

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 внедорожного прицепа
с жилым модулем

Обучающийся

А.А. Никитин
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Л.А. Угарова

(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 на тему: «Проектирование конструкции внедорожного прицепа с жилым модулем».

Актуальность темы дипломного проекта обусловлена стремительным развитием автотуризма и возрастающим спросом на мобильные решения для комфортного проживания в условиях бездорожья.

Современные путешественники и участники экспедиций нуждаются в надежных транспортных средствах, способных обеспечить безопасность и необходимый уровень комфорта при передвижении по сложным маршрутам. В этом контексте особую значимость приобретает разработка специализированных внедорожных прицепов с жилыми модулями, сочетающих высокую проходимость с функциональностью временного жилья.

Несмотря на наличие на рынке различных моделей туристических прицепов, большинство из них не в полной мере отвечают требованиям эксплуатации в экстремальных условиях. Существующие конструкции часто не обладают необходимой прочностью, недостаточно адаптированы к сложным дорожным условиям или не обеспечивают должного уровня комфорта для длительного проживания.

Цель работы: разработка функциональной и надежной конструкции внедорожного прицепа, оснащенного жилым модулем, для обеспечения комфортного проживания в условиях бездорожья и автономных путешествий.

Задачи работы:

- анализ существующих аналогов и требований к внедорожным прицепам с жилыми модулями;
- определение оптимальных технических и конструктивных решений для повышения проходимости и устойчивости прицепа;

- разработка компоновки жилого модуля с учетом эргономики и функциональности.

Методы исследования:

- использование CAD-систем для 3D-моделирования и проектирования;
- анализ нормативной документации и стандартов в области транспортных средств и жилых модулей.

Основные результаты:

- разработана конструкция внедорожного прицепа с жилым модулем, обеспечивающая высокую проходимость и комфорт;
- определены оптимальные материалы и компоненты для повышения надежности и долговечности прицепа.

Практическая ценность проекта: проект может быть использован для производства серийных моделей внедорожных прицепов с жилыми модулями, предназначенных для туристов, путешественников и специалистов, работающих в удаленных регионах. Разработка способствует расширению возможностей автономного проживания и повышению мобильности в условиях бездорожья.

Структура работы включает введение, шесть разделов основного содержания, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложение.

В первом разделе проведен анализ существующих конструкций внедорожных прицепов с жилыми модулями, рассмотрены их преимущества и недостатки, а также сформулированы основные требования к проектируемому прицепу.

В первом разделе проведен анализ существующих конструкций внедорожных прицепов с жилыми модулями, рассмотрены их преимущества и недостатки, а также сформулированы основные требования к проектируемому прицепу.

Во втором разделе проведен анализ тягово-динамических характеристик среднеразмерного полноприводного автомобиля, выступающего в качестве тягача для проектируемого внедорожного жилого прицепа.

В третьем разделе сформированы технические задание и предложение на проектирование конструкции внедорожного прицепа с жилым модулем.

Четвертый раздел посвящен разработке технологического процесса сборки, представлен выбор оптимального метода, детальная схема выполнения операций.

В пятом разделе проведен комплексный анализ безопасности и экологичности проекта, оценены потенциальные риски для персонала и окружающей среды, разработаны инженерные и организационные меры по их минимизации, предложены решения, обеспечивающие соответствие проекта действующим нормам охраны труда и экологическим стандартам.

В шестом разделе проведена оценка финансовой целесообразности проекта, проведён расчёт ключевых показателей, подтверждающих его рентабельность и окупаемость.

Пояснительная записка на 107 страницах, объем графической части составляет 10 листов формата А1.

Abstract

The title of the senior thesis is: «The design development of an off-road travel trailer».

The aim of the senior thesis is to develop the design of the off-road travel trailer.

The graduation project consists of six parts, introduction and conclusion, list of references, appendices, 106 pages with attachments in total.

The graphic part is on 10 A1 sheets, which performed in the automated system for the development and execution of design and project documentation «KOMPAS-Graph». The graduation project fully complies with the approved assignment.

In the first part we review the types of off-road trailers and the requirements for transportation devices – trailers.

The second part presents the calculation of traction-dynamic properties of the all-wheel-drive middle-class car for transporting the off-road travel trailer.

The third part contains the terms of reference and technical proposal for the design development of the off-road travel trailer.

The fourth part substantiates the selection of the technological process, describes the definition of the assembly complexity. The technological process for assembling the off-road travel trailer is developed.

In the fifth part we consider the safety and ecological properties of the project.

In the sixth part of the senior thesis we establish the economic efficiency of the off-road travel trailer.

Содержание

Введение.....	7
1 Состояние вопроса	10
1.1 Типы внедорожных прицепов с жилым модулем.....	12
1.2 Требования к прицепах	20
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	23
3 Конструкторская часть	37
3.1 Техническое задание на разработку внедорожного жилого прицепа ...	37
3.2 Техническое предложение на разработку внедорожного жилого прицепа.....	40
4 Технологический раздел.....	51
4.1 Выбор рациональной организации технологии сборки	52
4.2 Проектирование технологического процесса сборки внедорожного жилого прицепа	60
5 Безопасность и экологичность проекта	68
5.1 Структурно-функциональный анализ	70
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	73
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	75
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	82
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки внедорожного жилого прицепа.....	86
6 Экономическая эффективность проекта.....	90
Заключение	99
Список используемой литературы и используемых источников.....	101
Приложение А. Спецификация.....	107

Введение

В современном мире, где ценится мобильность и независимость, дома на колесах становятся все популярнее. Это не просто транспортное средство, а полноценное жилье, которое позволяет путешествовать без привязки к отелям и расписанию.

Дом на колесах (автодом, караван, RV – recreational vehicle) – это транспортное средство, совмещающее в себе функции автомобиля и жилого помещения. Он оснащен спальными местами, кухней, санузлом, а иногда даже душевой кабиной и системой отопления.

В отличие от стандартных автодомов, внедорожные жилые модули созданы для экстремальных условий: бездорожья, песков, горных троп и длительных экспедиций. Их можно разделить на три группы в зависимости от конструкции, мобильности и уровня автономности.

Полноценные внедорожные автодома (Expedition RVs) базируются на усиленных шасси (Unimog, MAN, Tatra или военных грузовиков). Их отличает полная автономность – запас воды, топлива, солнечные панели, мощные аккумуляторы, защита от экстремальных температур, пыли, влаги.

Примеры:

- Unicat (Германия) – роскошные экспедиционные автодома за 100000000 рублей;
- Action Mobil – модели на шасси Mercedes Zetros.

Преимущества:

- высокая проходимость (болота, пески, снег),
- возможность круглогодичного проживания,
- вместимость (до 6 человек).

Недостатки:

- очень высокая стоимость (от 50000000),
- большие габариты (сложность передвижения в лесистой местности).

Внедорожные прицепы с жилым модулем (Off-Road Caravans) буксируются мощным внедорожником (Land Cruiser, Defender, Jeep и так далее). Отличаются усиленной подвеской (рессоры, пневматика, независимые оси) и компактностью, а также защитой от непогоды.

Примеры:

- Bruder EХР-6 (Австралия) – водонепроницаемый, с подъемной крышей;
- Conqueror UEV-490 – модульная система для экспедиций.

Преимущества:

- можно отцепить и оставить лагерь,
- дешевле, чем автодом,
- лучшая проходимость на сложных маршрутах.

Недостатки:

- требуется мощный тягач,
- меньше пространства, чем у автодома.

Гибридные кемперы-внедорожники (Overland Campers) представляют собой упрощенный вариант – пикапы с жилыми модулями или разборными палатками, сочетающих в себе баланс между проходимостью и комфортом.

Примеры:

- EarthCruiser (на базе Isuzu) – компактный, но с душем и кухней;
- Four Wheel Campers – легкие модули для Jeep Gladiator.

Преимущества:

- доступная цена,
- хорошая маневренность,
- быстрая подготовка к поездке.

Минусы:

- ограниченный запас воды/электричества,
- меньший комфорт в холодном климате.

Сведем характеристики внедорожных жилых модулей в таблицу 1 и выполним их сравнение.

Таблица 1 – Сравнение характеристик внедорожных жилых модулей

Критерий	Оценка		
	Экспедиционный автодом	Внедорожный прицеп	Гибридный кемпер
Проходимость	5	4	3
Комфорт	5	4	3
Цена	Очень высокая	Средняя	Доступная
Автономность	30+ дней	7-14 дней	3-7 дней

Таким образом, для кругосветных экспедиций подходит Unicat или аналоги; для походов выходного дня – гибридный кемпер; для баланса цены и возможностей – внедорожный прицеп.

Интересным для дальнейшей разработки представляется вариант внедорожного прицепа.

Автомобиль остается практически без изменений – не нужно вкладываться в масштабный тюнинг, и при продаже он не потеряет в цене.

Легко перейти на другую машину – не придется снова переделывать салон под экспедиционные нужды.

Универсальность – машина остается комфортной и в городе, и в условиях бездорожья.

Экспедиционный багаж обычно громоздкий, и его хранение – отдельная головная боль. Таскать с собой полный комплект снаряжения неудобно, а собираться в поездку каждый раз заново – долго и нервно: забытая мелочь может стать большой проблемой в пути.

При грамотной организации все необходимое всегда под рукой, а отсутствие важной вещи сразу бросается в глаза.

«Дополнительными плюсами являются:

- комфорт в салоне – больше места для пассажиров, а животных можно перевозить в багажнике;
- мобильность лагеря – машина остается на ходу, даже когда прицеп развернут под стоянку;
- уровень комфорта сопоставим с жилыми модулями для пикапов или кемперами, но прицеп дешевле и практичнее» [25].

1 Состояние вопроса

«Прицепом считается транспортное устройство, которое не имеет собственного двигателя и может двигаться только в составе с механическим тягачом. Существует различная классификация прицепов для легковых автомобилей в зависимости от принадлежности использования:

- универсальные: используются для различных грузов;
- специальные: для перевозки животных, самосвалы, коммерческие павильоны цистерны, для перевозки водных механизмов и оборудования, для перевозки техники;
- прицеп-дача или дом на колёсах;
- специализированные прицепы, полуприцепы и роспуски.

Также, появляются на рынке разные дополнительные виды прицепов, позволяющие перевозить малую строительную и специальную технику, стройматериалы крупногабаритного вида и прочее, в допустимых габаритах перевозки» [3]

«Применение автоприцепов постоянно расширяется во многих отраслях производства: сельского хозяйства, животноводства, промышленного, дорожного хозяйства, в торговле и других сферах. Классификация автоприцепов к легковым автомобилям распределяется по грузоподъёмности» [7]

«Конструкция прицепов состоит из следующих элементов:

- из рамной высокопрочной обвязки: из алюминиевого сплава или оцинкованной стали;
- дышло, часть продолжения рамы с элементом сцепного устройства;
- кузова или погрузочной площадки;
- колёсного узла, подвески» [19].

«Автоприцеп может быть выполнен в одноосном или двухосном исполнении, с пружиной, рессорной или резино-жгутовой независимой подвеской или торсионного независимого типа. Прицеп к авто может

оснащаться тормозной системой гидравлического типа, а также стояночным или аварийным тормозом» [21]

«К числу достоинств внедорожных прицепов относится следующее:

- увеличенное пространство для вещей. Чем больше людей едет в путешествие, тем меньше места в машине остается на багаж и снаряжение. Прицеп быстро устраняет дефицит пространства. Машина может быть абсолютно пустой, а все вещи переносятся в прицепное ТС;
- комфорт и отдых. С такими прицепами повышенной проходимости, являющимися целыми домами на колесах, не страшен дождь, снег или ветер. Жилые отсеки продуманы до мелочей, чтобы погода не портила ваш отдых;
- защита от износа машины. Дополнительный багаж и полный салон людей негативно сказывается на подвеске машины. Переместив все в прицеп, автомобиль не пострадает;
- меньше времени на сборы. Загрузил все в прицеп и поехал. На месте откинул крышку, сделал палатку, поставил навес, организовал полевую кухню. Куда больше времени уходит на то, чтобы разбить обычную палатку, организовать спальники, разложить стол, стулья и прочее;
- идеальный лагерь. Если вы любите просто отдыхать дикарями на берегу озера, моря, ездить на рыбалку с ночевкой, прицеп с повышенными внедорожными возможностями станет лучшим решением, чтобы организовать временный лагерь со всеми удобствами;
- меньше спешки. Кемпер требует более медленного движения. Кто-то скажет, что это недостаток. Но я не соглашусь. В этом вся прелесть путешествия на машине, чтобы изучать природу, наслаждаться видами, никуда не спешить и просто отдыхать.

Недостатки:

- увеличенные габариты машины, из-за которых в городе сложно парковаться;
- повышается расход топлива;
- это дополнительная нагрузка на сам автомобиль;
- подобные решения дорогие в сравнении с обычными автоприцепами;
- их содержание требует дополнительных затрат;
- внедорожные ТС провоцируют покупку разного дополнительного оборудования;
- ограничивает скорость движения по трассе» [15].

1.1 Типы внедорожных прицепов с жилым модулем

«Туристический прицеп (рисунок 1) – палатка на основе внедорожного прицепа – это основа для лагеря быстрого разворачивания, включающего жилой модуль и дополнительное оборудование (в зависимости от использования)» [4].



Рисунок 1 – Прицеп-палатка Z-lander Z1

«Он представляет собой невысокое багажное отделение с плоской крышкой, которая служит основой для палатки. Внутри прицепа размещается багажное отделение и при необходимости мобильная кухня: емкость для воды, мойка, столешница, газовая плита. Поскольку такое жилище размещается на внедорожном прицепе и является самостоятельным сооружением, его можно использовать в качестве базового лагеря на соревнованиях (внедорожные соревнования, кайтинг, мотокросс, виндсерфинг, дайвинг), во время путешествий, которые предусматривают продолжительные стоянки (караванинг, поездки на море), охоты, рыбалки, фотосессий на природе. Автомобиль-тягач остается свободным для дневных поездок по окрестностям или для прохождения спортивной трассы. При этом внутри прицепа остается достаточно места для багажа, то есть вам не придется переделывать салон и багажник своего внедорожника, а также загромождать его необходимой в путешествии поклажей» [4].

«Дополнив комплектацию такого прицепа складной туристической (кемпинговой) мебелью, генератором, холодильником, запасом воды и газа, можно получить комфортное полноценное жилье, сравнимое по уровню комфорта с кемперами и благоустроенными палаточными лагерями, и практически не зависеть от капризов природы.

В основе прицепа заложена мощная рама с центральным хребтом. Рессоры крепятся через свои подрамники, что позволяет менять подвеску на независимую и менять центр тяжести прицепа» [11].

«Прицеп – палатка позволяет взять с собой необходимый для ремонта техники (мотоцикла, квадроцикла, внедорожника) инструмент и получить комфортную ремонтную зону с крышей, нормальным светом, электричеством и сжатым воздухом, чего порой сильно не хватает на соревнованиях» [22].

«На дышле внедорожного прицепа может быть закреплен ящик с отсеком для инструмента, в котором предполагается перевозка газового баллона, дополнительного аккумулятора – источника питания для освещения

жилого модуля. Также в этом ящике можно перевозить необходимые мелочи, для которых важен быстрый доступ. Крепление кроссового мотоцикла на специальном ложементе. Крепление канистр по 20 л с фиксацией на замок.

Кроме этого, с учетом планируемого использования, мы можем укомплектовать прицеп-палатку и другим оборудованием.

Прицеп может использоваться как с тяжелым подготовленным внедорожником, так и со средним кроссовером (SUV). Использование внедорожного прицепа-палатки позволит значительно сократить время разворачивания лагеря» [10].

«Внедорожный прицеп-комби «Z-Lander» (рисунок 2) служит удобным средством перевозки багажа и, одновременно, основой для базового лагеря. Лагерь состоит из палатки, перевозимой на крыше прицепа в сложенном состоянии и там же раскладывающейся, навеса-тента, приставной столешницы и кухонного модуля, расположенного в одном из штатных ящиков. В «походном» состоянии это достаточно компактный прицеп, а в разложенном – просторная палатка и полноценной кухней, а между поездками – удобное автономное хранилище походного снаряжения» [1].

Общий вид прицепа-комби представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Прицеп-комби Z-lander Z2

«Прицеп актуален для тех, у кого в дороге всегда много крупногабаритных вещей: резиновая лодка, лодочный мотор, автомобильный холодильник, просторная кемпинговая палатка и кемпинговая мебель... Да мало ли что можно взять с собой в поездку. Использование внедорожного прицепа-комби имеет ряд преимуществ перед другими способами обеспечения комфорта на природе.

Тюнинг внедорожника в направлении обустройства в салоне спального места и дополнительных благ цивилизации ограничивается небольшим объемом салона и комфорт получается весьма условным. К тому же, глобальные переделки салона и багажного отделения вызовут сложности при продаже автомобиля;

Палатка на крыше внедорожника – уже более интересный вариант, но по городу ездить с ней неудобно, значит надо снимать – грузить. Плюс необходим верхний багажник. Ну, и конечно, место для хранения и минимум два человека при установке – снятии. Еще пара недостатков – поднимается центр тяжести, что не очень хорошо как на дороге, так и на бездорожье, а также заметно меняется аэродинамика. Ну, и багажник автомобиля все равно получается забитым полезным в путешествии багажом» [4].

«Палатка в кузове пикапа требует при своей установке переместить багаж, обычно занимающий этот самый кузов куда-то. Увлекательная задача в теории, а вот на практике радости она доставляет не много.

Прицеп-комби же, во-первых, всегда готов к поездке. Достаточно только загрузить продукты, залить воду и заправить газ. Все необходимое для путешествия или поездки уже сложено. Во-вторых, прицеп не меняет центр тяжести автомобиля, а его проходимость на бездорожье сравнима с проходимостью подготовленного внедорожным тюнингом полноприводного автомобиля, то есть очень велика.

В-третьих, объем багажного отделения у прицепа-комби больше, чем объем багажника у большинства автомобилей, да к тому же его не страшно испачкать или поцарапать изнутри. Внутреннее пространство прицепа можно

организовать таким образом, чтобы все лежало на своих местах и до всего можно было легко добраться. Если устраивать подобный органайзер у себя в машине, то использовать его потом для бытовых перевозок (мебель на дачу отвезти или крупногабаритную бытовую технику) вряд ли получится. А если еще учесть внешние ящики и крепления, то никакой автомобиль по грузопместимости с внедорожным прицепом-комби не сравнится.

А еще, в случае поездок в облегченном варианте (без крупногабаритных вещей), палатку и тент можно легко демонтировать с прицепа и установить на автомобиль» [4].

«Прицеп-комби состоит из четырех основных модулей.

Основной грузовой отсек предназначен для перевозки крупногабаритного и тяжелого багажа, доступ к нему осуществляется сверху (поднятием крышки прицепа) и сзади (с помощью распашной двери, открываемой вбок).

Второй модуль, кухонный, расположен над правым колесом и скрывает в себе газовую плиту, разделочный стол и кухонное оборудование.

Третий модуль, расположенный над левым колесом, предназначен для размещения и перевозки небольших по объему предметов. В одном из отделений можно разместить дополнительное электрооборудование.

Четвертый модуль расположен на дышле и представляет собой два изолированных отсека, предназначенных под дополнительный аккумулятор, газовые баллоны, инструмент и технологические жидкости» [4].

«Прицеп-капля Via-Lander – компактный прицеп для активного отдыха. Процесс его создания начался с объединения опыта эксплуатации нашего экспериментального teardrop-a и модернизации QEK Junior 80-х годов. Получился прицеп размером тиардропа, но с возможностью размещения внутри салона кухни, туалета, душа и трансформируемой обеденной зоны в спальную. Прицеп комфортно разместит двух взрослых человек. При необходимости и еще одного ребенка» [4].

Общий вид прицепа представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Прицеп-капля Via-Lander

Такие возможности достигаются благодаря расположению пола ниже рамы между кухней и спальным местом.

«Внедорожный прицеп-фургон Cross Lander – это способ обеспечить комфорт обычного дома в путешествии или просто поездке на природу. Этот прицеп представляет собой аналог кемпера – дома на колесах: компактный, но просторный жилой модуль, оснащенный всем необходимым (жесткие стены и крыша, спальное место, кухня с газовой плитой и мойкой, шкафы и ящики для багажа, снаряжения и продуктов).

Благодаря большому клиренсу и огромному углу въезда данный прицеп можно спокойно использовать на сильно изрезанном рельефе. Большое значение клиренса обеспечивается просторными колесными арками, позволяющими использовать колеса большого размера. Чтобы добиться одинаковой ширины колеи у тягача и прицепа, разработаны колесные проставки-переходники. Благодаря им на прицеп можно ставить колеса той же размерности и типа, что и у тягача. Для достижения максимального угла въезда задняя нижняя часть прицепа выполнена скошенной» [5].

Общий вид прицепа представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Прицеп-фургон Cross Lander

«Сцепка прицепа-фургона рассчитана на использование на бездорожье и, вероятность возникновения поперечных кренов.

Вариантов сцепки два: либо сцепная головка Knott, которая имеет осевое вращение, либо сцепное кольцо типа, которое, требует установки на тягач соответствующего фаркопа. Рама покрыта методом горячего цинкования» [30].

«Прицеп Tough Lander T1 – сделан по принципу, как прицеп лафет (платформа). Что обеспечивает его многофункциональность. Все, что закреплено на прицепе платформе-временно - является грузом.

На прицепе может перевозиться разного рода техника, такие как: квадроцикл, вездеход Арго, катер до 5,3м, сайд-бай-сайд или съемный жилой модуль. Пневматическая независимая подвеска в совокупности с инерционной тормозной системой и крепкой рамой обеспечивает должную выносливость прицепа на плохих дорогах, курсовую устойчивость и соответственно управляемость всего состава» [32].

Общий вид прицепа представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Прицеп Tough Lander T1

«Прицеп-капля Teardrop Classic активно стали строиться в Америке в 1930 годах, когда было тяжелое время и многие люди лишились работы, дома и другого имущества. Тогда, люди стали активно строить в гаражах компактные прицепы» [33].

Общий вид прицепа представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Прицеп-капля Teardrop Classic

«Задача таких прицепов обеспечить минимальные условия для жизни. Простое спальное место. Набор шкафчиков и полочек для самых необходимых вещей.

В задней части под крышкой располагалась кухня и все, что связано с приготовлением еды (посуда, крупы, столовые приборы, плита, раковина). Встречались конструкции тиадрофов в которых пространство на дышле использовалось для перевозки грузов (мототехники, лодочных моторов и так далее).

Крыша была задействована для крупногабаритного легкого груза как каяк, палатка, велосипеды или автопалатка. Боковые части кузова прицепа капли также на себе массу полезных элементов такие как: канистры с топливом, съемные столешницы, проточные бойлеры для нагрева воды, запаски и так далее» [33].

Прицеп капля также полюбился любителям внедорожных путешествий.

Несмотря на различные модификации, основная концепция оставалась неизменной: пространство салона организовано так, чтобы разместить просторное спальное место, а зона кухни традиционно располагается в хвостовой части автодома.

1.2 Требования к прицепах

Желающим самостоятельно сконструировать прицеп для транспортировки грузов настоятельно рекомендуется ознакомиться с действующими техническими нормами и правилами, регулирующими эксплуатацию автомобильных прицепов.

«Соответствие требованиям государственных стандартов обеспечит безопасность движения, повысит срок службы самодельного устройства и избавит владельца от возможных штрафов и сложностей при регистрации транспортного средства.

Данные требования регламентируются государственным стандартом ГОСТ 37.001.220-1980, официально озаглавленным «Прицепы к легковым автомобилям, где указаны обязательные нормы и правила, которыми следует руководствоваться при самостоятельном конструировании и последующей эксплуатации автомобильного прицепа» [12].

«Выборка из этих требований включает следующие положения:

- вес прицепа не должен быть больше 1,8 тонны и половины веса главного автомобиля;
- статическая нагрузка на шаровой шарнир в его центральной части должна быть в пределах 25-100 кгс (килограмм-сил);
- полная длина повозки не должна быть более 8 метров, ширина – не превышать 2 м 30 см, а высота делается в пределах трех метров;
- прицеп не должен иметь дорожный просвет менее этой характеристики удвигающего его автомобиля;
- для автоприцепа применяется одна ось, но допускается использование двух параллельных, на расстоянии не далее метра одна от другой;
- тяговое устройство и сцепка дублируются двумя глухо закрепленными кусками цепи или троса для страховки сцепления при поломке шарнира;
- чтобы зафиксировать остановку полуприцепа, в комплекте должны быть противооткатные башмаки в количестве двух штук, их также можно сделать своими руками, а можно купить готовые, заводского изготовления;
- если детали кузова располагаются ниже перевозимого груза, а он представляет опасность загрязнения проходящего транспорта, то ставят брызговики или крылья;
- сцепка и тяговое приспособление обязательно должны быть изготовлены в заводских условиях, и подтверждается это специальным сертификатом;

- должны быть крепления для таблички с номером;
- чтобы иметь возможность использовать бортовую сеть машины, предусматривается электрический кабель с присоединенной вилкой и присутствует схема электрического оборудования в том виде, как ее определяет ГОСТ 9209-1976» [13].

Выводы по разделу.

Рассмотрены основные типы прицепов, включая одноосные и двухосные модели, а также специализированные устройства повышенной проходимости. Проведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков каждого типа, выявлены особенности их эксплуатации в сложных дорожных условиях.

Кроме того, проанализированы нормативные акты и стандарты, регулирующие производство и использование транспортных устройств - прицепов.

Рассматриваются критерии выбора оптимального решения для конкретных условий эксплуатации, исходя из грузоподъемности, прочности конструкции, надежности тормозной системы и устойчивости к внешним воздействиям.

Таким образом, раздел позволяет получить полное представление о современных тенденциях развития рынка внедорожных прицепов и помогает сделать осознанный выбор транспортного средства, соответствующего требованиям безопасности и эффективности перевозок.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Конструкторская часть посвящена комплексному расчету автомобиля среднего класса с полноприводной схемой 4×4, в которой выполняются тягово-скоростные расчеты, изучаются динамика разгона и максимальная скорость автомобиля, а также проводится топливно-экономический анализ, позволяющий оценить потребление топлива и оптимизировать эксплуатационные характеристики транспортного средства.

«Необходимая мощность для движения определяется по формуле:

$$N_{\max} = \frac{1}{\eta_{mp}} \cdot [G_a \cdot f_0 \cdot (1 + A \cdot V_{\max}^2) + \frac{c_x \cdot \rho \cdot F \cdot V_{\max}^2}{2 \cdot 3,6^2}] \cdot \frac{V_{\max}}{3,6 \cdot 1000}, \quad (1)$$

где G_a – вес автомобиля, принимаем равным 25300 Н;

η_{mp} – КПД трансмиссии, принимается равным 0,92;

c_x – коэффициент аэродинамического сопротивления, принимаем равным 0,62;

ρ – плотность воздуха, принимаем равным 1,25 кг/м³» [28].

$$F = B_{\max} \cdot H, \quad (2)$$

$$F = 1,828 \cdot 1,935 = 3,537 \text{ м}^2.$$

$$N_{\max} = \frac{1}{0,92} \cdot [25300 \cdot 0,014 \cdot (1 + 4 \cdot 10^{-5} \cdot 130^2) + \frac{0,62 \cdot 1,25 \cdot 3,537 \cdot 130^2}{2 \cdot 3,6^2}] \times \\ \times \frac{130}{3,6 \cdot 1000} = 93,45 \text{ кВт}.$$

Выбираем двигатель ЗМЗ-4062.10 мощностью 111,3 кВт

«Выбор передаточного числа главной передачи.

$$i_0 = \frac{0,377 \cdot r_k \cdot n_N}{V_{\max} \cdot i_{pk}}. \quad (3)$$

Размер шин: 225/75R16.

$$r_{\text{ст}} = \frac{d}{2} + B \cdot (1 - \lambda) \cdot \left(\frac{H}{B}\right) / 100, \quad (4)$$

где λ – коэффициент радиальной деформации шины, для легковых автомобилей принимаем равным 0,15» [28].

$$r_k = r_{\text{ст}} = \frac{0,406}{2} + 0,225 \cdot (1 - 0,15) \cdot 0,75 = 0,347 \text{ м.}$$

$$i_0 = \frac{0,377 \cdot 0,35 \cdot 5400}{130 \cdot 1} = 5,481.$$

Проверка по динамическому фактору на прямой передаче:

$$V_M = \frac{0,377 \cdot r_k \cdot n_M}{i_0 \cdot i_{pk}}, \quad (5)$$

$$V_M = \frac{0,377 \cdot 0,35 \cdot 5000}{5,481 \cdot 1} = 120,37 \text{ км/ч,}$$

$$P_k^M = \frac{M_{\text{emax}} \cdot i_0 \cdot i_{pk} \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \quad (6)$$

$$P_k^M = \frac{203 \cdot 5,481 \cdot 1 \cdot 5000}{0,35} = 2925 \text{ Н,}$$

$$D_{\max}^{\text{высш}} = \frac{P_k^M - P_w^M}{G_a}, \quad (7)$$

$$D_{\max}^{\text{высш}} = \frac{1925 - 1532}{25300} \cdot 100\% = 5,51\%.$$

Выбор передаточного числа первой передачи.

«Первая передача выбирается из условия преодоления максимального подъёма:

$$\Psi_{\max} = f \cdot \cos \alpha_{\max} + \sin \alpha_{\max}, \quad (8)$$

$$\Psi_{\max} = 0,014 \cdot \cos 16^\circ + \sin 16^\circ = 0,3.$$

$$P_{\Psi \max} \leq P_{k1} \leq P_{\varphi \max},$$

$$\frac{G_a \cdot \Psi_{\max} \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot i_0 \cdot \eta_{mp}} \leq i_I \leq \frac{G_a \cdot k_{cy} \cdot m_{g2} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot i_0 \cdot \eta_{mp}}, \quad (9)$$

где k_{cy} – коэффициент приходящейся массы на ведущие колёса, для полноприводного автомобиля коэффициент равен 1;

m_{g2} – коэффициент динамического перераспределения реакций, принимаем равным 1;

φ – коэффициент сцепления колеса с дорогой, равняется 0,6» [28].

$$\frac{25300 \cdot 0,3 \cdot 0,35}{203 \cdot 5,481 \cdot 0,92} \leq i_I \leq \frac{25300 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,35}{203 \cdot 5,481 \cdot 0,92},$$

$$2,595 \leq i_I \leq 5,19.$$

Принимаем равным 3,78.

«Передаточные числа других передач определяем по формуле:

$$i_k = \sqrt[n-1]{i_I^{n-k}}, \quad (10)$$

где n – число передач.

$$i_{II} = \sqrt[3]{3,78^{4-2}} = 2,467, i_{II} = 2,6,$$

$$i_{III} = \sqrt[3]{3,78^{4-3}} = 1,558, i_{III} = 1,55,$$

$$i_{IV} = \sqrt[3]{3,78^{4-4}} = 1,0,$$

$$i_v = 0,82.$$

Передаточные числа раздаточной коробки:

- на высшей передаче – 1,
- на низшей передаче – 1,94» [28].

Внешняя скоростная характеристика двигателя.

«Внешняя скоростная характеристика двигателя представляет собой зависимость его мощности, крутящего момента и удельного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала при максимальном открытии дроссельной заслонки» [28].

В таблице 2 представлены параметры для построения внешней скоростной характеристики.

Таблица 2 – Параметры для построения внешней скоростной характеристики

Показатель	Значения									
n , мин ⁻¹	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5400
N_e , кВт	13	25	36,5	48,2	56	70	81	93	106	111,3
M , Н·м	126	160	175	184	180	190	196	198	203	197
g_e , г/кВт·ч	293	269	267	267	272	267	272	278	291	302

Тяговый баланс автомобиля.

«Тяговый баланс автомобиля – зависимость тяговой силы на ведущих колесах для различных передаточных чисел в трансмиссии, а также сил сопротивления качению и воздуха от скорости движения» [28].

«Исходные данные:

а) передаточные числа коробки передач и раздаточной коробки:

$$i_I = 3,78; i_{II} = 2,6; i_{III} = 1,55; i_{IV} = 1,0; i_v = 0,82; i_{рквыси} = 1,0; i_{ркнизш} = 1,94.$$

б) передаточное число главной передачи 5,481;

в) коэффициент аэродинамического сопротивления 0,62;

г) КПД трансмиссии 0,92;

д) габаритные размеры автомобиля:

- 1) высота, мм 1935;
- 2) ширина, мм 1828.
- е) полная масса автомобиля, кг 2530;
- ж) распределение нагрузки по осям:
- 1) передний мост, Н 10880;
- 2) задний мост, Н 14420.
- з) радиус колеса, м 0,35» [28].

Сила тяги автомобиля:

$$P_k = \frac{M_e \cdot i_0 \cdot i_{кп} \cdot i_{рк} \cdot \eta_{мп}}{r_k}, \quad (11)$$

$$P_k = \frac{M_e \cdot i_{кп} \cdot 5,48 \cdot 1 \cdot 0,92}{0,35} = 14,407 \cdot M_e \cdot i_{кп}.$$

Скорость автомобиля:

$$V_M = \frac{0,377 \cdot r_k \cdot \eta_e}{i_0 \cdot i_{кп} \cdot i_{рк}}, \quad (12)$$

Максимальная тяговая сила по сцеплению с опорной поверхностью представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Максимальная тяговая сила по сцеплению с опорной поверхностью

Показатель	Значения			
φ	0,2	0,4	0,6	0,8
P_{φ}, H	5060	10120	15180	20240

Расчет силы тяги на разных передачах представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет силы тяги на разных передачах

Показатель	Значения					
$n_e, \text{мин}^{-1}$	1000	2000	3000	4000	5000	5400
P_{kpp}	«13312	18488,9	19017,2	20707,6	21447,1	20813,2
P_{k1}	6861,8	9530,4	9802,7	10674	11055,2	10728,5
P_{k2}	4719,8	6555,3	6742,6	7341,9	7604,1	7379,4
P_{k3}	2813,4	3907,9	4019,6	4376,9	4533,2	4399,2
P_{k4}	1815,3	2521,3	2593,3	2823,8	2924,6	2838,2
P_{k5}	1488,5	2067,4	2126,5	2315,5	2398,2	2327,3» []

Определение сил сопротивления движению автомобиля.

Расчет сил сопротивления качению:

$$P_{f1} = G_a \cdot f_{01} \cdot (1 + A \cdot V_a^2), \quad (13)$$

$$P_{f2} = G_a \cdot f_{02} \cdot (1 + A \cdot V_a^2).$$

Расчет силы аэродинамического сопротивления:

$$P_w = \frac{C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V_a^2}{2 \cdot 3,6^2}, \quad (14)$$

$$P_w = \frac{0,62 \cdot 1,25 \cdot 3,537}{2 \cdot 3,6^2} = 0,1057 \cdot V_a^2.$$

Расчет силы аэродинамического сопротивления на разных скоростях движения представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет силы аэродинамического сопротивления на разных скоростях движения

Показатель	Значения					
$V_a, \text{км/ч}$	20	40	60	80	100	120
P_{f1}	359,8	376,8	405,2	444,8	495,8	558,2
P_{f2}	771,1	807,6	868,3	953,3	1062,6	1196,2
P_w	42,3	169,2	380,7	676,8	1057,5	1522,8

Динамической характеристикой автомобиля называют функциональную зависимость, показывающую изменение динамического фактора (отношения избыточной тяги к массе автомобиля) в зависимости от постоянной скорости движения транспортного средства.

ДХ автомобиля определяется по формуле:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G_a} \cdot 100\%. \quad (15)$$

Расчет динамической характеристики автомобиля на разных передачах представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет динамической характеристики автомобиля на разных передачах

Показатель	Значения					
$n_e, \text{мин}^{-1}$	«1000	2000	3000	4000	5000	5400
$V_{aIpk}, \text{км/ч}$	3,28	6,56	9,85	13,13	16,41	17,73
$D_{Ipk}, \%$	52,61	73,06	75,13	81,78	84,66	82,13
$V_{aIpkv}, \text{км/ч}$	6,37	12,74	19,11	25,47	31,84	34,39
$D_{Ipkv}, \%$	27,1	37,6	38,59	41,92	43,27	41,91
$V_{aIIpkv}, \text{км/ч}$	9,26	18,52	27,78	37,04	46,29	50
$D_{IIpkv}, \%$	18,62	25,77	26,33	28,45	29,16	28,12
$V_{aIIIpkv}, \text{км/ч}$	15,53	31,06	46,59	62,13	77,66	83,87
$D_{IIIpkv}, \%$	11,02	15,04	14,98	15,69	15,4	14,45
$V_{aIVpkv}, \text{км/ч}$	24,07	48,15	72,22	96,29	120,37	130
$D_{IVpkv}, \%$	6,93	8,99	8,07	7,28	5,5	4,15
$V_{aVpkv}, \text{км/ч}$	29,36	58,71	88,07	117,43	146,79	—
$D_{Vpkv}, \%$	5,52	6,73	5,16	3,38	0,47	→ [28]

$$f = f_0 \cdot (1 + A \cdot V^2), \quad (16)$$

Расчет коэффициента сопротивления качению на разных скоростях движения представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет коэффициента сопротивления качению на разных скоростях движения

Показатель	Значения					
V_a , км/ч	20	40	60	80	100	120
f_1	0,0142	0,0149	0,016	0,0176	0,0196	0,0221
f_2 ;	0,0304	0,0319	0,0343	0,0377	0,042	0,0473

«Характеристика ускорений автомобиля представляет собой зависимость ускорения от скорости движения автомобиля на каждой передаче.

Исходные данные:

- момент инерции колеса, кг·м² 1,382;
- момент инерции двигателя, кг·м² 0,34;
- число колес, шт. 4;
- коэффициент сопротивления качению 0,014»[13].

«Расчетные формулы:

$$j = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta_j}, \quad (17)$$

где δ_j – коэффициент, учитывающий влияние инерции вращающихся масс двигателя и колес» [28].

$$\delta_j = 1 + \sigma_1 \cdot i_{kn}^2 \cdot i_{pk}^2 + \sigma_2 \quad (18)$$

$$\sigma_1 = \frac{I_e \cdot i_0^2 \cdot \eta_{mp} \cdot g}{G \cdot r_k^2}, \quad (19)$$

$$\sigma_1 = \frac{0,34 \cdot 5,481^2 \cdot 0,92 \cdot 9,8}{25300 \cdot 0,35^2} = 0,02974,$$

$$\sigma_2 = \frac{n \cdot I_k \cdot g}{G \cdot r_k^2},$$

$$\sigma_2 = \frac{4 \cdot 1,382 \cdot 9,8}{25300 \cdot 0,35^2} = 0,0175.$$

Расчет коэффициента, учитывающего влияние инерции вращающихся масс двигателя и колес, представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет коэффициента, учитывающего влияние инерции вращающихся масс двигателя и колес

Показатель	Значения
δ_{jII}	2,617
δ_{jIB}	1,442
δ_{jIIB}	1,218
δ_{jIIIB}	1,089
δ_{jIVB}	1,047
δ_{jVB}	1,037

Расчет ускорений представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет ускорений

Показатель	Значения					
$n_e, \text{мин}^{-1}$	1000	2000	3000	4000	5000	5400
$j_{II}, \text{м/с}^2$	«1,917	2,683	2,761	3,01	3,118	3,023
$j_{IB}, \text{м/с}^2$	1,746	2,459	2,526	2,753	2,845	2,752
$j_{IIB}, \text{м/с}^2$	1,384	1,959	2,005	2,175	2,232	2,149
$j_{IIIB}, \text{м/с}^2$	0,866	1,228	1,222	1,286	1,26	1,174
$j_{IVB}, \text{м/с}^2$	0,518	0,711	0,624	0,551	0,384	0,258
$j_{VB}, \text{м/с}^2$	0,389	0,503	0,355	0,188	–	–» [28]

«Характеристика разгона автомобиля по времени показывает, как изменяется временной интервал ускорения в зависимости от достигнутой скорости при условии полной открытости дросселя. Метод расчета данной зависимости основан на графическом интегрировании площадей, образованных линиями, пропорциональными обратной величине текущих ускорений автомобиля» [19].

$$dt = \frac{1}{j} dV. \quad (20)$$

Время разгона автомобиля с буксующим сцеплением:

$$t_0 = \frac{V_{\min}}{3,6 \cdot j_{cp}}, \quad (21)$$

$$t_0 = \frac{6,37}{3,6 \cdot 0,87} = 2,03 \text{ с.}$$

Время необходимое для переключения передач, принимаем равным 1,5 с.

Расчет времени разгона представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет времени разгона

Показатель	Значения										
V_a , км/ч	6,37	11,37	16,37	21,37	26,37	31,37	34,39	39,39	44,39	50	60
t , с	2,03	2,65	3,21	3,76	4,28	4,77	5,06	7,2	7,82	8,53	12,24
V_a , км/ч	70	80	83,87	93,87	103,87	113,87	130	–	–	–	–
t , с	14,39	16,57	17,46	23,77	28,93	34,71	47,42	–	–	–	–

Расчетным методом определено, что время разгона транспортного средства до скорости 60 км/ч составляет 12,24 с, а время преодоления первых 1000 метров пути – 44,28 с.

Кривая разгона автомобиля отражает зависимость пройденного расстояния от скорости движения при полностью открытой дроссельной заслонке. Данная зависимость строится с учетом тех же условий, что и при расчете времени разгона, что обеспечивает корректность моделирования динамических свойств автомобиля.

Методика построения кривой разгона основана на графическом интегрировании площади под кривой зависимости скорости от времени, что позволяет получить искомую функциональную связь между пройденным расстоянием и скоростью.

$$dS = Vdt. \quad (22)$$

Расчет зависимости пройденного пути от скорости движения автомобиля с полностью открытой дроссельной заслонкой двигателя представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет зависимости пройденного пути от скорости движения автомобиля с полностью открытой дроссельной заслонкой двигателя

Показатель	Значения										
V_a , км/ч	10	20	30	34,39	40	50	60	70	80	83,87	90
S , м	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
V_a , км/ч	70	80	83,87	93,87	103,87	113,87	130	–	–	–	–
S , м	14,39	16,57	17,46	23,77	28,93	34,71	47,42	–	–	–	–

Расчетные данные свидетельствуют о том, что:

- максимальная скорость, достигнутая автомобилем на дистанции 1000 м, составляет 129,57 км/ч;
- расстояние, необходимое для разгона до скорости 60 км/ч, равно 110,38 м.

Полученные значения подтверждают расчетные модели динамики транспортного средства и согласуются с теоретическими зависимостями ускорения от времени и пройденного пути. «Мощностной баланс автомобиля представляет собой зависимость мощности на ведущих колесах для всех передаточных чисел трансмиссии, мощности сопротивления качению и воздуха, а также суммы двух последних от скорости установившегося движения» [28].

$$N_k = \frac{P_k \cdot V_a}{3,6 \cdot 1000}, \quad (23)$$

$$N_w = \frac{P_w \cdot V_a}{3,6 \cdot 1000}, \quad (24)$$

$$N_f = \frac{P_f \cdot V_a}{3,6 \cdot 1000}. \quad (25)$$

Данные для построения графика мощностного баланса представлены в таблицах 12, 13.

Таблица 12 – Данные для построения графика мощностного баланса

Показатель	Значения					
$n_e, \text{мин}^{-1}$	1000	2000	3000	4000	5000	5400
$N_e, \text{кВт}$	«13	36,5	56	81	106	111,3
$V_a^I, \text{км/ч}$	6,36	12,74	19,11	25,47	31,84	34,39
$V_a^{II}, \text{км/ч}$	9,26	18,52	27,78	37,04	46,29	50,0
$V_a^{III}, \text{км/ч}$	15,53	31,06	46,59	62,13	77,66	83,87
$V_a^{IV}, \text{км/ч}$	24,07	48,15	72,22	96,29	120,37	130
$V_a^V, \text{км/ч}$	29,36	58,72	88,07	117,43	146,79	–» [28]

Таблица 13 – Данные для построения графика мощностного баланса

Показатель	Значения						
$V_a, \text{км/ч}$	0	20	40	60	80	100	130
$N_w, \text{кВт}$	0	0,235	1,88	6,34	15,04	29,38	64,54
$N_{f1}, \text{кВт}$	0	1,99	4,19	6,75	9,88	13,77	21,44
$N_{f2}, \text{кВт}$	0	4,28	8,97	14,47	21,18	29,52	45,94
$N_{f1} + N_w, \text{кВт}$	0	2,43	6,59	14,24	27,09	46,9	93,45
$N_{f2} + N_w, \text{кВт}$	0	4,91	11,79	22,63	39,37	64,01	120,08

«Нагрузочной характеристикой является зависимость удельного расхода топлива от степени использования мощности двигателя и частоты вращения коленчатого вала» [28].

Характеристика строится по табличным данным двигателя (таблица 14).

Таблица 14 – Данные зависимости удельного расхода топлива от степени использования мощности двигателя и частоты вращения коленчатого вала

Показатели	Значения									
Процентный показатель мощности, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Частота вращения коленвала, об/мин	Мгновенный расход топлива, г/кВт·ч									
1000	«1238	769	449	333	313	303	293	286	289	293
2000	577	430	333	299	286	267	254	256	259	267
3000	653	448	337	299	277,6	267	261	256	261	272
4000	571	427	337	302	280	269	263	258,5	258,5	272» [28]

Экономическая характеристика автомобиля определяет зависимость удельного расхода топлива на пройденный путь от стабильной скорости движения транспортного средства (формула 26).

«Исходные данные: $\eta_{mp} = 0,92$, $\gamma = 0,75$ кг/л – плотность топлива.

$$Q_s = \frac{g_e \cdot (N_f + N_w)}{10 \cdot V_a \cdot \gamma \cdot \eta_{mp}}. \quad (26)$$

График строится при $f_{01} = 0,014$ и $f_{02} = 0,03$, что соответствует движению по дороге с хорошим и с плохим покрытием» [28].

Расчет для построения графика при движении на четвертой передаче по дороге с хорошим и плохим покрытием представлен в таблицах 15, 16, а при движении на пятой передаче – в таблицах 17, 18.

Таблица 15 – Данные для построения графика при движении на четвертой передаче по дороге с хорошим покрытием

Показатель	Значения			
V_a , км/ч	24,07	48,15	72,22	96,29
% исп N_e	23,95	25,29	38,22	52,76
g_e , г/кВт·ч	626	430	304	280
Q_s , л/100 км	10,66	10,94	11,99	16,53

Таблица 16 – Данные для построения графика при движении на четвертой передаче по дороге с плохим покрытием

Показатель	Значения			
V_a , км/ч	24,07	48,15	72,22	96,29
% исп N_e	47,11	42,88	59,32	72,69
g_e , г/кВт·ч	316	294	267	261
Q_s , л/100 км	10,66	12,72	15,78	20,87

Таблица 17 – Данные для построения графика при движении на пятой передаче по дороге с хорошим покрытием

Показатель	Значения			
V_a , км/ч	29,36	57,72	88,07	117,43
% исп N_e	31,45	37,34	60,89	87,36

g_e , г/кВт·ч	415	305	266	261
Q_s , л/100 км	7,64	9,25	13,75	21,09

Таблица 18 – Данные для построения графика при движении на пятой передаче по дороге с плохим покрытием

Показатель	Значение			
V_a , км/ч	29,36	57,72	88,07	117,43
% исп N_e	60,05	59,73	86,05	–
g_e , г/кВт·ч	303	267	258	–
Q_s , л/100 км	10,68	13,03	18,85	–

На основании представленных данных построена экономическая характеристика автомобиля, отражающая зависимость расхода топлива от скорости движения. График наглядно демонстрирует, что минимальный расход топлива достигается при определенной оптимальной скорости, отклонение от которой в обе стороны приводит к росту потребления горючего. Полученные результаты служат основой для выработки рекомендаций по рациональному вождению, позволяющих экономить топливо и продлевать ресурс силовой установки автомобиля.

Выводы по разделу.

В данном разделе осуществлено исчерпывающее тягово-динамическое исследование автомобиля средней категории с колесной компоновкой 4x4, специально адаптированного для перевозки специализированных жилых прицепов повышенной проходимости. Был проведен подробный расчет динамических характеристик автомобиля, в частности определены показатели тягового усилия, скоростей разгона и предельных возможностей транспортного средства в условиях бездорожья. Оценивались важнейшие параметры, влияющие на управляемость и устойчивость авто при перевозке крупногабаритного груза. Данные, полученные в результате проведенного анализа, позволят корректно настроить подвеску, выбрать оптимальные режимы эксплуатации и грамотно распределять нагрузку, что повысит безопасность и комфорт путешествий на таком автомобиле.

3 Конструкторская часть

3.1 Техническое задание на разработку внедорожного жилого прицепа

Данная конструкторская разработка касается одноосных туристических прицепов, предназначенных для активного отдыха вдали от цивилизации и обеспечивающих комфортные условия проживания двум людям. Проект предусматривает облегчённую конструкцию с высоким уровнем проходимости, позволяющей уверенно передвигаться по бездорожью, сохраняя высокий уровень комфорта пассажиров даже в длительных путешествиях.

«Внедорожный жилой прицеп представляет собой рамную одноосную двухколесную конструкцию на шинах внедорожного профиля протектора с рессорной подвеской, на которой закреплен ящик-рундук, жилой модуль-кузов, состоящий из сэндвич панелей, на боковых стенках и спереди расположены окна, в верхней части размещен приточный вентилятор, на задней стенке размещена солнечная панель для выработки электрической энергии для зарядки аккумулятора, внутри расположена миникухня, спальное место для отдыха, оборудованное освещением и звуковой системой, снаружи на задней части жилого модуля размещено запасное колесо и две стандартные канистры, сцепная головка и переднее опорное колесо» [33].

«Разработка ведется в соответствии с заданием на выполнение ВКР, выданным кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей».

При выполнении конструкторской разработки особое внимание следует обратить на следующие источники информации: интернет-форумы, журналы, методические пособия и другую техническую литературу» [5].

«Жилой прицеп повышенной проходимости должен иметь следующее: металлическая рама повышенной прочности, два колеса с агрессивным внедорожным рисунком протектора, одноосная рессорная подвеска,

обеспечивающая плавность хода на неровностях, жилое модульное отделение с кузовом, обустроенным удобствами для комфортного пребывания, вместительный ящик-рундучок для хранения личных вещей и снаряжения, запасное колесо для оперативной замены в полевых условиях, две стандартные пластиковые канистры для воды и топлива, необходимые в длительном автономном путешествии» [33].

«К конструкции внедорожного жилого прицепа предъявляются следующие требования:

- должна быть предназначена для комфортного размещения внутри двух человек;
- конструкция прицепа должна обеспечивать высокую проходимость, высокую устойчивость;
- подвеска должна быть одноосная рессорная;
- должна быть безопасной при эксплуатации в различных погодных условиях;
- конструкция рамы должна обладать достаточной жёсткостью и прочностью;
- для оснащения прицепа должны максимально использоваться механические узлы, электрические и электронные элементы, агрегаты и отдельные элементы автомобильной промышленности, отвечающие современным и перспективным международным и российским требованиям;
- в передней части прицепа предусмотреть наличие ящика-рундука;
- на передней и боковых стенках кузова прицепа предусмотреть наличие трех окон для освещения;
- предусмотреть наличие приточной вентиляции в верхней части прицепа;
- на задней части прицепа предусмотреть крепление для запасного колеса и стандартных канистр;

- для обеспечения автономности энергоснабжения разместить солнечную панель;
- дизайн конструкции должен быть современным, иметь красивый и эстетичный вид;
- посадка и высадка пассажиров должна быть максимально удобной;
- в процессе эксплуатации конструкция не должна требовать частых профилактических работ и особого ухода. При проведении технического обслуживания необходимо использовать только эксплуатационные материалы, выпускающиеся серийно, не требующие использования специальных инструментов.
- разработку конструкции выполнить в автоматизированной системе разработки и оформления конструкторской и проектной документации КОМПАС-График» [24].

«Исходя из конструктивных соображений и представленных на рынке предложений, ориентировочно принимаем следующие технические показатели:

- габаритные размеры:
 - а) длина, не более мм 4700;
 - б) ширина, не более мм 2000;
 - в) высота, не более мм 2600;
- подвеска рессорная;
- размер колес 225/75R16;
- масса, не более кг 700» [2].

«Внедорожный жилой прицеп изготовить в 1 экземпляре. Поскольку серийное производство не предусмотрено, то поиск на патентную чистоту не обязателен.

Использовать внедорожный жилой прицеп должны люди, прошедшие специальный инструктаж по технике безопасности и изучившие правила эксплуатации.

Составные части конструкции должны легко подвергаться сборке-разборке при замене деталей или транспортировке. Хранить прицеп в собранном или разобранном виде в сухом помещении.

При выполнении задания предусмотреть разработку технического предложения с эскизным проектом. На экспертизу предоставить в письменном варианте ТЗ, ТП.

На согласование предоставляется техническое предложение с эскизным проектом. Согласование с другими организациями не требуется. Изготовление опытного образца не предусматривается. Возможность экспорта разрабатываемой установки в зарубежные страны не предусмотрена» [23].

3.2 Техническое предложение на разработку внедорожного жилого прицепа

«В соответствии с техническим заданием требуется разработать конструкцию туристического прицепа для комфортной жизни вне дорог общего пользования. Прицеп представляет собой прочную одноосную рамную конструкцию на двух внедорожных колесах с глубоким профилем протектора, оснащенную надежной рессорной подвеской. На раме жестко закрепляется кузов-жилище, выполненный из многослойных теплоизолирующих сэндвич-панелей» [8].

Боковые стенки кузова оборудованы окнами для вентиляции и обзора, верхняя часть оснащена приточным вентилятором, обеспечивающим циркуляцию воздуха. Задняя стена дополнена солнечной панелью, вырабатывающей электричество для автономного питания бытовых приборов и заряда аккумулятора.

«Внутреннее пространство оборудовано мини-кухней, уютным спальным местом, системой светодиодного освещения и мультимедийной аппаратурой для прослушивания музыки. Внешняя сторона корпуса

дополняется площадкой для фиксации запасного колеса и комплектом из двух универсальных канистр для воды и топлива. Кроме того, предусмотрено наличие сцепного устройства и передней опоры-стабилизатора для удобства стоянки и дополнительной устойчивости.

Внедорожный жилой прицеп должен иметь следующие технические показатели:

- габаритные размеры:
 - а) длина, не более мм 4700;
 - б) ширина, не более мм 2000;
 - в) высота, не более мм 2600.
- подвеска рессорная;
- размер колес 225/75R16;
- масса, не более кг 700» [2].

«Ключевым преимуществом разработанной конструкции является уникальная возможность трансформации обычного автомобиля в полноценный мобильный дом на колесах простым присоединением специального прицепа. Благодаря быстрой установке прицепа на любой стандартный автомобиль или внедорожник, владелец получает удобный и функциональный кемпер, идеально подходящий для путешествия. При этом удобство заключается в отсутствии необходимости ежедневно использовать дорогостоящий автодом, что позволяет сэкономить ресурсы и уменьшить эксплуатационные расходы. Фактически, наш прицеп — это мобильная жилая капсула, обладающая всеми необходимыми характеристиками полноценного дома на колесах, но при этом удобная для переноски и доступная по цене.

Техническим заданием рекомендовано обратить внимание на представленные источники информации: интернет-форумы, журналы на техническую тематику, техническую литературу» [25].

«Основными частями внедорожного жилого прицепа являются: металлическая рама, два колеса с внедорожным профилем протектора,

одноосная рессорная подвеска, жилой модуль-кузов, ящик-рундук, запасное колесо, две стандартные канистры» [29].

В первую очередь необходимо определиться с рамой для транспортировки грузов, так как она должна обеспечивать требуемую прочность, надёжность крепления элементов. Рама может быть изготовлена из профиля прямоугольного сечения (рисунок 7, а) или профиля круглого сечения (рисунок 7, б).

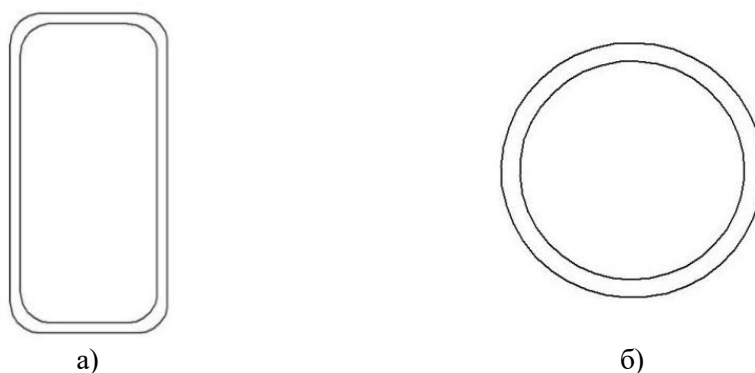


Рисунок 7 – Виды профиля для рамы

«Преимуществом профиля прямоугольного сечения является устойчивость к внешним механическим нагрузкам, в том числе поперечным. Прилагаемое к четырёхугольному изделию усилие распределяется на каждую плоскость, что позволяет полый трубе прямоугольного сечения выдерживать такое же давление, как цельная штанга аналогичных габаритов. При этом материала тратится намного меньше.

Профиль лучше, чем круглая продукция, способен выдерживать нагрузки на скручивание и растяжение.

Прямоугольные и квадратные трубы удобнее складывать и перевозить: благодаря наличию граней и прямых углов они гарантированно не раскатятся в стороны. Плотнo уложенные, такие изделия занимают на складе меньше места.

Такие трубы очень удобно использовать в качестве опор и элементов каркаса: по прочности они не уступают цельным изделиям такой же формы, зато весят и стоят намного меньше» [4].

Принимаем форму рамы прямоугольного сечения (рисунок 8).

«Конструкция предусматривает применение одноосной рессорной подвески, включающей набор следующих элементов: рессоры, специализированные кронштейны для их крепления, металлические штанги-стременки с фиксаторами и специальные элементы присоединения рессор к основанию конструкции. Колёсная пара крепится на ось. Сама рессорная ось представляет собой жёсткую металлическую балку с резьбовыми отверстиями диаметром 98×5, снабжённую цапфами и укомплектованную подшипниками, защитными колпаками и колёсными болтами» [9].

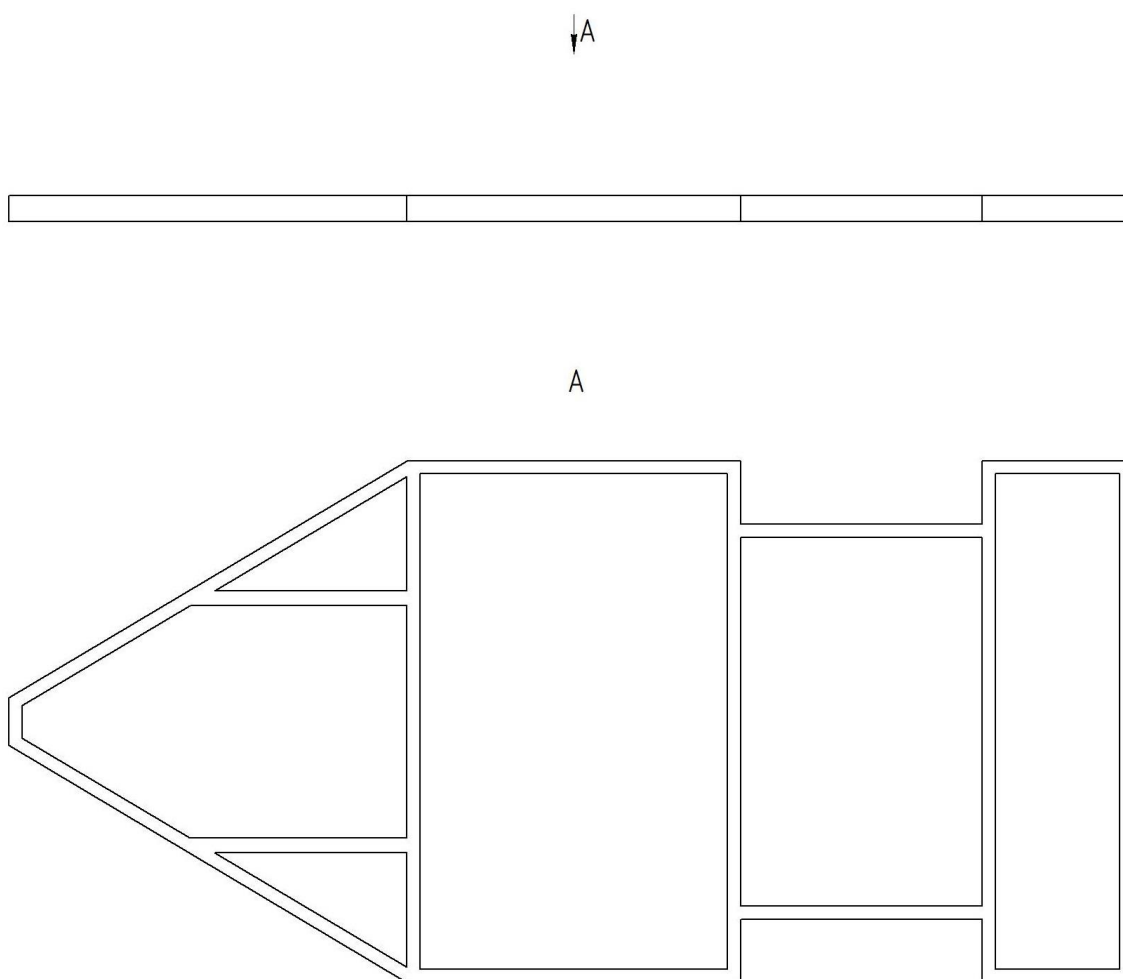


Рисунок 8 – Конструкция рамы внедорожного жилого прицепа

В целях обеспечения высокой проходимости внедорожного жилого прицепа, изучив применяемые на аналогичных конструкциях прицепов шины, с учетом рекомендаций по использованию таких же размеров, как на автомобиле (диаметр, вылет диска, ширина обода, размер резины) УАЗ «Патриот», принимаем шины аналогичного размера – BFGOODRICH MUD-TERRAIN T/A KM3 - 225/75R16 115/112Q XL (рисунок 9) со следующими техническими характеристиками (таблица 19).

Таблица 19 – Технические характеристики шины BFGOODRICH MUD-TERRAIN T/A KM3 - 225/75R16 115/112Q XL

Параметр	Значение
Ширина, мм	225
Высота профиля, мм	75
Диаметр, дюйм	16
Индекс нагрузки	115
Индекс скорости	Q



Рисунок 9 – Шина BFGOODRICH MUD-TERRAIN T/A KM3 - 225/75R16

«Для стыковки прицепного устройства прицепа с автомобилем требуется тяговый механизм или специальное тягово-сцепное приспособление – его называют фаркоп. Данное устройство предназначено для обеспечения надёжного крепления прицепа с автомобилем и способно распределять нагрузку равномерно» [9].

Принимаем прицепное устройство производителя Knott (рисунок 10). Knott специализируется на тормозных системах, а также комплектующих для прицепов и сельскохозяйственной техники. Один из лидеров российского и европейского рынков.



Рисунок 10 – Прицепное устройство Knott SPP 1300 кг 40×40

«Опорное колесо устанавливают для устойчивости одноосной конструкции, а также для улучшения маневренности платформы прицепа» [22].

Принимаем опорное колесо производителя Knott (рисунок 11).



Рисунок 11 – Опорное колесо ATK60-205/60 AC

«Ящик-рундук без особых усилий монтируется в любом удобном месте на раме прицепа и позволяет хранить дополнительные принадлежности и даже аккумуляторные батареи. Выполненный из прочного материала и оснащенный встроенным замком, он надежно защищает содержимое, а герметизация крышки предотвращает попадание внутрь пыли и влаги» [10].

Кузов жилого модуля изготовлен из высококачественных многослойных сэндвич-панелей. Конструктивно панели состоят из тонких листов алюминиевого композита толщиной 3 мм и влагостойкой фанеры толщиной 4 мм, между которыми расположен теплоизоляционный слой пенополистирола толщиной 30 или 50 мм. В местах, испытывающих повышенные механические нагрузки, предусмотрены усиливающие алюминиевые профили, служащие дополнительными точками крепления важных узлов и агрегатов прицепа.

«В качестве утеплителя в конструкции кузова используется экструдированный пенополистирол, плотностью 35 кг/м³ с коэффициентом теплопередачи 0,028 Вт/м·°С. Прочные стыки сохраняют кузов в целостности при движении по дорогам 3-5 класса, а также в случае резкого торможения или ускорения. Пол состоит из нескольких слоев различных материалов, склеенных между собой: клееная панель (фанера 9 мм + утеплитель 50 мм + фанера 9 мм) с закладными поперечинами из фанеры. Снизу основание кузова подшито оцинкованной сталью» [16].

Рассмотрим технологию сборки.

«На раму из металлических профилей и закрепленного на ней деревянного настила пола по ее периметру крепятся с помощью алюминиевых уголков заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова, образуя боковые, переднюю и заднюю панели кузова фургонного типа. Для обеспечения герметичности конструкции сборки кузова применяется клеевое соединение, нанесенное на алюминиевые уголки. Для обеспечения жесткости конструкции используется болтовое соединение по

всему периметру рамы. Сборка остальных панелей, составляющих крышу, скосы и боковые панели, осуществляется с помощью алюминиевых уголков клеевым и заклепочным соединениями» [33].

Окна в количестве 3 штук будут, как в современных автодомах из пластиковых стеклопакетов. С возможностью открыть в дождь и в режим проветривания. Покрытие пола прицепа автолин износостойкий.

На крыше предусматриваем вытяжную вентиляцию (рисунок 12).

Вытяжная вентиляция полностью заменит воздух в прицепе течение нескольких минут.



Рисунок 12 – Вытяжная вентиляция

«Для автономного обеспечения жилого прицепа предусматриваем питание от солнечной батареи, размещённой на крыше в задней части прицепа» [8].

Рассмотрев представленные на рынке варианты оснащения, принимаем готовую систему от компании «Технолайн».

«Солнечная электростанция Холодильник (рисунок 13) обеспечит выработку электроэнергии до 1,6 кВт·ч в сутки, для стабильной работы освещения и бытового электрооборудования с напряжением 12 Вольт.

Благодаря аккумуляторам входящим в комплект для накопления и последующего использования электроэнергии, 0,84 кВт·ч можно потребить после захода солнца» [14].

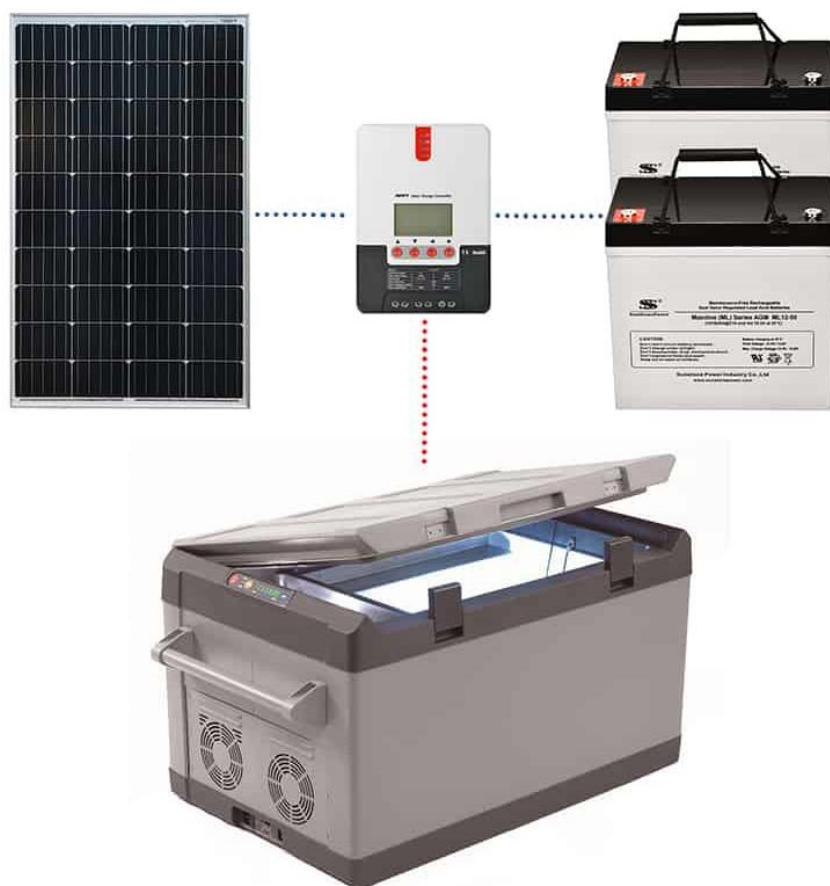


Рисунок 13 – Солнечная электростанция «Холодильник»

Технические характеристики солнечной электростанции «Холодильник» представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Технические характеристики солнечной электростанции «Холодильник»

Параметр	Значение
Выходное напряжение , В	12
Общая емкость АКБ, А·ч	200
Тип АКБ	гель, необслуживаемый
Срок службы АКБ, лет	8
Общая мощность солнечных батарей , Вт	100
Тип солнечных батарей	монокристаллическая гибкая
Срок службы солнечных батарей, лет	10
Общая масса оборудования, кг	70

Продумывая наполнение прицепа-жилого модуля, важно понимать, для существуют ограничения по весу буксируемого прицепа для легкового авто.

Что же касается наполнения, то оно бывает самым разнообразным.

«В основном внутри жилой модуль в прицеп предусматривает установку таких элементов: рундук для хранения воды и топлива, вещевой ящик, стол, спальное место (лучше складное, откидное), мини-кухня, полки, навесные ящики. На задней части кузова размещается запасное колесо и две стандартных канистры» [29].

После выбора всех элементов конструкции внедорожного жилого прицепа составляем компоновочную схему размещения элементов конструкции (рисунок 14).

Спецификация на внедорожный жилой прицеп представлена в Приложении А (рисунок А.1).

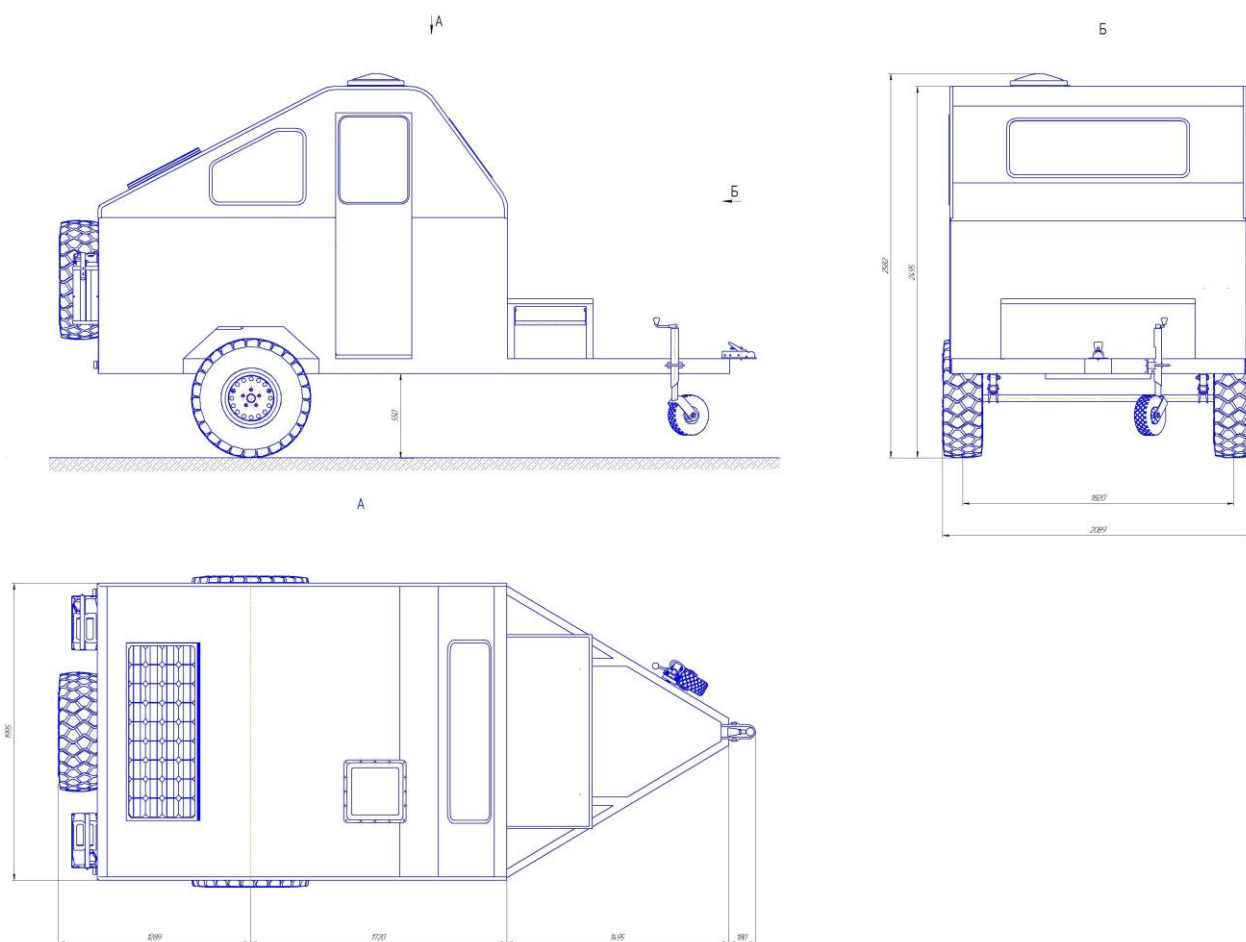


Рисунок 14 – Общая компоновка внедорожного жилого прицепа

Выводы по разделу.

В данном разделе подготовлено техническое задание и разработано конструктивное предложение по созданию специализированного внедорожного жилого прицепа. В документе определены основные характеристики будущего изделия, сформулированы цели проектирования и установлены четкие требования к его функциональности и эксплуатационным качествам.

Предложенная конструкция предусматривает наличие всех необходимых элементов для комфортного проживания и передвижения вне городских дорог. Среди ключевых особенностей выделяются повышенная прочность шасси, надежная система амортизации, автономность энергоснабжения и водоснабжение, защищенность от неблагоприятных погодных условий.

Технические условия включают подробную спецификацию материалов, деталей и комплектующих, которые будут использованы при изготовлении прицепа. Приведены рекомендации по выбору оптимальной компоновочной схемы, позволяющей обеспечить максимальную эффективность использования внутреннего пространства и комфорт пассажиров во время длительных поездок.

Таким образом, конструкторская часть проекта обеспечивает полную основу для дальнейшей разработки технического проекта и последующего производства серийных образцов внедорожного жилого прицепа.

4 Технологический раздел

Технологический процесс сборки автомобилей и тракторов представляет собой строго регламентированную последовательность операций по соединению деталей и компонентов.

В ходе данного процесса осуществляется:

- поэтапная интеграция отдельных элементов в функциональные узлы,
- комплексирование механизмов в единую систему,
- формирование готового транспортного средства.

Все операции выполняются в соответствии с:

- техническими спецификациями производителя,
- нормативными требованиями безопасности,
- параметрами качества сборки,
- производственными стандартами предприятия.

Ключевыми характеристиками процесса являются:

- четкая последовательность операций,
- контроль на каждом этапе сборки,
- соблюдение технологических нормативов,
- обеспечение заданных эксплуатационных качеств конечного продукта.

Результатом процесса становится полностью функциональное транспортное средство, соответствующее всем заявленным техническим и эксплуатационным требованиям.

Трудоемкость сборочных работ при производстве автомобилей и тракторов определяется совокупностью следующих ключевых факторов:

- конструктивные особенности: сложность и количество соединяемых узлов; степень унификации деталей; применение модульных принципов сборки;

- технологические аспекты: тип организации производства (конвейерная/позиционная сборка); степень механизации и автоматизации процессов; используемое оборудование и оснастка; требования к точности соединений;
- человеческий фактор: квалификация рабочих; организация рабочих мест; система контроля качества; применение нормативов времени.

Габаритные характеристики изделия являются определяющим параметром при проектировании процесса сборки:

- для крупногабаритных конструкций (корпуса машин, рамы) требуются: подъемно-транспортное оборудование (мостовые краны, тельферы), специализированные сборочные стенды, позиционная организация работ;
- мелкие узлы и компоненты позволяют применять: роботизированные сборочные комплексы, конвейерные линии, высокую степень автоматизации.

4.1 Выбор рациональной организации технологии сборки

Рациональная организация сборки – это оптимизация процесса сборки изделий для минимизации времени, затрат и трудоёмкости при обеспечении высокого качества.

Основные принципы рациональной организации сборки:

- разделение сборки на узлы и подузлы;
- сборка сложных изделий разбивается на отдельные узлы, которые собираются параллельно, это ускоряет процесс и позволяет специализировать рабочие места;
- поточный метод сборки: организация конвейерных линий с чётким тактом (ритмом) работы. Каждая операция выполняется за фиксированное время на отдельной рабочей позиции;

- механизация и автоматизация: использование сборочных роботов, автоматических линий, пневмо- и электроинструмента;
- внедрение систем ЧПУ (числового программного управления) для точной сборки;
- стандартизация и унификация: применение одинаковых крепёжных элементов, соединений и методов сборки; использование модульных конструкций для упрощения сборки;
- оптимизация трудовых процессов: изучение и устранение лишних движений (методы научной организации труда);
- правильная организация рабочего места (эргономика, доступность инструментов): контроль качества на каждом этапе, встроенный контроль (проверка узлов после каждой операции), использование систем визуализации дефектов (например, контрольные метки, датчики);
- логистика и снабжение: чёткое планирование подачи деталей и комплектующих к месту сборки (система «just-in-time»); минимизация простоев из-за нехватки материалов.

Методы оптимизации сборки:

- метод групповой сборки – одновременная сборка однотипных изделий;
- комплекточные тележки/контейнеры – предварительная подготовка деталей для каждой операции;
- использование CAD/CAM-систем – цифровое моделирование сборки для выявления ошибок до производства.

Учитывая ограниченный спрос на внедорожный прицеп с жилым модулем, наиболее эффективным решением станет организация сборки по мелкосерийному принципу.

Такой подход позволит минимизировать издержки за счёт гибкости производства, избежать избыточных запасов комплектующих, адаптировать процесс под индивидуальные требования заказчиков.

В отличие от массового выпуска, мелкосерийная сборка обеспечит экономическую целесообразность при небольшом количестве заказов.

В условиях мелкосерийного выпуска применяется стационарная непоточная сборка, при которой процесс делится на два ключевых этапа:

- узловая сборка – формирование отдельных компонентов конструкции;
- общая сборка – компоновка готовых узлов в конечное изделие.

Работы выполняются специализированными бригадами, что обеспечивает:

- гибкость производственного процесса,
- эффективное использование квалификации персонала,
- возможность параллельного выполнения операций.

«Для определения такта выпуска продукции используем формулу:

$$T_d = \frac{F_d \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (27)$$

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

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 100 шт» [11].

$$T_L = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{100} = 1242 \text{ ч.}$$

Такой подход позволяет оптимизировать затраты при ограниченных объемах производства.

После завершения проектирования разрабатывается технологическая карта сборки, включающая:

- графическую схему последовательности операций,

- детальное описание всех сборочных этапов.

Данный подход обеспечивает:

- четкую стандартизацию производственных этапов,
- контроль трудоемкости операций,
- минимизацию технологических простоев.

Спецификация операций узловой и общей сборки внедорожного прицепа с жилым модулем приведена в таблице 21.

Таблица 21 – Перечень операций с указанием трудоемкости и необходимого оборудования технологического процесса сборки внедорожного прицепа с жилым модулем

Содержание основных и вспомогательных переходов	Технические требования	Время операции, мин
«Взять предварительно сваренную раму прицепа	Рама должна быть без деформаций, сварные швы без трещин	1
Осмотреть раму прицепа	Проверить геометрию рамы, отсутствие коррозии и повреждений	3
Установить в нижней части рамы прицепа на кронштейны, приваренные к раме, рессорную подвеску при помощи 4 болтов и 4 гаек	Крепление 4 болтами с моментом затяжки 70-90 Н·м	10
Взять ось вращения колес со ступицами	Ось должна быть чистой, без следов износа	0,8
Осмотреть ось вращения колес со ступицами	Проверить подшипники на плавность вращения	0,4» [11]
Установить ось вращения колес со ступицами	Соосность колес по ГОСТ 25478-91, зазор не более 1 мм	6
Взять внедорожные колеса	Шины с индексом нагрузки не менее 12	2
«Осмотреть внедорожные колеса	Проверить давление (2,5 атм) и отсутствие повреждений	1
Взять гайку 10 шт.	Резьба должна быть без повреждений	0,4
Наживить гайку 10 шт.	Предварительная затяжка без перекоса	2
Установить внедорожные колеса на ступицы оси	–	1
Завернуть гайку 10 шт. с усилием 90-110 Н·м	Контроль моментом динамометрическим ключом	4
Взять опорное колесо АТК60-205/60 АС	–	0,5
Осмотреть опорное колесо АТК60-205/60 АС	–	0,3» [11]

Продолжение таблицы 21

Содержание основных и вспомогательных переходов	Технические требования	Время операции, мин
Установить опорное колесо АТК60-205/60 АС в передней части рамы	Вертикальность установки ± 1 мм, фиксация стопорным шплинтом	15
«Взять прицепное устройство Knott SPP 1300 кг 40×40	—	0,2
Осмотреть прицепное устройство Knott SPP 1300 кг 40×40	—	0,3
Установить прицепное устройство Knott SPP 1300 кг 40×40 в передней части рамы	Горизонтальность по уровню, зазор в сцепном узле $\leq 0,5$ мм	10
Взять деревянный настил пола (клееная панель (фанера 9 мм + утеплитель 50 мм + фанера 9 мм) с закладными поперечинами из фанеры)	—	5
Закрепить при помощи саморезов настил пола на раме прицепа	Зазоры между листами ≤ 2 мм, саморезы с антикоррозийным покрытием	10
Взять листы оцинкованной стали	—	0,5
Закрепить на нижнем основании кузова листы оцинкованной стали при помощи саморезов	Перекрытие стыков ≥ 20 мм, крепление саморезами через 150 мм	30
Взять алюминиевый уголок	—	0,5
Осмотреть алюминиевый уголок	—	0,3
Нанести на алюминиевый уголок специальный клей	—	2
Взять боковую левую сэндвич панель	—	0,4
Осмотреть боковую левую сэндвич панель	—	0,9
Установить боковую левую сэндвич панель на раму прицепа при помощи алюминиевых уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова	Герметичность стыков (зазор ≤ 1 мм), крепление уголками. Требуется двусторонняя герметизация (внутри и снаружи). Уголки крепятся по ГОСТ 22233-2001 с шагом 200 мм.	30» [14].
Взять боковую правую сэндвич панель	—	0,4
«Осмотреть боковую правую сэндвич панель	—	0,9
Установить правую сэндвич панель на раму прицепа при помощи алюминиевых уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся	Герметичность стыков (зазор ≤ 1 мм), крепление уголками	30» [14].

Продолжение таблицы 21

Содержание основных и вспомогательных переходов	Технические требования	Время операции, мин
винтов и заклепочным соединением внутри кузова		
«Взять заднюю сэндвич панель	—	0,4
Осмотреть заднюю сэндвич панель	—	0,9
Установить заднюю сэндвич панель на раму прицепа при помощи алюминиевых уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова	Проверка вертикальности (отклонение ≤ 2 мм)	30» [14].
Взять переднюю сэндвич панель	—	0,4
Осмотреть переднюю сэндвич панель	—	0,9
«Установить переднюю сэндвич панель на раму прицепа при помощи алюминиевых уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова	Проверка вертикальности (отклонение ≤ 2 мм)	30
Взять сэндвич панель переднего скоса	—	0,4» [14]
«Осмотреть сэндвич панель переднего скоса	—	0,9
Установить сэндвич панель переднего скоса на боковую сэндвич панель при помощи алюминиевых уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова	—	30» [14].
Взять сэндвич панель заднего скоса	—	0,4
Осмотреть сэндвич панель заднего скоса	—	0,9
«Установить сэндвич панель заднего скоса на боковую сэндвич панель при помощи алюминиевых уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова	Герметичность стыков (зазор ≤ 1 мм), крепление уголками по ГОСТ	30» [14].
Взять сэндвич панель крыши	—	0,4

Продолжение таблицы 21

Содержание основных и вспомогательных переходов	Технические требования	Время операции, мин
Осмотреть сэндвич панель крыши	–	0,9
«Установить сэндвич панель крыши на сэндвич панели при помощи алюминиевых уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова	Герметичность стыков (зазор ≤ 1 мм), крепление уголками. Требуется двусторонняя герметизация (внутри и снаружи). Уголки крепятся по ГОСТ 22233-2001 с шагом 200 мм.	30
Взять окна	–	0,8» [14].
Осмотреть окна	–	1,5
«Установить окна в переднем скосе, в левых и правых сэндвич панелях при помощи герметика	Герметик нанесен непрерывно, проверка на протечки водой	50
Взять вытяжную вентиляцию	–	0,2
Осмотреть вытяжную вентиляцию	–	0,4
Установить вытяжную вентиляцию на крыше	Уклон трубы $\geq 5^\circ$, герметизация силиконом, крепление хомутами	50
Взять ящик-рундук	–	0,3
Осмотреть ящик-рундук	–	0,2
Установить ящик-рундук в передней части прицепа	Фиксация антивибрационными болтами	3
Установить внутренние удобства прицепа (миникухню, кровать, минихолодильник, системы управления освещением)	Все элементы закреплены с зазором для вентиляции	420
Взять аккумуляторную батарею 2 шт.	–	0,3
Установить аккумуляторную батарею 2 шт. во внутреннюю часть прицепа	Изоляция клемм, тест напряжения под нагрузкой	2
Взять солнечную панель	–	0,3
Установить солнечную панель на боковой скос крыши	Угол наклона $30^\circ \pm 2^\circ$, кабели в термостойкой оплетке	50
Взять инвертер	–	0,3» [14].
Установить инвертер на стенку жилого модуля	–	3
«Взять соединительные электрические провода	–	0,3
Выполнить соединение всех электропотребителей	Сопротивление изоляции ≥ 10 МОм, тест под нагрузкой 1 ч	120
Взять запасное колесо	–	0,3
Установить запасное колесо на специальный кронштейн в задней части прицепа	Надежная фиксация на кронштейне, исключающая самопроизвольное снятие	2
Взять канистру 2 шт.	–	0,4
Установить канистру 2 шт. на специальный кронштейн 2 шт. в задней части прицепа	Использование ремней с фиксаторами	4
Взять дверь	–	0,4
Осмотреть дверь	–	0,3» [11].
Установить дверь	Проверка плотности прилегания,	50

Продолжение таблицы 21

Содержание основных и вспомогательных переходов	Технические требования	Время операции, мин
	герметизация уплотнителем	
«Выполнить испытание электропотребителей	Проверка всех узлов под нагрузкой 1 ч.	60
Выполнить испытание герметичности внутреннего пространства жилого прицепа	Отсутствие протечек при поливе из шланга (давление 1,5 атм)	60
Провести внедорожные испытания жилого прицепа на предмет надежности крепления внутренних элементов	Тест на тряску (40 км по бездорожью), проверка креплений	240» [14].
Итого:		1445,3

Для оптимизации производственного графика выполним расчет суммарной продолжительности всех технологических операций по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (73)$$

Методика расчета основана на суммировании нормированного времени по всем позициям технологической карты с применением поправочных коэффициентов.

Полученные данные позволяют точно планировать производственные мощности и загрузку оборудования.

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ит}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (74)$$

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].

$$t_{ит}^{общ} = 1445,3 + 1445,3 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 1560,92 \text{ мин.}$$

4.2 Проектирование технологического процесса сборки внедорожного жилого прицепа

Формируем поэтапную последовательность монтажных работ, фиксируем необходимый инструмент и оснастку для каждой операции, далее рассчитываем нормативное время выполнения и сводим всё в таблицу 22.

Таблица 22 – Технологический процесс сборки внедорожного жилого прицепа

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
005	Сборочная	1	«Взять предварительно сваренную раму прицепа	Подъемный кран или гидравлическая тележка (для перемещения рамы), Стеллажи или козлы для фиксации рамы, рулетка, угломер, уровень, металлическая щетка, гидравлический домкрат (грузоподъемность от 2 т), стенд для центровки оси, динамометрический ключ (диапазон 40–200 Н·м), набор гаечных ключей (рожковых, накидных), молоток, зубило, вакуумные присоски (для переноса сэндвич-панелей), монтажные козлы (для временной фиксации панелей),	1085,3
		2	Осмотреть раму прицепа		
		3	Установить в нижней части рамы прицепа на кронштейны, приваренные к раме, рессорную подвеску при помощи 4 болтов и 4 гаек		
		4	Взять ось вращения колес со ступицами		
		5	Осмотреть ось вращения колес со ступицами		
		6	Установить ось вращения колес со ступицами		
		7	Взять внедорожные колеса		
		7	Наживить гайку 10 шт.		
		8	Установить внедорожные колеса на ступицы оси		
		9	Завернуть гайку 10 шт. с усилием 90-110 Н·м		
		10	Взять опорное колесо АТК60-205/60 АС		
		11	Осмотреть опорное колесо АТК60-205/60 АС» [11]		

Продолжение таблицы 22

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
		12	«Установить опорное колесо АТК60-205/60 АС в передней части рамы	шуруповерт с набором бит (для саморезов), заклепочник (для алюминиевых заклепок), герметик-пистолет (с термостойким герметиком), тестер напряжения/мультиметр, инструмент для зачистки проводов, кримпер для обжима клемм, термофен (для усадки изоляции), регулируемые подпорки (для фиксации мебели), дрель с набором сверл (по металлу и дереву), ножницы по металлу (для подгонки листов), кисти для нанесения герметика, торцевой ключ (для проверки болтовых соединений после испытаний), перчатки (х/б и резиновые), защитные очки, маркер для разметки	
		13	Взять прицепное устройство Knott SPP 1300 кг 40×40		
		14	Осмотреть прицепное устройство Knott SPP 1300 кг 40×40		
		15	Установить прицепное устройство Knott SPP 1300 кг 40×40 в передней части рамы		
		16	Взять деревянный настил пола (клееная панель (фанера 9 мм + утеплитель 50 мм + фанера 9 мм) с закладными поперечинами из фанеры)		
		17	Закрепить при помощи саморезов настил пола на раме прицепа		
		18	Взять листы оцинкованной стали		
		19	Закрепить на нижнем основании кузова листы оцинкованной стали при помощи саморезов		
		20	Взять алюминиевый уголок		
		21	Осмотреть алюминиевый уголок		
		22	Нанести на алюминиевый уголок специальный клей		
		23	Взять боковую левую сэндвич панель» [14]		
		24	Осмотреть боковую левую сэндвич панель		
		25	Установить боковую левую сэндвич панель на раму прицепа при помощи алюминиевых		

Продолжение таблицы 22

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
			уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова		
		26	«Взять боковую правую сэндвич панель		
		27	Осмотреть боковую правую сэндвич панель		
		28	Установить правую сэндвич панель на раму прицепа при помощи алюминиевых уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова		
		29	Взять заднюю сэндвич панель		
		30	Осмотреть заднюю сэндвич панель		
		31	Установить заднюю сэндвич панель на раму прицепа при помощи алюминиевых уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова		
		32	Взять переднюю сэндвич панель		
		33	Осмотреть переднюю сэндвич панель» [11]		
		34	Установить переднюю сэндвич панель на		

Продолжение таблицы 22

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
			раму прицепа при помощи алюминиевых уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова		
		35	«Взять сэндвич панель переднего скоса		
		36	Осмотреть сэндвич панель переднего скоса		
		37	Установить сэндвич панель переднего скоса на боковую сэндвич панель при помощи алюминиевых уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова		
		38	Взять сэндвич панель заднего скоса		
		39	Осмотреть сэндвич панель заднего скоса		
		40	Установить сэндвич панель заднего скоса на боковую сэндвич панель при помощи алюминиевых уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова» [14]		
		41	Взять сэндвич панель крыши		

Продолжение таблицы 22

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
		42	«Осмотреть сэндвич панель крыши		
		43	Установить сэндвич панель крыши на сэндвич панели при помощи алюминиевых уголков и закрепить заклепочным соединением снаружи кузова и с помощью самонарезающихся винтов и заклепочным соединением внутри кузова		
		44	Взять окна		
		45	Осмотреть окна		
		46	Установить окна в переднем скосе, в левых и правых сэндвич панелях при помощи герметика		
		47	Взять вытяжную вентиляцию		
		48	Осмотреть вытяжную вентиляцию		
		49	Установить вытяжную вентиляцию на крыше		
		50	Взять ящик-рундук		
		51	Осмотреть ящик-рундук		
		52	Установить ящик-рундук в передней части прицепа		
		53	Установить внутренние удобства прицепа (миникухню, кровать, минихолодильник, системы управления освещением)		
		54	Взять аккумуляторную батарею 2 шт.		
		55	Установить аккумуляторную батарею 2 шт. во внутреннюю часть прицепа» [14]		

Продолжение таблицы 22

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
		56	«Взять солнечную панель		
		57	Установить солнечную панель на боковой скос крыши		
		58	Взять инвертер		
		59	Установить инвертер на стенку жилого модуля		
		60	Взять соединительные электрические провода		
		61	Выполнить соединение всех электропотребителей		
		62	Взять запасное колесо		
		63	Установить запасное колесо на специальный кронштейн в задней части прицепа		
		64	Взять канистру 2 шт.		
		65	Установить канистру 2 шт. на специальный кронштейн 2 шт. в задней части прицепа		
		66	Взять дверь		
		67	Осмотреть дверь		
		68	Установить дверь		
010	Регулировочная	1	Выполнить испытание электропотребителей	Компрессор с мойкой высокого давления (для теста герметичности), мультиметр	
		2	Выполнить испытание герметичности внутреннего пространства жилого прицепа		
		3	Провести внедорожные испытания жилого прицепа на предмет надежности крепления внутренних элементов» [11]		

Дополнительные требования при сборке и испытаниях.

Все болтовые соединения должны быть обработаны антикоррозийной смазкой (например, Loctite 243). Критические узлы (подвеска, ось, сцепное устройство) требуют двойной проверки момента затяжки: рессорная подвеска: 70–90 Н·м, ступичные гайки: 90–110 Н·м. Заклепочные соединения выполняются алюминиевыми заклепками (диаметр 4–5 мм) с герметизацией стыков. Стыки сэндвич-панелей обрабатываются термостойким герметиком (например, Sikaflex-221). Окна и двери монтируются с уплотнительными лентами (EPDM) и дополнительным слоем герметика. Проверка на отсутствие зазоров > 1 мм после монтажа. Кабели прокладываются в гофротрубе с креплением через каждые 30 см. Солнечные панели должны иметь защиту от обратных токов (диоды Шоттки). Изоляция проводов: термостойкая (до 105°C), сечение $\geq 2,5 \text{ мм}^2$ для силовых линий.

Мебель и оборудование крепятся через виброизолирующие прокладки.

Холодильник и плита должны иметь зазор 5 см от стен для вентиляции.

Требования к испытаниям.

Механические испытания:

- тест на кручение: прицеп загружается до максимальной массы (1300 кг) и проверяется на раскачивание ($\pm 10^\circ$). Деформация рамы недопустима;
- проверка подвески: проезд по неровностям (гравий, брусчатка) на скорости 30 км/ч. Посторонние звуки не допускаются.

Герметичность:

- водный тест: полив из шланга под давлением 1,5 атм в течение 15 минут. Протечки в стыках, окнах или крыше недопустимы;
- пылевой тест: прицеп помещается в зону с имитацией песчаной бури (вентиляторы и мелкий песок). Пыль внутри не должна обнаруживаться.

Электрические испытания:

- нагрузочный тест: все потребители (свет, розетки, инвертер) работают одновременно 1 ч. Падение напряжения $\leq 10\%$;

- проверка изоляции: сопротивление ≥ 10 МОм (мегаомметр 500 В).

Внедорожные испытания:

- маршрут: 40 км (20 км – бездорожье, 10 км – подъем 15°, 10 км – брод глубиной 30 см);
- критерии: отсутствие трещин в сварных швах, ослабленных креплений, повреждений панелей.

Климатические тесты (опционально):

- термоциклирование: от минус 30°C до плюс 50°C (3 цикла).

Герметик и уплотнители не должны терять свойства;

- влагостойкость: 48 часов при влажности 95%. Коррозия металла не допускается.

Графическая часть выпускной квалификационной работы включает технологическую схему сборки внедорожного жилого прицепа.

Выводы по разделу.

В настоящем разделе дипломного проекта детально обосновывается выбранный технологический процесс изготовления и сборки внедорожного жилого прицепа. Проанализировано несколько возможных вариантов последовательности операций, оценены преимущества и недостатки каждого подхода, выбрана оптимальная технология с точки зрения минимизации затрат и повышения качества конечного продукта.

Расчет трудоемкости производственного цикла позволил определить точное количество человеко-часов, необходимых для полной сборки одного экземпляра прицепа. Учитывались временные затраты на заготовительные операции, сварочные работы, монтаж внутренних конструкций, установку оборудования и отделку салона.

Разработанный технологический процесс подробно описан и представлен в виде пошагового алгоритма действий с указанием используемых инструментов, приспособлений и режимов обработки. Графическая часть включает наглядные иллюстрации этапов сборки, чертежи узлов и схем расположения основных компонентов.

5 Безопасность и экологичность проекта

Автомобилестроение – сложная отрасль с многоэтапным производственным циклом, требующая комплексного подхода к вопросам безопасности.

Согласно данным Международной организации труда (ILO):

- ежегодно происходит 2,78 миллионов смертей из-за профессиональных заболеваний;
- 374 миллиона несчастных случаев на производстве с потерей трудоспособности;
- экономические потери достигают 3,94% мирового ВВП.

Структура отраслевых рисков:

- травмы при работе с прессами (42% случаев),
- отравления парами красок (23%),
- поражения током (15%),
- падения с высоты (12%).

В таблице 23 представлен сравнительный анализ по странам (в % от ВВП).

Таблица 23 – Сравнительный анализ затрат на несчастные случаи (% ВВП) по странам

Страна	Затраты (% ВВП)	Особенности регулирования
Германия	2,8-3,2%	Система обязательного страхования Berufsgenossenschaften
США	3,1-3,5%	Workers' compensation + судебные иски
Япония	2,6-2,9%	Пожизненные компенсации при профзаболеваниях
Россия	3,5-4,1%	Высокий уровень скрытого травматизма
Бразилия	4,2-4,8%	Неформальный сектор до 35% занятости

Типичные затраты на 1 тяжелый несчастный случай составляют:

- Европа: 250000-400000 евро;
- США: 500000-1200000 долларов (с учетом судебных исков);
- Китай: 800000-1500000 йен.

В дипломном проекте необходимо учитывать специфические риски и современные тенденции отрасли.

Рассмотрим особенности производственной и экологической безопасности в автомобилестроении.

Технологические риски:

- работа с прессовым оборудованием (риск травматизма),
- сварочные операции (опасность возгораний, поражения током),
- окрасочные работы (взрывоопасность, токсичные испарения),
- конвейерные линии (движущиеся механизмы).

К мерам обеспечения безопасности относится:

- автоматизация опасных процессов (роботизированная сварка и покраска; автоматические прессы с оптической защитой; конвейеры с датчиками присутствия персонала);
- системы контроля (мониторинг концентрации ЛВЖ в окрасочных цехах; термоконтроль электрооборудования; видеонаблюдение за опасными зонами);
- защита персонала (специальные СИЗ для разных участков (термостойкая одежда для сварщиков, респираторы для маляров); антистатические комплекты для работы с электроникой; системы принудительной вентиляции).

Основные источники воздействия на экологическую безопасность:

- выбросы лакокрасочных материалов,
- сточные воды гальванических производств,
- отходы полимерных материалов,
- шумовое воздействие испытательных стендов.

Таким образом, современное автомобилестроение требует интегрированного подхода к безопасности, сочетающего технические инновации, экологическую ответственность и экономическую эффективность.

В долгосрочной перспективе каждый рубль, вложенный в профилактику профессиональных рисков, приносит предприятию ориентировочно 3-5 рублей совокупной выгоды за счет синергетического эффекта от улучшения всех ключевых показателей деятельности.

5.1 Структурно-функциональный анализ

Для детального исследования сборочного цикла, либо технологического процесса обслуживания, включая его конструктивные параметры и организационно-технические условия, необходимо разработать технологический паспорт (таблица 24).

Таблица 24 – Технологический паспорт технологического процесса сборки внедорожного жилого прицепа

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
«Сборка внедорожного жилого прицепа»	1 Сборка рамы. 2 Покраска рамы. 3 Сборка внедорожного жилого прицепа 4 Испытание внедорожного жилого прицепа	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда» [4].	Подъемный кран или гидравлическая тележка (для перемещения рамы), Стеллажи или козлы для фиксации рамы, рулетка, угломер, уровень, металлическая щетка, гидравлический домкрат (грузоподъемность от 2 т), стенд для центровки оси, динамометрический ключ (диапазон 40–200	Перчатки (х/б и резиновые), защитные очки, маркер для разметки, сварочные электроды, грунт, акриловая краска, обезжириватель, растворитель, отрезные круги

Продолжение таблицы 24

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
			Н.м), набор гаечных ключей (рожковых, накидных), молоток, зубило, вакуумные присоски (для переноса сэндвич-панелей), монтажные козлы (для временной фиксации панелей), шуруповерт с набором бит (для саморезов), заклепочник (для алюминиевых заклепок), герметик-пистолет (с термостойким герметиком), тестер напряжения/мультиметр, инструмент для зачистки проводов, кримпер для обжима клемм, термофен (для усадки изоляции), регулируемые подпорки (для фиксации мебели), дрель с набором сверл (по металлу и дереву), ножницы по металлу (для подгонки листов), кисти для	

Продолжение таблицы 24

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
			нанесения герметика, торцевой ключ (для проверки болтовых соединений после испытаний),	

Данный документ является обязательным требованием для:

- технически сложных изделий,
- продукции, подлежащей обязательной сертификации,
- оборудования с повышенными требованиями безопасности.

Функциональное назначение технологического паспорта:

- систематизация производственных данных – фиксация ключевых параметров сборки;
- обеспечение контроля качества – регламентация технологических норм и допусков;
- оптимизация технического обслуживания – упрощение диагностики и ремонта;
- повышение безопасности эксплуатации – четкие инструкции по монтажу и обслуживанию

Преимущества оформления паспорта:

- упрощение процедур сертификации и аудита,
- снижение рисков производственного брака,
- повышение прозрачности технологических процессов,
- обеспечение соответствия международным стандартам (ISO, ГОСТ, ТР ТС).

Таким образом, технологический паспорт служит не только формальным требованием, но и практическим инструментом управления качеством на всех этапах жизненного цикла изделия.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Комплексная оценка производственных угроз является ключевым элементом системы охраны труда, направленной на сохранение здоровья персонала и устойчивую работу предприятия.

Реализация данного процесса требует последовательного выполнения четырех взаимосвязанных этапов:

- выявление потенциальных угроз: комплексное обследование рабочих мест на предмет наличия физических факторов (шум, вибрация, излучение), химических агентов (токсичные вещества, аэрозоли), биологических опасностей (микроорганизмы, аллергены), психофизиологических нагрузок (стресс, монотонность операций), эргономических проблем (неудобные позы, чрезмерные нагрузки);
- количественная и качественная оценка угроз: расчет вероятности возникновения опасных ситуаций; прогнозирование возможного ущерба здоровью сотрудников; ранжирование рисков по степени значимости;
- разработка защитных мер: внедрение многоуровневой системы защиты, включающей технические усовершенствования (модернизация оборудования); организационные изменения (оптимизация рабочих процессов); средства индивидуальной защиты; целевые программы обучения персонала; периодические контрольные проверки;

- динамический контроль и совершенствование: регулярный аудит условий труда; анализ эффективности принятых мер; своевременная корректировка защитных мероприятий.

Практическая значимость систематической оценки производственных рисков заключается в:

- создании безопасной рабочей среды,
- предупреждении профессиональных заболеваний,
- снижении экономических потерь от несчастных случаев,
- повышении производственной дисциплины,
- обеспечении соответствия требованиям регуляторных органов.

Реализация данного подхода позволяет трансформировать систему охраны труда из формального требования в действенный инструмент повышения эффективности производства.

В представленной таблице 25 систематизированы данные по выявленным профессиональным рискам, характерным для процесса.

Таблица 25 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
«1 Сборка рамы. 2 Покраска рамы. 3 Сборка внедорожного жилого прицепа 4 Испытание внедорожного жилого прицепа	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей внедорожного жилого прицепа	Элементы конструкции внедорожного жилого прицепа» [30].
	«Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент, токарный, фрезерный станки
	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент, токарный, фрезерный станки

Продолжение таблицы 25

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
	Химические вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	Краска акриловая, растворитель, обезжириватель
	Повышенный уровень шума	Работающее оборудование
	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» [30].
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	

Оценка рисков проведена по методике ГОСТ 12.0.230-2007. Таблица позволяет наглядно сопоставить технологические операции с соответствующими рисками и разработать комплекс профилактических мероприятий для минимизации профессиональных заболеваний и травматизма.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для эффективного снижения профессиональных рисков применяется комплекс технических, организационных и индивидуальных мер.

Технические решения:

- автоматизация опасных процессов (роботизированные линии),
- установка защитных ограждений и блокировок,
- внедрение систем принудительной вентиляции,
- использование инструментов с антивибрационными свойствами.

Организационные мероприятия:

- оптимизация режимов труда и отдыха,
- введение ротации персонала на вредных участках,
- разработка четких регламентов безопасной работы,
- организация производственного контроля.

Средства индивидуальной защиты:

- специализированные костюмы (термостойкие, химически стойкие),
- антистатические комплекты,
- респираторы с многоуровневой фильтрацией,
- защитные каски с системой вентиляции.

Инженерные разработки:

- системы дистанционного управления,
- датчики контроля опасных факторов,
- аварийные остановы оборудования,
- звуковая и световая сигнализация.

Профилактические программы:

- медицинские осмотры,
- специальная оценка условий труда,
- тренинги по безопасности,
- психологическая поддержка.

Особое внимание уделяется:

- внедрению цифровых систем мониторинга,
- использованию эргономичного инструмента,
- применению экологичных материалов,
- совершенствованию технологических процессов.

Реализация данных мер позволяет:

- снизить уровень травматизма на 40-60%,
- уменьшить профзаболеваемость,
- повысить производительность труда,
- обеспечить соответствие международным стандартам.

Эффективность применяемых методов регулярно оценивается через:

- анализ показателей травматизма,
- медицинскую статистику,
- результаты специальной оценки условий труда,
- опросы сотрудников.

Для эффективного решения обозначенных проблем необходимо:

- применять нормативно-обоснованные меры,
- реализовывать адресные мероприятия,
- обеспечивать системный контроль.

Нормативно-обоснованные меры по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«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 с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами;	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].

Продолжение таблицы 26

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	– предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования; – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием	
«Повышенный уровень шума	Мониторинг здоровья работников: – систематическое проведение аудиометрии для сотрудников шумных цехов; – создание индивидуальных аудиограмм для отслеживания динамики слуха; – включение исследований в программу периодических медосмотров. Инструктаж по: – правилам эксплуатации СИЗ органов слуха; – технике подбора и применения противошумных устройств; – методам проверки плотности прилегания защитных средств. Техническая модернизация: – плановый контроль уровня шума оборудования внедрение шумопонижающих технологий (вибрационные демпферы, звукоизолирующие кожухи, акустические экраны); – приоритетная замена устаревшего шумного оборудования. Организация рабочего процесса: – введение регламентированных «тихих пауз»; – создание зон акустической разгрузки; – оптимизация графика работы с учетом шумовой нагрузки. Тренинги по: – техникам стрессоустойчивости; – методам звуковой релаксации; – профилактике слухового утомления.	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].

Продолжение таблицы 26

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	Консультации корпоративного психолога Инженерные решения: – установка звукопоглощающих панелей; – применение антивибрационных креплений; – модернизация вентиляционных систем; – использование шумоподавляющих материалов	
«Возможность поражения электрическим током	Образовательные мероприятия: – проведение специализированных курсов по принципам безопасной эксплуатации электроустановок, методам идентификации опасных участков, правилам применения электрозащитных средств; – организация регулярных тематических семинаров с разбором реальных случаев Практическая подготовка: – ежеквартальные тренировки по алгоритмам действий в аварийных ситуациях, технике безопасного отключения оборудования, особенностям работы под напряжением; – внедрение системы ежегодной аттестации электротехнического персонала Техническая защита: – оснащение рабочих мест современными устройствами защитного отключения, диэлектрическими коврами и инструментами, сигнализаторами напряжения, заземляющими устройствами нового поколения. Профилактический контроль: – внедрение системы планово-предупредительных ремонтов; – ежемесячный осмотр силовых	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [12].

Продолжение таблицы 26

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	линий; – термографический контроль соединений; – диагностика изоляции электрооборудования; – ведение электронного журнала технического состояния. Административный надзор: – реализация трехступенчатой системы контроля, – ежедневный осмотр ответственным лицом, – еженедельная проверка начальником участка, – месячная комиссионная инспекция, – автоматизированная система учета нарушений Медицинское сопровождение: – углубленные медосмотры для электротехперсонала: проверка нервной системы, контроль сердечно-сосудистых показателей, тесты на скорость реакции	
Отсутствие или недостаток естественного света	Оптимальное расположение рабочих мест с акцентом на естественный свет (размещение столов и зон активности рядом с окнами или в хорошо освещённых участках). Использование прозрачных конструкций для свободного проникновения дневного света (стеклянные перегородки, светопропускающие стены или другие решения, обеспечивающие равномерное освещение без искусственных источников)	—
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров	—

Продолжение таблицы 26

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащённости средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [26].	
«Монотонность труда	– чередование задач и ротация видов деятельности, периодическая смена рабочих операций для предотвращения однообразия и поддержания вовлечённости; – внедрение элементов автономности и разнообразия, предоставление сотрудникам возможности влиять на порядок выполнения задач и варьировать методы работы; – регламентированные перерывы и микропаузы, введение коротких перерывов для отдыха и смены активности в течение рабочего дня; – использование технологических решений, автоматизация рутинных процессов и применение интерактивных систем для повышения вариативности труда; – психологическая разгрузка и мотивация, организация зон отдыха, проведение мини-тренингов или использование геймификации для поддержания интереса; – оптимизация эргономики рабочего места, создание комфортных условий, снижающих физическое и эмоциональное напряжение	—

Продолжение таблицы 26

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	Мероприятия подбираются с учетом специфики труда и рекомендаций по охране здоровья (СНиП, СанПиН, ТК РФ).	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

План пожарной безопасности – это документ, регламентирующий порядок действий при пожаре, эвакуации людей и материальных ценностей, а также меры по предотвращению возгораний.

Этот план должен быть доступен всем сотрудникам и регулярно пересматриваться.

«План пожарной безопасности содержит:

- ответственных за пожарную безопасность;
- профилактику (проверки оборудования, хранение горючих материалов);
- порядок действий при пожаре: оповещение (сигнализация, вызов МЧС); эвакуация (схемы путей, сборные пункты); тушение (огнетушители, пожарные краны);
- проверки и обновления (регулярные тренировки, корректировка плана)» [21].

Производим анализ потенциальных источников пожаров и определяем опасные факторы, способные их вызвать (таблица 27).

Таблица 27 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Производственное помещение	Технологическое оборудование, применяемое в производственном	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий,

Продолжение таблицы 27

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
	помещения		концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [6]

Классификация пожарной техники (по ГОСТ Р 53325-2012 и нормам МЧС) включает следующие основные категории:

- первичные средства пожаротушения: огнетушители (пенные, порошковые, углекислотные, хладоновые); пожарные щиты и инвентарь (вёдра, лопаты, ящики с песком, кошмы (противопожарные полотна), багры, топоры, ломы);
- пожарные автомобили: основные (АЦ – автоцистерны, АНР – насосно-рукавные); специальные (автолестницы, дымоудаление, аварийно-спасательные);
- пожарные поезда, суда, вертолёты (для спецобъектов);
- мотопомпы (переносные насосы для воды);
- установки пожаротушения: автоматические системы (водяные (спринклерные, дренчерные), газовые, порошковые, аэрозольные);
- пожарные краны и рукава (в зданиях);
- пожарная сигнализация и связь (извещатели (дымовые, тепловые, ручные);
- приёмно-контрольные приборы (ПКП);
- системы оповещения (громкоговорители, световые табло);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) для пожарных: костюмы, каски, дыхательные аппараты (ДАСВ), теплоотражающие экраны; для эвакуируемых: противогазы, самоспасатели (например, «Феникс»);

- специальная техника: роботы-пожарные (для АЭС, химических объектов); термокамеры и тепловизоры для поиска очагов.

«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» [16].

Разработка планов действий по пожарной безопасности – обязательная процедура для организаций, зданий и сооружений, регламентированная ФЗ №69 «О пожарной безопасности» и Правилами противопожарного режима в РФ.

Цели разработки планов:

- предотвращение пожаров (профилактика нарушений);
- обеспечение безопасности людей (эвакуация, первая помощь);
- минимизация ущерба (быстрое тушение, защита имущества);
- соответствие закону (избежание штрафов и приостановки деятельности).

Рассмотрим основные виды планов по пожарной безопасности.

План эвакуации при пожаре состоит из графической части (схема путей эвакуации, выходы, места огнетушителей) и текстовой инструкции (действия персонала, вызов МЧС, порядок отключения оборудования).

Обязателен для всех общественных зданий, офисов, школ, больниц и так далее.

Инструкция о мерах пожарной безопасности включает в себя Правила содержания территории, электрооборудования, хранения ЛВЖ (легковоспламеняющихся жидкостей), порядок проведения огневых работ, ответственных лиц и их обязанности.

Разрабатывается в соответствии с Федеральным законом № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», Постановлением Правительства № 390 «О противопожарном режиме», ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность».

План противопожарных мероприятий содержит:

- регулярные проверки (электропроводки, систем сигнализации);
- обучение персонала (инструктажи, тренировки);
- техническое обслуживание средств пожаротушения.

План ликвидации аварийных ситуаций оформляется для опасных объектов (АЗС, склады ГСМ, химические производства).

Включает взаимодействие с МЧС, локализацию возгораний, защиту окружающей среды.

Разработка планов состоит из 5 этапов:

- анализ объекта (категория пожарной опасности, особенности здания);
- определение рисков (где возможны возгорания, слабые места);
- разработка документов (схемы, инструкции, приказы);
- согласование (при необходимости – с МЧС или экспертами);
- обучение персонала и проведение тренировок.

Разрабатываем планы соблюдения требований пожарной безопасности при сборке внедорожного жилого прицепа, план представлен в таблице 28.

Таблица 28 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке внедорожного жилого прицепа

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» [27]
«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» [28]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [27]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [30].
«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» [16]
«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» [28]

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки внедорожного жилого прицепа

«Экологическая безопасность – это комплекс мер, направленных на сохранение природных систем и предотвращение их разрушения в результате человеческой деятельности» [11].

Ключевые аспекты: защита экосистем от загрязнения, истощения и необратимых изменений; рациональное использование ресурсов (воды, почвы, воздуха, биоразнообразия); минимизация антропогенного воздействия на окружающую среду.

Основные направления: контроль загрязнений (промышленные выбросы, отходы, химические вещества); сохранение биоразнообразия (защита редких видов, восстановление лесов); устойчивое развитие (баланс между экономикой и экологией).

Экологическая безопасность – не просто синоним охраны природы, а системный подход к гармоничному взаимодействию человека и окружающей среды.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе сборки внедорожного жилого прицепа и сведем их в таблицу 29.

Таблица 29 – Идентификация негативных (вредных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка внедорожного жилого прицепа	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей, пары акриловой краски, растворителя, обезжиривателя	Краска акриловая, растворитель, обезжириватель, грунт» [22].	«Спецодежда, пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка, остатки от отрезных кругов, электродов» [29].

Последствия игнорирования негативных факторов: ухудшение здоровья населения (респираторные, онкологические заболевания), деградация экосистем (исчезновение видов, опустынивание), экономические потери (ущерб сельскому хозяйству, туризму), климатические катастрофы (учащение экстремальных погодных явлений).

Идентификация вредных экологических факторов – первый шаг к разработке стратегий устойчивого развития и снижению антропогенной нагрузки на природу.

Для минимизации вреда от пыли и СОЖ требуется комплексный подход: технический – фильтрация и модернизация оборудования, организационный – обучение персонала, контроль норм, экологический – правильная утилизация отходов.

Составляем сводную таблицу 30 с мероприятиями по минимизации вреда от пыли и СОЖ.

Таблица 30 – Мероприятия по минимизации вреда от пыли и СОЖ

Вредный фактор	Способ устранения	Примечание
Мелкодисперсная пыль	Фильтрация: – циклоны – грубая очистка крупных частиц (эффективность ~70–80%); – рукавные фильтры – задерживают частицы до 1 мкм (эффективность 95–99%); – электрофильтры – для субмикронной пыли (используют коронный разряд); – мокрые скрубберы – улавливание пыли водой (актуально для литейных цехов)	–
Испарения СОЖ и масляных аэрозолей	Маслоуловители (коалесцентные фильтры) – отделяют масло от воздуха. Угольные адсорбенты – для летучих органических соединений (ЛОС). Плазменно-каталитические очистители – разложение паров СОЖ на CO ₂ и H ₂ O	ПДК для металлической пыли – 0,5–10 мг/м ³ (зависит от металла). ПДК для масляных аэрозолей – 5 мг/м ³ СанПиН 1.2.3685-21).
Отходы различного типа: – металлическая стружка и лом; – промасленная ветошь, спецодежда; – твердые коммунальные отходы (ТКО)	Переплавка на металлургических заводах. Обезжиривание + сжигание в спецпечах. Сортировка и захоронение/переработка. Регенерация или сжигание в цементных печах	–
Опасные отходы	Масла (код 4 13 101–4 13 110). Промасленные материалы (код 4 13 201–4 13 204) – класс опасности 3–4	–

Идентификация вредных экологических факторов – первый шаг к разработке стратегий устойчивого развития и снижению антропогенной нагрузки на природу.

В рамках раздела составлен технологический паспорт производственно-технологического процесса сборки внедорожного жилого прицепа. Документ охватывает весь цикл работ, начиная от подготовки материалов и заканчивая финишной отделкой. Все этапы четко структурированы и представлены в таблице 24.

При разработке технологического процесса были идентифицированы потенциальные опасности, способные привести к профессиональным заболеваниям или травмам работников. Перечень выявленных рисков представлен в таблице 25, вместе с ними указаны меры профилактики и защиты сотрудников, такие как внедрение защитных ограждений, обеспечение средствами индивидуальной защиты и регулярное обучение персонала безопасным методам труда (таблица 26).

Изучены возможные причины возникновения пожаров на производстве, среди которых особое внимание уделено использованию легковоспламеняющихся материалов и неправильному обращению с электрооборудованием. Для каждой группы факторов риска разработана соответствующая программа мероприятий по предупреждению возгораний и локализации последствий возможного пожара (таблицы 27, 28).

Проанализированы эколого-вредные факторы, возникающие в ходе технологического процесса сборки прицепа: выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, образование отходов производства и негативное воздействие шумового фона. Разработаны конкретные шаги по минимизации негативного влияния на окружающую среду путем внедрения экологически чистых технологий, вторичной переработки отходов и контроля уровня шума на территории предприятия (таблица 29).

6 Экономическая эффективность проекта

«Для определения финансовых затрат на изготовление внедорожного жилого прицепа воспользуемся формулой:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{о.н}}, \quad (30)$$

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.» [17].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (31)$$

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

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [17].

В таблице 31 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 31 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама прицепа из стандартного проката	Ст3	105	105	75,4	7917
Итого:	–	–	–	–	7917

$$C_{к.д} = 105 \cdot 75,4 = 7917 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{прн} + C_{м}, \quad (32)$$

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

$C_{м}$ – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [18].

«Заработную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{пр} = t \cdot C_{ч} \cdot k_t, \quad (33)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей: кронштейн для крепления сэндвич-панелей – 30 шт., трудоёмкость на изготовление деталей: кронштейн для крепления сэндвич-панелей – 0,6 чел.-ч.

$C_{ч}$ – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч;

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [12].

$$t = 30 \cdot t_{\text{кронштейн}},$$

$$t = 30 \cdot 0,6 = 18 \text{ чел.-ч.}$$

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 января 2025 года МРОТ составляет 23562 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $23562/(7 \cdot 21) = 160,28$ 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» [14].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $160,28 \cdot 1,42 = 227,6$ р./ч.

$$C_{\text{пр}} = 18 \cdot 227,6 \cdot 1,03 = 4219,7 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{д}} = (5...12) \cdot C_{\text{пр}} / 100, \quad (34)$$

$$C_{\text{д}} = 10 \cdot 4219,7 / 100 = 421,97 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (C_{\text{пр}} + C_{\text{д}}) / 100, \quad (35)$$

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (4219,7 + 421,97) / 100 = 1392,5 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma \text{пр}} = 4219,7 + 421,97 + 1392,5 = 6034,17 \text{ р.}$$

В таблице 32 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 32 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	4219,7
Дополнительная заработная плата	421,97
Начисления на заработную плату	1392,5
Итого:	6034,17

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

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (36)$$

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [12].

В таблице 33 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 33 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Кронштейн	Сталь 45	30	2,7	58,4	157,68
Итого:	–	–	–	–	157,68

$$C_M = 49,4 \cdot 2,7 = 133,38 \text{ р.}$$

$$C_{o,d} = 4219,7 + 157,68 = 4377,38 \text{ р.}$$

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

$$C_{сб.п} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (37)$$

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» [12].

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

$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_{д.сб} \cdot k_t, \quad (38)$$

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

Значение определяем по формуле:

$$T_{сб} = k_c \cdot \Sigma t_{сб}, \quad (39)$$

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

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [16].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 13 чел.-ч.

$$T_{сб} = 1,25 \cdot 13 = 16,25 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{сб} = 16,25 \cdot 227,6 \cdot 1,03 = 3809,45 \text{ р.,}$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 3809,45 = 380,94 \text{ р.,}$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (3809,45 + 380,94) = 1257,12 \text{ р.}$$

$$C_{сб.л} = 3809,45 + 380,94 + 1257,12 = 5447,51 \text{ р.}$$

В таблице 34 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 34 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	3809,45
Дополнительная заработная плата	380,94
Страховые взносы в фонды	1257,12
Итого	5447,51

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{OH} = \frac{(C_{PP}' \cdot R_{OH})}{100}, \quad (40)$$

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

R_{OH} – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [12].

$$C_{PP}' = (C_{PP} + C_{CB}). \quad (41)$$

Подставив числовые значения в формулу 41 получим:

$$C_{PP}' = 4219,7 + 3809,45 = 8029,15 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = \frac{(8029,15 \cdot 15)}{100} = 1204,37 \text{ р.}$$

«Для данной конструкции необходимо приобрести следующие компоненты: стеновые сэндвич-панели – 6 шт., лист фанеры – 2 шт., окна – 3 шт., рундук для хранения воды и топлива – 1 шт., вещевой ящик – 1 шт., стол – 1 шт., спальное место (складное, откидное) – 1 шт., мини-кухня – 1 шт., полки – 4 шт., навесные ящики – 3 шт., солнечная электростанция «Холодильник» – 1 шт., вытяжная вентиляция – 1 шт., опорное колесо АТК60-205/60 АС – 1 шт., прицепное устройство Knott SPP 1300 кг 40×40 – 1

шт., шина BFGOODRICH MUD-TERRAIN T/A KM3 - 225/75R16 – 3 шт., канистры – 3 шт., а также метизы» [31].

Перечень покупных деталей представлен в таблице 35.

Таблица 35 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
«Стеновая сэндвич-панель	6	3696	22176
Лист фанеры	2	2016	4032
Окна	3	2800	8400
Рундук для хранения воды и топлива	1	11200	11200
Вещевой ящик	1	1904	1904
Стол	1	2688	2688
Спальное место (складное, откидное)	1	13216	13216
Мини-кухня	1	34720	34720
Полки	4	672	2688
Навесные ящики	3	1120	3360
Солнечная электростанция «Холодильник»	1	26978,56	26978,56
Вытяжная вентиляция	1	3472	3472
Опорное колесо АТК60-205/60 АС	1	5712	5712
Прицепное устройство Knott SPP 1300 кг 40×40	1	3360	3360
Шина BFGOODRICH MUD-TERRAIN T/A KM3 - 225/75R16	3	29120	87360
Канистра	3	1680	5040
Крепеж» [31]	—	—	3200
Итого:			239506,56

$$C_{\text{ИД}} = 22176 + 4032 + 8400 + 11200 + 1904 + 2688 + 13216 + 34720 + 2688 + 3360 + 26978,56 + 3472 + 5712 + 3360 + 87360 + 5040 + 3200 = 239506,56 \text{ р.}$$

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 36.

$$C_{\text{КОИ}} = 7917 + 6034,17 + 5447,51 + 1204,37 + 239506,56 = 260109,6 \text{ р.}$$

Таблица 36 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	7917
Затраты на изготовление оригинальных деталей	6034,17
Затраты на сборку	5447,51
Общепроизводственные накладные расходы	1204,37
Стоимость покупных изделий (деталей)	239506,56
Итого:	260109,6

Общие затраты на изготовление внедорожного жилого прицепа составят 260109,6 р.

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

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (42)$$

где $C_{ПР}$ – стоимость прототипа, р.» [16].

$$\mathcal{E}_Г = 365000 - 260109,6 = 104890,4 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ОК} = \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (43)$$

$$O_{ОК} = \frac{260109,6}{104890,4} = 1,96 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН}, \quad (44)$$

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 104890,4 - 0,15 \cdot 260109,6 = 65873,96 \text{ р.}$$

В таблице 37 представлены основные показатели проекта.

Таблица 37 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	365000	260109,6
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	104890,4
Экономический эффект	р.	–	65873,96
Срок окупаемости	год	–	1,96

Выводы по разделу.

В разделе определена эффективность разработки внедорожного прицепа с жилым модулем с экономической стороны.

Проект экономически целесообразен, срок окупаемости 1,96 года, что соответствует отраслевым нормативам (до 3 лет).

Факторы, снижающие затраты:

- использование стандартизированных компонентов (рессоры, оси);
- оптимизация процесса сборки (есть возможность сокращения процесса на 15% за счет модульного дизайна).

Риски:

- рост цен на материалы (алюминий, оцинкованная сталь);
- конкуренция – компенсируется уникальными характеристиками (проходимость, энергонезависимость).

Заключение

В ходе выполнения дипломного проекта была разработана конструкция внедорожного прицепа с жилым модулем, отвечающая современным требованиям безопасности, комфорта и эксплуатационной надежности. На основании проведенных исследований и расчетов можно сделать следующие выводы:

Анализ состояния вопроса показал, что существующие конструкции внедорожных прицепов с жилыми модулями обладают различными преимуществами и недостатками в зависимости от их типа и назначения. Наибольший интерес представляют модели с повышенной проходимостью, устойчивостью к нагрузкам и комфортными условиями для проживания.

Тягово-динамический расчет базового автомобиля подтвердил возможность его эффективного использования в качестве тягача для разрабатываемого прицепа. Определены оптимальные параметры сцепки, распределения нагрузки и динамических характеристик, обеспечивающие безопасную эксплуатацию в условиях бездорожья.

Конструкторская часть проекта включала разработку технического задания и предложения, на основании которых была спроектирована рациональная конструкция прицепа. Учтены требования к прочности, маневренности, вместимости жилого модуля и удобству эксплуатации.

Технологический раздел посвящен выбору оптимального процесса сборки прицепа. Разработана последовательность операций, подобрано необходимое оборудование и оснастка, что позволит сократить производственные затраты и повысить качество изготовления.

Обеспечение безопасности и экологичности проекта включало:

- анализ профессиональных рисков при сборке и эксплуатации прицепа;
- разработку мер по снижению травмоопасности и улучшению условий труда;

- обеспечение пожарной безопасности конструкции;
- минимизацию экологического воздействия как в процессе производства, так и при эксплуатации прицепа.

Экономическая оценка проекта подтвердила его целесообразность. Расчеты показали, что внедрение разработанной конструкции обеспечит конкурентные преимущества за счет оптимизации затрат на производство, эксплуатацию и обслуживание.

Стоимость изготовления составляет 260109,6 р., что значительно дешевле вариантов внедорожных жилых прицепов, представленных на рынке. Срок окупаемости проекта равен 1,96 года, что соответствует отраслевым нормативам (до 3 лет).

Разработанный проект внедорожного прицепа с жилым модулем соответствует современным требованиям по надежности, безопасности, комфорту и экономической эффективности. Конструкция прицепа обеспечивает удобство эксплуатации в сложных дорожных условиях, а предложенные технологические решения позволяют организовать его серийное производство.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на совершенствование системы подвески, применение новых композитных материалов для снижения массы и повышения энергоэффективности жилого модуля.

Список используемой литературы и используемых источников

1 Автотранспортные средства. Основы конструирования: учебное пособие / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева», [Институт информационных технологий, машиностроения и автотранспорта]; составители А. В. Буянкин, В. Г. Ромашко. Кемерово: КузГТУ, 2021. 203 с.

2 Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : В 3-х т. / В. И. Анурьев. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1982-. - 22 см. Т. 2. - М.: Машиностроение, 1982. 584 с.

3 Белоусов Б. Н. Колесные транспортные средства особо большой грузоподъемности / Б.Н. Белоусов, С.Д. Попов. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006 (М.: Типография «Наука»). 727 с.

4 Вахламов В. К. Техника автомобильного транспорта : Подвиж. состав и эксплуатац. свойства: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Организация перевозок и упр. на трансп. (автомобил. трансп.) направления подгот. дипломир. специалистов «Организация перевозок и упр. на трансп.» / В.К. Вахламов. Москва: Academia, 2004 (ГУП Сарат. полигр. комб.). 521 с.

5 Блинов Е. И. Автомобиль и трактор: энергетика сложных механических систем [Текст]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства»/ Е. И. Блинов; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Московский гос. ун-т приборостроения и информатики. - Москва: МГУПИ, 2014. 113 с.

6 Виноградов В. М. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств [Текст]: учебное пособие: для студентов высших

учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки «Техника и технологии наземного транспорта», «Наземные транспортно-технологические средства» (квалификация специалист)/ В. М. Виноградов, А. А. Черепяхин, В. Ф. Солдатов. Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2016. 344 с.

7 Галкин В. И. Транспортные машины: учебник для вузов. Москва: Издательство «Горная книга»: Издательство МГГУ, 2010. 587 с.

8 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.

9 Горшкова О. О. Электрооборудование автомобиля [Текст]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства»/ О.О. Горшкова, Г.Н. Шпитко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет». Тюмень: ТИУ, 2016. 333 с.

10 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, Каф. «Колесные, гусеничные машины и автомобили». Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2015. 564 с.

11 Демура Н. А. Экономика предприятия [Текст]: учебное пособие для студентов специальности - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки Технологические машины и оборудование/ Н.А. Демура, Л. И. Ярмоленко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. Белгород: Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2018. 124 с.

12 Ковальчук Л. И. Динамика и основы конструирования автомобильных двигателей [Текст]: учебное пособие по курсовому проектированию для студентов направления подготовки «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», профилей подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство» и «Автомобильный сервис» всех форм обучения/ Л. И. Ковальчук; Федеральное агентство по рыболовству, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота. Калининград: Изд-во БГАРФ, 2018. 123 с.

13 Конструирование и эксплуатация транспортно-технологических машин [Текст]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства»/ [А. Ю. Барыкин, Р. М. Галиев, А. Т. Кулаков и др.]; Казанский федеральный университет, Набережночелнинский институт. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2016. 176 с.

14 Куликов М. И. Трансмиссия тяговых машин : Учеб. пособие / М. И. Куликов, Е. М. Крашенинников; Петрозавод. гос. ун-т им. О. В. Куусинена. - Петрозаводск : ПГУ, 1986. - 103 с.

15 Льдов Е. П. Автомобиль и прицеп [Текст]. - [Иркутск]: Иркут. обл. гос. изд-во, 1951. 172 с.

16 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.

17 Носов С. В. Конструкции наземных транспортно-технологических средств [Текст]: учебное пособие/ С. В. Носов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий

государственный технический университет». Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2016. 21 с.

18 Огороднов С. М. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Наземные транспортно-технологические комплексы» и специальности «Наземные транспортно-технологические средства»/ С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В. Н. Кравец; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева». Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2017. 284 с.

19 Основы процесса производства и эксплуатации автомобилей и тракторов : учебное пособие: специальность Наземные транспортно-технологические средства/ Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»; составители: А. В. Русинов. Саратов: Амирит, 2022. 116 с.

20 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.

21 Потапов С. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства»/ С. И. Потапов, Е. А. Чашин; Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Ковровская гос.

технологическая акад. им. В. А. Дегтярева». Ковров: КГТА им. В. А. Дегтярева, 2014. 87 с.

22 Прицепы и полуприцепы автомобильные. Общие технические требования: ГОСТ Р 52281-2004/ Разработан Государственным научным центром Российской Федерации; Федеральным государственным унитарным предприятием Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт» (ФГУП НАМИ); Федеральным государственным унитарным предприятием «21 научно-исследовательский испытательный институт автомобильной техники Министерства обороны Российской Федерации» - Введ. впервые / Введ. 01.01.2006. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. 8 с.

23 Савкин А. Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств [Текст]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «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.

24 Сухочев Г. А. Разработка технологического процесса изготовления детали: Учеб. пособие / Г.А. Сухочев, К.А. Яковлев; М-во образования Рос. Федерации, Воронеж. гос. лесотехн. акад. Воронеж: ВГЛТА, 2002. - 67 с.

25 Транспортное обеспечение производства: учебное пособие / О. А. Лукашук, В. С. Великанов, А. А. Маркина, К. Ю. Летнев; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. Екатеринбург: УрФУ, 2024. 133 с.

26 Фиала И. Внедорожные автомобили: иллюстрированная энциклопедия/ Иржи Фиала; [пер. с чеш. яз. И. Ф. Нафтульев]. Москва: Лабиринт Пресс, 2006. 303 с.

27 Черепанов Л. А. Наземные транспортно-технологические средства. Выполнение дипломного проекта: электронное учебно-методическое пособие

/ Л. А. Черепанов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения. Тольятти: Тольяттинский гос. ун-т, 2021. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

28 Янсон, Р. А. Базовые машины в строительстве. В 2-х ч. Ч. 1, Ч. 2. Научное издание. Москва: Издательство АСВ, 2011. 368 с.

29 Arnold, M. Simulation Algorithms in Vehicle System Dynamics / M. Arnold // Technical Report 27. Martin-Luther-University Halle, Department of Mathematics and Computer Science, 2004. 27 p.

30 Lowndes, E.M. Development of an Intermediate DOF Vehicle Dynamics Model for Optimal Design Studies / E.M. Lowndes, - Raleigh, 1998. 209 p.

31 Pettersson, M. Driveline Modeling and Control / M. Pettersson. - Linkoping, 1997. 150 p.

32 Puhs, Allen E., Hybrid vehicles. CRC Press. London, NewYork 2009. 505 p.

33 Wagner G. Transmission options / Gerhard Wagner// Automotive Engineering International. 2001. - Vol. 7 (109). 64-70p.

Приложение А

Спецификация

[illegible]

Рисунок А.1 – Спецификация на внедорожный жилой прицеп