма. Развитие у работников осознанного отношения к безопасности, понимания последствий пренебрежения правилами охраны труда создает дополнительный защитный барьер.

Эффективность методов снижения профессиональных рисков достигается только при их комплексном применении и постоянном совершенствовании. Анализ происшествий позволяет выявлять слабые места в системе безопасности и своевременно вносить корректирующие изменения. Тесное взаимодействие инженерно-технического персонала, специалистов по охране труда и непосредственных исполнителей работ создает условия для постоянного улучшения условий труда и повышения уровня промышленной безопасности.

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
1	2	3
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов)
«Повышенный уровень шума»	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами	Защитные противозумные наушники, беруши противозумные» [20].
«Возможность поражения электрическим током»	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования.	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [12].
«Отсутствие или недостаток естественного света»	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [28]	–

Продолжение таблицы 8

1	2	3
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [30]. 	–
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> – объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: 1. длительность объединенных операций не 	–
	<ul style="list-style-type: none"> – должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей; – «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний в структуру режима труда и отдыха включают функциональную музыку, которая стимулирует двигательную активность и вызывает у работников приятные эмоции; – применение методов эстетического воздействия во время работы (озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности); – отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; 	

Продолжение таблицы 8

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none">– разработка и регулярное применение систем морального и материального стимулирования;– усложнение обязанностей в процессе дежурства» [20];– чередование пассивного отдыха с активным» [15].	

Снижение профессиональных рисков при эксплуатации оборудования требует комплексного подхода, сочетающего технические, организационные и профилактические меры. Ключевым аспектом является проектирование и модернизация оборудования с учетом принципов встроенной безопасности, включая защитные ограждения, автоматизацию процессов и системы аварийного отключения.

5.3 Противопожарная безопасность

Обеспечение пожарной безопасности на агрегатном участке является критически важным аспектом производственного процесса, учитывая работу с горючими материалами, маслами, электрооборудованием и другими потенциальными источниками возгорания. Основные меры направлены на предотвращение возникновения пожаров, своевременное обнаружение возгораний и эффективную ликвидацию чрезвычайных ситуаций.

Первостепенное значение имеет правильная организация рабочего пространства. Все горючие жидкости, включая масла и технические жидкости, должны храниться в специально отведенных местах, оборудованных огнеупорными шкафами и поддонами для сбора возможных утечек. Рабочие зоны необходимо содержать в чистоте, своевременно удаляя промасленные обтирочные материалы и производственные отходы, способные стать источником возгорания.

Техническое состояние оборудования требует постоянного контроля. Электрооборудование должно соответствовать классу защиты, соответствующему условиям эксплуатации, с регулярной проверкой изоляции и целостности проводки. Особое внимание уделяется местам возможного искрообразования – клеммам, контактам, местам соединения проводов. Гидравлические и пневматические системы проверяются на герметичность, поскольку утечки масла или топлива под давлением могут создать пожароопасную аэрозольную среду.

Системы противопожарной защиты включают автоматические установки пожаротушения, дымовые извещатели и ручные огнетушители, размещенные в доступных местах. Для агрегатного участка предпочтительны огнетушители типа ОУ (углекислотные) или ОХП (химические пенные), эффективные при тушении электрооборудования и горючих жидкостей. Персонал должен быть обучен правилам их применения, а также алгоритмам действий при возникновении пожара.

Особые требования предъявляются к сварочным и другим огневым работам, которые проводятся только в специально оборудованных зонах после оформления наряда-допуска и организации дополнительных мер защиты. Места проведения таких работ оснащаются огнестойкими экранами, а в радиусе потенциального разлета искр удаляются все горючие материалы.

Все сотрудники проходят обязательный противопожарный инструктаж с изучением планов эвакуации и мест расположения средств пожаротушения. На участке назначаются ответственные за пожарную безопасность, которые контролируют соблюдение норм и проводят регулярные тренировки по эвакуации.

Проведённая идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявление опасных факторов пожара приведено в таблице 9.

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Агрегатный участок»	Технологическое оборудование, применяемое на агрегатном участке	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [24].

Пожарная безопасность на производственных объектах, включая агрегатные участки, регламентируется комплексом законодательных и нормативно-технических документов, устанавливающих обязательные требования и рекомендации по предупреждению пожаров. основополагающим документом является Федеральный закон № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности", который определяет общие принципы обеспечения пожарной защиты объектов. В нем закреплены требования к огнестойкости строительных конструкций, путям эвакуации, системам противопожарной защиты и другим аспектам безопасности. Ещё одним документом являются Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденные постановлением Правительства РФ. Этот документ содержит конкретные требования к содержанию территорий, зданий и помещений, организации рабочих мест, проведению огневых работ и эксплуатации электроустановок. В нем подробно расписаны обязанности руководителей и ответственных лиц по обеспечению пожарной безопасности.

Для производственных объектов особую роль играют своды правил (СП), разработанные в развитие положений технического регламента. В частности, СП 12.13130 регламентирует определение категорий помещений по взрывопожарной опасности, что особенно важно для агрегатных участков, где

возможно наличие горючих жидкостей. СП 5.13130 устанавливает требования к проектированию автоматических установок пожаротушения и сигнализации, а СП 9.13130 - к огнетушителям.

Отдельное внимание уделяется нормам ПУЭ (Правила устройства электроустановок), которые содержат требования к электрооборудованию в пожароопасных зонах. Эти правила определяют классы взрывоопасных зон, типы применяемого электрооборудования и способы его защиты.

Для конкретных отраслей промышленности действуют ведомственные нормы и правила, учитывающие специфику производства. Например, в машиностроении применяются отраслевые стандарты, регламентирующие пожарную безопасность при работе с металлообрабатывающим оборудованием и технологическими жидкостями.

В статье 42 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения (далее – СИЗ), защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [12].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно

асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1 шт.;

- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [26].

«Разработка мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности является одним из главных этапов обеспечения безопасности в зданиях и сооружениях. Такие мероприятия должны быть разработаны в соответствии с законодательными и нормативными актами и утверждены руководством организации.

Первый шаг при разработке мероприятий – это проведение анализа рисков возможного возникновения пожара в здании или сооружении. Для этого необходимо провести осмотр помещений, выявить наличие возможных источников возгорания, оценить состояние систем пожарной безопасности.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при испытании главной передачи автомобиля представлен в таблице» [9] 10.

Таблица 10 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при испытании главной передачи автомобиля

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15]
«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» [22]
«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» [24]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ»	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [15].
«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
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения»	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [31]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности»	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [15]

Таким образом, система нормативного регулирования пожарной безопасности представляет собой многоуровневую структуру, где каждый документ занимает определенное место в иерархии требований. Соблюдение этих норм является обязательным условием для обеспечения безопасной эксплуатации агрегатных участков и другого промышленного оборудования.

5.4 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса испытания главной передачи

Экологическая безопасность испытательного процесса главных передач требует комплексного подхода, учитывающего все потенциальные источники воздействия на окружающую среду. Основное внимание уделяется минимизации вредных выбросов, рациональному использованию ресурсов и безопасной утилизации отходов, образующихся в ходе испытаний. Важнейшим аспектом является контроль за использованием смазочных материалов. При обкатке и нагрузочных испытаниях главной передачи применяются специальные трансмиссионные масла, которые должны соответствовать экологическим стандартам по биоразлагаемости и токсичности. Особое внимание уделяется предотвращению утечек масла через сальники и соединения, для чего испытательный стенд оборудуется системами сбора возможных протечек с герметичными поддонами и ловушками. Шумовое воздействие, характерное для процесса испытания зубчатых передач, регулируется в соответствии с санитарными нормами. Стенд размещается в звукоизолированном помещении или оборудуется шумопоглощающими кожухами, снижающими уровень звукового давления до допустимых значений. Это особенно важно при испытаниях на шумовые характеристики, когда работа передачи анализируется в различных режимах.

Энергоэффективность испытательного процесса достигается за счет применения современных приводных систем с регулируемым электроприводом, позволяющим точно дозировать нагрузку и минимизировать непроизводительные энергозатраты. Система рекуперации энергии при торможении позволяет возвращать часть электроэнергии в сеть, снижая общее потребление.

Образующиеся в процессе испытаний отходы, включая отработанные масла, фильтры и очистные материалы, подлежат строгому учету и передаются специализированным организациям для переработки или

утилизации. Запрещается смешивание различных видов отходов, что позволяет максимально эффективно использовать возможности их вторичной переработки.

Мониторинг экологических параметров осуществляется с помощью датчиков контроля температуры, вибрации и шума, что позволяет оперативно выявлять отклонения от нормальных режимов работы, способные привести к повышенному воздействию на окружающую среду. Все данные фиксируются в автоматизированной системе экологического контроля.

Персонал, занятый в испытательном процессе, проходит специальное обучение по экологической безопасности, включающее вопросы обращения с опасными веществами, действий в аварийных ситуациях и соблюдения природоохранных требований. Это обеспечивает экологическую культуру производства и ответственное отношение к окружающей среде на всех этапах испытаний. Проведение идентификации негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе испытания главной передачи позволило систематизировать и упорядочить риски, результат сведён в таблицу 11.

Таблица 11 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Испытание главной передачи автомобиля ГАЗель NEXT»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	«Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при испытании главной передачи

малотоннажного автомобиля:

- на этапе подготовки оборудования особое внимание уделяется герметичности испытательного стенда. Все узлы и соединения проектируются с учетом полного исключения утечек смазочных материалов. Устанавливаются специальные маслоуловители и дренажные системы, предотвращающие попадание технических жидкостей в окружающую среду. Для испытаний подбираются экологически безопасные смазочные материалы с повышенной биоразлагаемостью и пониженной токсичностью.

- при проведении непосредственных испытаний применяются современные системы шумоподавления. Акустические экраны и виброизолирующие опоры снижают уровень шумового загрязнения до значений, соответствующих санитарным нормам. Для особо точных измерений шумовых характеристик используются звукоизолированные камеры, полностью исключая распространение звуковых волн за пределы испытательной зоны.

- энергетическая эффективность процесса обеспечивается за счет интеллектуальных систем управления приводом. Прецизионные электромеханические системы нагрузки позволяют точно дозировать энергию, минимизируя непроизводительные затраты. Внедрение рекуперативных технологий дает возможность возвращать до 30% затраченной электроэнергии обратно в сеть.

- система очистки воздуха на испытательном участке включает многоступенчатую фильтрацию. Специальные угольные фильтры улавливают пары масел и других летучих соединений, предотвращая их попадание в атмосферу. Для особо ответственных испытаний применяется замкнутая система вентиляции с рециркуляцией воздуха.

Персонал регулярно проходит обучение по экологической безопасности, уделяя особое внимание правилам обращения с опасными веществами и действиям в аварийных ситуациях. Внедрена система экологических

паспортов на каждый вид испытаний, где фиксируются все параметры воздействия на окружающую среду.

Выводы по разделу.

В разделе:

- «разработан Технологический паспорт производственно-технологического процесса испытания главной передачи (таблица 6);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе испытания главной передачи (таблица 7) и определены методы и средства их снижения (таблица 8);
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе испытания главной передачи (таблицы 9, 10);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе испытания главной передачи и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 11)» [22].

6 Экономическая эффективность проекта

Расчет «общей суммы финансовых затрат на разработку конструкции стенда для испытания главной передачи малотоннажных автомобилей необходим для эффективного управления проектом и обеспечения его успешной реализации. Прежде всего, точная оценка расходов позволяет сформировать реалистичный бюджет, который поможет избежать нехватки финансирования на критических этапах разработки. Без четкого понимания затрат существует риск задержек или даже остановки проекта из-за недостатка средств.

Кроме того, расчет финансовых затрат дает возможность обосновать инвестиции перед руководством или заказчиками, демонстрируя экономическую целесообразность проекта. Еще одним важным аспектом является контроль расходов в процессе разработки. Зная плановые показатели, можно оперативно отслеживать отклонения и принимать корректирующие меры, чтобы удержать проект в рамках бюджета.

Наконец, оценка затрат помогает сравнить различные варианты конструктивных решений и выбрать наиболее экономически эффективный, не жертвуя при этом качеством и надежностью стенда» [22].

Для определения финансовых затрат на разработку конструкции стенда для испытания главной передачи малотоннажных автомобилей необходимо учесть несколько ключевых факторов. Первым важным аспектом является конструкция самого стенда, так как от этого зависят затраты на проектирование, материалы и изготовление. Чем точнее и функциональнее должен быть стенд, тем выше будут расходы на инженерные разработки и высокотехнологичные компоненты. Вторым фактором является стоимость материалов и комплектующих, используемых при создании стенда. Например, применение специализированных датчиков, приводных механизмов и систем управления может существенно увеличить бюджет. Следующий фактор это, трудоемкость работ, затраты на оплату труда инженеров, техников и других

специалистов, участвующих в проекте, должны быть тщательно рассчитаны с учетом сроков разработки. Дополнительно следует учесть стоимость испытаний и доработок, так как в процессе тестирования могут выявиться недочеты, требующие корректировки конструкции. Наконец, важно предусмотреть расходы на сертификацию и внедрение стенда в эксплуатацию, включая возможные затраты на обучение персонала.

После того как все факторы были учтены, можно рассчитать общую сумму финансовых затрат на разработку конструкции стенда.

«Финансовые затраты на разработку конструкции стенда для испытания главной передачи малотоннажных автомобилей определяются по формуле:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{о.н}}, \quad (26)$$

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

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

$C_{\text{сб.п}}$ – полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке, р.;

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

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [11].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (27)$$

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

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [11].

В таблице 12 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 12 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама для стенда из прямоугольных профилей	Ст3	800	800	80,3	64240
Итого:	–	–	–	–	64240

$$C_{к.д} = 80,3 \cdot 800 = 64240 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{п.р.н} + C_M, \quad (28)$$

где $C_{п.р.н}$ – 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.» [25].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{п.р.} = t \cdot C_q \cdot k_t, \quad (29)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, зажим – 1 шт., кожух левый – 1 шт., кожух правый – 1 шт., втулка дистанционная – 1 шт., пластина зажима – 1 чел.-ч.; трудоёмкость на изготовление деталей: зажим – 0,4 чел.-ч., кожух левый – 0,5 чел.-ч., кожух правый – 0,55 чел.-ч., втулка дистанционная – 0,3 чел.-ч., пластина зажима – 0,42 чел.-ч.

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

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [11].

$$t = (1 \cdot t_{\text{зажим}} + 1 \cdot t_{\text{вал}} + 2 \cdot t_{\text{вал}} + 1 \cdot t_{\text{штулка}} + 1 \cdot t_{\text{пластина}}),$$

$$t = 1 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,55 + 1 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,42 = 2,17 \text{ чел.-ч.}$$

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 января 2023 года МРОТ составляет 16242 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $16242 / (7 \cdot 21) = 110,48$ 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» [12].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $110,48 \cdot 1,42 = 156,88$ р./ч.

$$C_{\text{ПР}} = 2,17 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 350,64 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{Д}} = (5 \dots 12) \cdot C_{\text{ПР}} / 100, \quad (30)$$

$$C_{\text{Д}} = 10 \cdot 350,64 / 100 = 35,06 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{СОЦ}} = 30 \cdot (C_{\text{ПР}} + C_{\text{Д}}) / 100, \quad (31)$$

$$C_{\text{СОЦ}} = 30 \cdot (350,64 + 35,06) / 100 = 115,71 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma \text{ПР}} = 350,64 + 35,06 + 115,71 = 501,41 \text{ р.}$$

В таблице 13 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 13 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	350,64
Дополнительная заработная плата	35,06
Начисления на заработную плату	115,71
Итого:	501,41

«Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (32)$$

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [11].

В таблице 14 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 14 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Зажим	Сталь 40	1	0,4	86,0	34,4
Кожух левый	Сталь 45	1	3,7	90,0	333
Кожух правый	Сталь 45	1	3,7	90,0	333
Втулка дистанционная	Сталь 40	1	1	86,0	86
Пластина зажима	Ст3	1	0,6	79,2	47,52
Итого:	–	–	–	–	833,92

$$C_M = 0,4 \cdot 86 + 3,7 \cdot 90 + 3,7 \cdot 90 + 1 \cdot 86 + 0,6 \cdot 79,2 = 833,92 \text{ р.}$$

$$C_{од} = 501,41 + 833,92 = 1335,33 \text{ р.}$$

«Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определяется по формуле:

$$C_{сб.п} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (33)$$

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

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

$C_{соц.сб}$ – страховые взносы в фонды, р» [11].

«Основная заработная плата рабочих, занятых на сборке рассчитывается по формуле:

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_{д.сб} \cdot k_t, \quad (34)$$

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

Значение определяем по формуле:

$$T_{сб} = k_c \cdot \Sigma t_{сб}, \quad (35)$$

где $t_{сб}$ – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч ;

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [11].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей станда равной 6 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 6 = 7,5 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 7,5 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 1211,89 \text{ р.,}$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 1211,89 = 121,18 \text{ р.,}$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (1211,89 + 121,18) = 399,92 \text{ р.,}$$

$$C_{сб.л} = 1211,89 + 121,18 + 399,92 = 1732,99 \text{ р.}$$

В таблице 15 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 15 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	1211,89
Дополнительная заработная плата	121,18
Страховые взносы в фонды	399,92
Итого	1732,99

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{OH} = \frac{(C'_{PP} \cdot R_{OH})}{100}, \quad (36)$$

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

R_{OH} – доля общепроизводственных накладных расходов, %» [11].

$$C'_{PP} = (C_{PP} + C_{CB}). \quad (37)$$

Подставив числовые значения в формулы (18, 19) получим:

$$C'_{\text{пр}} = 350,64 + 1211,89 = 1562,53 \text{ р.},$$

$$C_{\text{он}} = \frac{(1562,53 \cdot 15)}{100} = 234,38 \text{ р.}$$

«Для данной конструкции необходимо приобрести следующие компоненты: электродвигатель 4А160М6УЗ – 1 шт., вал карданный шлицевой ЗиЛ – 1 шт., датчики – 3 шт., а также метизы. Перечень покупных деталей представлен в таблице 16» [20].

Таблица 16 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Электродвигатель 4А160М6УЗ	1	9200	9200
Вал карданный шлицевой ЗиЛ	1	8300	13000
Датчик температуры	1	1200	1200
Датчик крутящего момента	1	1500	1500
Датчик замера биений	1	1700	1700
Метизы	64	15	640
Грунт-эмаль	1	1300	1300
Краска акриловая по металлу Tikkurila Metallista	1	2200	2200
Итого:			30740

$$C_{\text{ид}} = 9200 + 13000 + 1200 + 1500 + 1700 + 640 + 1300 + 2200 = 30740 \text{ р.}$$

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 17.

$$C_{\text{кон}} = 64240 + 1335,33 + 1732,99 + 30740 + 234,38 = 98282,7 \text{ р.}$$

Таблица 17 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	64240
Затраты на изготовление оригинальных деталей	1335,33
Затраты на сборку	1732,99
Общепроизводственные накладные расходы	30740
Стоимость покупных изделий (деталей)	234,38
Итого:	98282,7

Общие затраты на изготовление конструкции стенда для испытания главной передачи автомобиля ГАЗель NEXT равны 98282,7 р.

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

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (38)$$

где $C_{ПР}$ – стоимость прототипа, р.» [11].

$$\mathcal{E}_Г = 150000 - 98282,7 = 51717,3 \text{ р.}$$

«Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{OK} = \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (39)$$

$$O_{OK} = \frac{98282,7}{51717,3} = 1,9 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН} \quad (40)$$

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 51717,3 - 0,15 \cdot 98282,7 = 36974,89 \text{ р.}$$

В таблице 18 представлены основные показатели проекта.

Таблица 18 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	150000	98282,7
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	51717,3
Экономический эффект	р.	–	36974,89
Срок окупаемости	год	–	1,9» [11].

Выводы по разделу.

В разделе определена эффективность разработки стенда для испытания главной передачи малотоннажных автомобилей с экономической стороны. Стоимость разработки стенда для испытания главной передачи составляет 98282,7 р., срок окупаемости равен 1,9 года.

Заключение

В рамках дипломного проекта была выполнена разработка стенда для испытания главной передачи малотоннажных автомобилей, направленная на повышение точности и эффективности контроля ее работоспособности. В ходе работы проведен анализ существующих аналогов, обоснованы конструктивные и технологические решения, а также выполнены необходимые расчеты, подтверждающие надежность и функциональность предложенной конструкции.

Разработанный стенд позволяет моделировать реальные условия эксплуатации главной передачи, включая различные режимы нагрузки и скоростные характеристики, что обеспечивает достоверность результатов испытаний. Применение современных датчиков и систем автоматизации способствует снижению влияния человеческого фактора и повышению точности измерений.

Экономическая оценка проекта показала его целесообразность, так как внедрение стенда позволит сократить затраты на диагностику и повысить качество контроля выпускаемой продукции. Кроме того, использование данного оборудования может быть расширено для испытаний других узлов трансмиссии, что увеличивает его практическую ценность.

Проведенные прочностные и динамические расчеты подтвердили соответствие конструкции предъявляемым требованиям по надежности и долговечности. В перспективе возможна дальнейшая модернизация стенда с интеграцией более совершенных систем сбора и обработки данных.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Беляев В. П. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для самостоятельной работы студентов : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобиле- и тракторостроение" / В. П. Беляев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2010. - 74, [1] с

2. Вахламов В. А. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)" направления подготовки "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования" / В. К. Вахламов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2009. - 556, [1] с.

3. Войнаш А. С. Конструкция, теория и расчет малогабаритных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. С. Войнаш, С. А. Войнаш, Т. А. Жарикова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова", Рубцовский индустриальный институт. - Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. - 132 с.

4. Гаврилов М. С. Программы расчета элементов деталей машин (в помощь конструктору) [Текст] / М. С. Гаврилов. - Москва : Спутник+, 2015. - 118 с.

5. Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине "Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования" : [практикум] / М. Д. Герасимов ; Министерство

образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 115 с.

6. Горина Л. Н., Фесина М. И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. - 22 с.

7. Губарев А. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. В. Губарев, А. Г. Уланов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Колесные, гусеничные машины и автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2015. - 564, [1] с.

8. Демура Н. А. Организация и планирование производства [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2019. - 122 с.

9. Дубинин Н. Н. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 190109 - Наземные транспортно-технологические средства специализации "Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях / Н. Н. Дубинин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. - 258 с.

10. Зак Г. Г. Справочник конструктора (машиностроителя) [Текст] / Г. Г. Зак, Л. И. Рубинштейн. - Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1963. - 567 с.

11. Зузов В. Н. Механика наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / В. Н. Зузов ; Московский гос. технический

ун-т им. Н. Э. Баумана. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 185, [1] с

12. Ионес С. В. Советские полноприводные [Текст] : [12+] / С. В. Ионес, Н. С. Марков, Н. А. Рубежной [и др.]. - Тула : Борус-Принт, 2017-. - 31 см. Т. 1: Легковые. Т. 1. - 2017. - 417 с.

13. Кондратьева-Бейер М. В. Automobil und traktor [Текст] = Автомобиль и трактор : Немецкая хрестоматия / М. В. Кондратьева-Бейер, Ю. В. Бейер. - Москва ; Ленинград : Гос. техн.-теоретич. изд-во, 1933 (М. : 17 тип. треста "Полиграфкнига"). - Обл., 179 с.

14. Кротов С. В. Расчеты на прочность и жесткость элементов конструкций и сооружений с применением ANSYS : учебное пособие / С. В. Кротов ; Росжелдор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" (ФГБОУ ВО РГУПС). - Ростов-на-Дону : РГУПС, 2022. - 95 с.

15. Лебедев В. А. Технология машиностроения: проектирование технологии сборки изделий : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / В. А. Лебедев ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Дон. гос. техн. ун-т, Азов. технол. ин-т. - Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2005. - 161 с.

16. Митрохин Н. Н. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учебник : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", 15.03.01 "Машиностроение" (квалификация (степень) "бакалавр") / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 262, [1] с.

17. Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

18. Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники : учебное пособие / Н. Е. Перегудов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2021. - 112 с.

19. Погребной С. Н. "ГАЗель" 3302/2705 [Текст] : грузопассажирский автомобиль сегмента LCV : выпуск с 1994 г., рестайлинг в 2003 г. : бензиновые двигатели: 2.5 л (ЗМЗ-4026/4025), 2.3 л (ЗМЗ-4061/4063), 2.5 л (ЗМЗ-40522, ЕВРО-2), 2.5 л (ЗМЗ-40524, ЕВРО-3) : руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту : в фотографиях / С. Н. Погребной, А. А. Владимиров. - Москва : Третий Рим, 2011. - 352 с

20. Поливаев О. И. Тракторы и автомобили. Конструкция [Текст] : учебное пособие для вузов / О. И. Поливаев [и др.] ; под общ. ред. О. И. Поливаева. - Москва : КноРус, 2016. - 251 с.

21. Савкин А. Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190109 "Наземные транспортно-технологические средства" / А. Н. Савкин, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. технический ун-т. - Волгоград : ВолгГТУ, 2014. - 211 с.

22. Школьников А. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие / А. И. Школьников ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-

Уральский гос. ун-т, Каф. радиотехнических систем. - Челябинск : ЮУрГУ, 2009.
- 63, [3] с.

23. Шубин А. А. Разработка технологического процесса изготовления детали [Текст] : учебное пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине "Технология производства наземных транспортно-технологических средств" / А. А. Шубин ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), Калужский филиал. - Калуга : Манускрипт, сор. 2018. - 65 с.

24. Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed.
- Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.

25. Heisler H. Advanced vehicle technology / Heinz Heisler. - 2. ed. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - IX, 654, [1] p.

26. Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics / Hans B. Pacejka. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - XIII, 627, [1] p.

27. Regan F. J. Re-entry vehicle dynamics / Frank J. Regan. - New York : Amer. inst. of aeronautics a. astronautics, 1984. - X, 414 p.

28. Zanten A., Erhardt R., Pfaff G. An Introduction to Modern Vehicle Design /Edited by Julian Happian-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012. - 600 p.