

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 Разработка устройства для экстренного кратковременного повышения  
тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ

Обучающийся

А.А. Толканов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизиллов

(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)

доцент Д.А. Романов

(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)

канд. филол. наук, доцент О.В. Мурдускина

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

Тольятти 2023

## Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ».

Цель работы – разработка устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 84 страницы с приложениями.

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

Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

В первом разделе рассмотрен способ повышения коэффициента сцепления шин со скользкой поверхностью с использованием устройства для разбрасывания сыпучих материалов (песка, молотого гранита, соли).

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля КАМАЗ.

В третьем разделе рассмотрено общее описание устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ, а также проведена конструкторская разработка данного устройства.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ.

В пятом разделе рассмотрены вопросы напрямую связанные с обеспечением безопасности и экологичности проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

## **Abstract**

The title of the graduation project is: «The development of a device for emergency short-term increase of the traction and braking qualities of the «KAMAZ» vehicles».

The graduation project consists of: an introduction, six parts, a conclusion, a list of references, appendices and a graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the graduation project is the construction design of the device for emergency short-term increase of the traction and braking qualities of «KAMAZ» vehicles by sprinkling the bulk materials (sand, ground granite, salt, etc.) under the drive wheels.

We touch upon the problem of increasing the road safety by improving the adhesion of the drive wheels with the road surface. In this case, the stability of the vehicle's rectilinear movement is increased and its braking distance is reduced.

The aim of the project is to develop the design of device for emergency short-term increase of the traction and braking qualities of the «KAMAZ» vehicles.

The graduation project may be divided into several logically connected parts, which are: the study of a method for increasing the coefficient of adhesion of tires with the road surface by using the device for sprinkling the bulk materials (sand, ground granite, salt); the traction-dynamic calculation of the «KAMAZ» vehicle; the overview of the device for emergency short-term increase of the traction and braking qualities of the «KAMAZ» vehicles; the design development of the proposed device; the selection of the organizational form of assembly of the designed device, its labor intensity and technological process of assembling; the analysis of the safety and environmental friendliness of the project; the calculation of the economic efficiency of the project.

The graduation project has a practical application for motor transport enterprises and for organizations which provide the communal services.

## Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса .....	7
2 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	13
3 Конструкторская часть .....	26
3.1 Общее описание устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ.....	26
3.2 Разработка конструкции устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ.....	33
4 Технологический раздел.....	41
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	42
4.2 Проектирование технологического процесса сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ.....	46
5 Производственная и экологическая безопасность проекта .....	50
5.1 Характеристика технологического процесса сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны.....	51
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	52
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	54
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	60
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ.....	63
6 Экономическая эффективность проекта.....	66
Заключение .....	74
Список используемой литературы и используемых источников.....	75
Приложение А. Спецификация.....	80

## Введение

«Буксование ведущих колес мобильных машин – одно из отрицательных явлений при взаимодействии шины с поверхностью качения. Прежде всего, оно обусловлено величиной коэффициента сцепления шины с дорогой. В общем случае с его уменьшением буксование возрастает, и наоборот. Буксование ведущих колес может быть отдельным и совместным. Отдельное зависит не только от условий сцепления ведущих колес с поверхностью качения, но и от типа дифференциала, используемого в трансмиссии колесной машины. Отдельное буксование ведущих колес может быть полным, частичным или переменным, совместное же в основном характеризуется соответствием колесного движителя условиям движения. В том и другом случае оно отрицательно сказывается на тягово-сцепных свойствах и проходимости колесной машины. Оно присуще всем мобильным машинам, двигающимся по опорным поверхностям с малой несущей способностью или скользким дорогам вследствие низкого сцепления шин с опорной поверхностью. С другой стороны, процесс буксования, как правило, приводит к снижению коэффициента сцепления, так как сопровождается нарушением сил сцепления шины с опорной поверхностью. В некоторых ситуациях это может привести к полному буксованию колес» [2].

«Для предотвращения отдельного буксования ведущих колес на машинах большой грузоподъемности применяются самоблокирующиеся межколесные дифференциалы, увеличивающие проходимость машины. Но они имеют относительно большую стоимость и, даже обладая высокой степенью блокировки, не обеспечивают ее стопроцентно. Тем более такие дифференциалы не влияют на сцепление шин с дорогой и, следовательно, не могут исключить буксование ведущих колес в целом, так как это возможно лишь в случае достаточно высокого его значения. В связи с этим, самоблокирующиеся дифференциалы не нашли широкого применения» [3].

«При движении автотранспортного средства по дорогам с твердым покрытием буксование, как правило, наблюдается в холодный период, когда велика вероятность скольжения. В этом случае оно может привести к заносу машины и возникновению дорожно-транспортного происшествия (ДТП). Торможение в таких условиях также затруднено из-за низкого сцепления шин с поверхностью качения, а относительно резкое торможение делает автомобиль неуправляемым. Увеличение тормозного пути и неуправляемость колесной машины также являются причиной ДТП. Поэтому повышение сцепления шин с дорогой приводит к снижению буксования и тормозного пути, способствует лучшей управляемости автомобиля, в итоге приводит к улучшению условий труда водителей, повышению их травмобезопасности.

Один из путей повышения сцепления шин с дорожным покрытием – разбрасывание сыпучих материалов (щебень, песок и др.) на скользкую поверхность. Дело в том, что оно, при прочих равных условиях, зависит от шероховатости поверхности качения, которая практически отсутствует на скользких дорогах (лед, хорошо укатанный снег и др.). В том случае, когда, например, частицы разбросанного по дороге щебня, под действием давления со стороны колеса, внедряются в верхний слой льда, поверхность качения уже приобретает шероховатость, то есть появляется достаточно хорошее сцепление шин с дорогой. Такой способ применяется в зимний период в основном на городских дорогах, трассах и в других местах, где наблюдается интенсивное движение. Обычно для этого используются специальные машины, оборудованные устройствами для разбрасывания сыпучих материалов. Иная ситуация в сельском хозяйстве, где эти машины ввиду относительно малой интенсивности движения и высокой стоимости самих спецмашин практически не используются, хотя задача повышения сцепления шин с дорогой остается. Поэтому в таких условиях, имеет смысл устанавливать относительно недорогие устройства для разбрасывания сыпучих материалов на мобильные колесные машины, обеспечивающие выполнение технологического процесса» [4].

## 1 Состояние вопроса

«Погодно-климатические условия оказывают значительное влияние на элементы комплекса водитель – транспортное средство (ТС) – дорога – среда. Официальная статистика считает, что погодно-климатические условия служат непосредственной причиной (5%) всех дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Кроме того, необходимо учитывать и те ДТП, в которых погодно-климатические условия в определенной степени способствуют их возникновению. Особенно это относится к скользким несущим поверхностям.

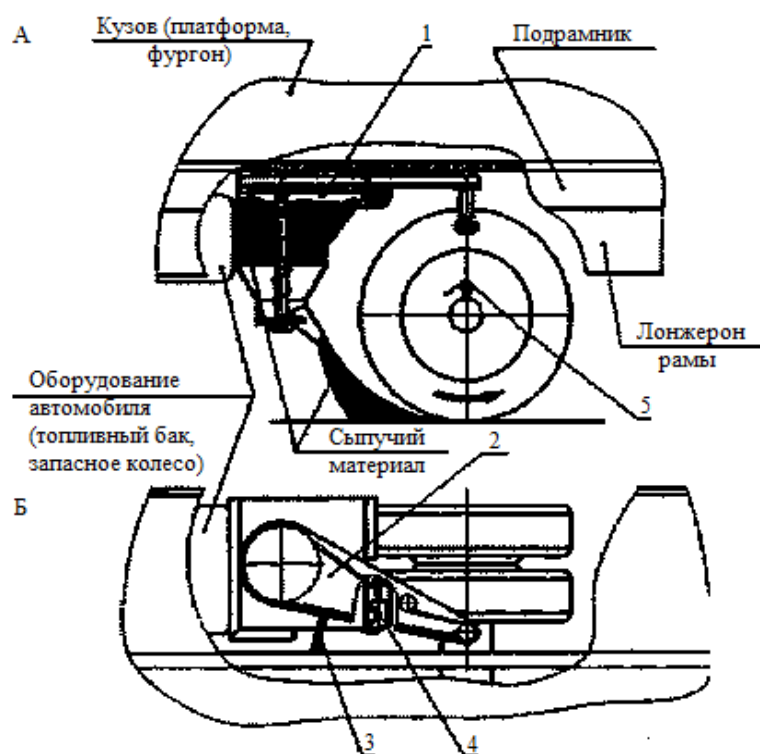
Анализ многочисленных данных показывает, что коэффициент сцепления шин с дорогой зависит от большого числа различных факторов и, в первую очередь, от типа покрытия и его состояния, температурных условий, скольжения и буксования движителей. Так, например, на сухом асфальто- и цементобетонном покрытии коэффициент сцепления составляет 0,7...0,8, а на покрытых укатанным снегом и обледенелых дорогах – соответственно 0,2...0,3 и 0,1...0,2» [5].

Чтобы колесо катилось, нужно трение. Энергия, вырабатываемая двигателем, передается через трансмиссию на ведущие колеса в виде крутящего момента. В свою очередь, крутящий момент вызывает появление тягового усилия в месте соприкосновения колеса с дорогой. Но чтобы оно возникло, между колесом и дорогой должно быть достаточное сцепление. Колесо должно как бы "упереться" в дорогу, иначе оно будет проскальзывать, проворачиваться.

«Буксование колесных машин, применяемых в сельском хозяйстве, приводит к последствиям как прямым (снижение производительности, повышение расхода топлива, ухудшение динамических качеств ТС, осложнение управления им, снижение уровня безопасности труда), так и косвенным (осложнение движения, нарушение поверхности полей и дорог, вероятность возникновения ДТП)» [7].

Для предотвращения пробуксовывания ведущих колес при движении на дорогах с малым коэффициентом сцепления, а, следовательно, и повышения тяговых свойств машин применяются различные методы и средства. На современных ТС в трансмиссию введены простые (шестеренчатые) дифференциалы, дифференциалы с принудительной блокировкой, самоблокирующиеся дифференциалы с повышенным внутренним трением, дифференциалы с механизмами свободного хода. Широко применяют цепи противоскольжения различных конструкций (витые с замочными устройствами, браслетного типа, траковые), противобуксовочные колодки, браслеты из звенчатой цепи, арочные шины на ведущих колесах и другое.

Чтобы повысить коэффициент сцепления шин со скользкой поверхностью, предлагаем использовать автоматическое устройство для разбрасывания сыпучих материалов (рисунок 1).



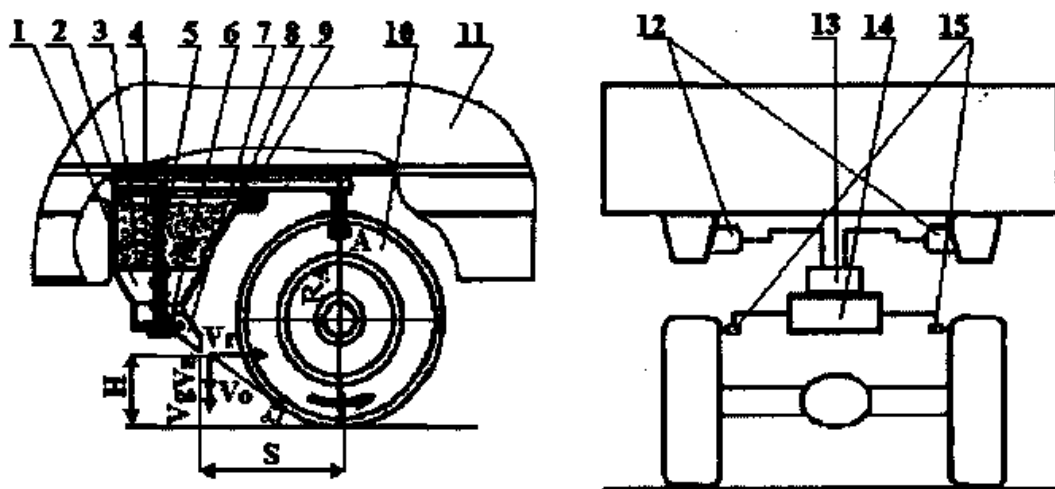
А – вид со стороны правого борта; Б – вид сверху

Рисунок 1 – Принципиальная схема автоматического устройства для разбрасывания сыпучих материалов



Оно позволяет увеличить проходимость ТС без значительных изменений их конструкции и обеспечить безопасность дорожного движения. Оно особенно эффективно в горных местностях, где, как правило, нет объездных путей, сказывается удаленность дорожной и эвакуационной техники, резко изменяющиеся и труднопрогнозируемые климатические условия, ограниченная видимость и так далее.

«Устройство включает в себя бункер 1 для сыпучего материала, поворотную консоль 2 с ременной передачей, пружину 3 растяжения консоли, соленоид (электромагнит) 4, индуктивные датчики 5 и сравнитель угловых ускорений с усилителем (условно не показаны). Бункер с помощью устройства, состоящего из салазок с замковым узлом, установлен на платформе (рисунок 2) кузова между ведущим колесом и топливным баком (или запасным колесом)» [8].



- 1 – бункер; 2 – сыпучий материал; 3 – окно; 4 – регулировочная колонка; 5 – вал с ворошителем; 6 – разбрасывающее устройство; 7 – конусный направляющий желоб; 8 – салазки; 9 – замковое устройство; 10 – колесо мобильной машины; 11 – кузов; 12 – приводной механизм устройства; 13 – усилитель; 14 – сравнитель угловых ускорений; 15 – индуктивные датчики

Рисунок 2 – Схема установки автоматического устройства на АТС

«В верхней части (снаружи) он снабжен откидным загрузочным лотком, выполняющим функцию откидной крышки. В средней части размещена регулировочная колонка, внутри корпуса на подшипниковых

узлах – валы привода разбрасывающего диска и ворошителя, а в нижней части – вертикально вращающийся диск с лопастями и конусный насадок.

На боковой стенке бункера через кронштейн закреплен соленоид толкающего типа, шток которого соединен с плечом консоли, регулируемой резьбовой втулкой со сферическим наконечником. Пружина, крепящаяся одним концом к плечу консоли, а другим – к подрамнику ТС, выбирает ход штока соленоида и удерживает консоль от проворота, оттягивая ее к раме и не давая соприкоснуться обрезиненному ролику с боковиной ведущего колеса.

Консоль представляет собой поворотное плечо, имеющее отверстия под валы ведомого и ведущего шкивов ременной передачи и натяжного ролика. Эта система закрыта защитным кожухом. Консоль шарнирно, через пластмассовую втулку, установлена на крышке бункера и может поворачиваться относительно бункера на незначительный угол. Ведомый шкив расположен в верхней части на валу бункера. Ведущий шкив и обрезиненный ролик смонтированы на одном валу» [1].

На раме размещены индуктивные датчики (типа датчиков Холла), фиксирующие частоту вращения или угловую скорость ведущих колес и соединенные электропроводами со сравнителем угловых ускорений. Последний связан с усилителем в общей цепи электрооборудования машины.

Предлагаемое устройство выполнено для каждого ведущего колеса одной оси, так как совместное буксование происходит довольно редко, и, как правило, пробуксовывают колеса или левого, или правого борта.

«При попадании одного из ведущих колес на скользкий участок дороги оно начинает пробуксовывать. В этом случае угловая скорость (ускорение) буксующего колеса увеличивается. Сигналы от индуктивных датчиков, установленных на разных бортах, поступают в сравнитель угловых ускорений. Как только разность в соотношении угловых ускорений превысит предел  $\varepsilon > 10...25 \text{ с}^{-2}$  [2], аналоговое устройство через усилитель подает питание на соленоид, расположенный на борту буксующего колеса. Соленоид толкает плечо консоли, преодолевая усилие пружины и

поворачивая консоль в сторону ведущего колеса. При этом обрешиненный ролик прижимается к боковине колеса» [10].

«Вращение обрешиненного ролика через клиноремennую передачу консоли передается на вал бункера, тем самым заставляя вращаться ворошитель и разбрасывающий диск. Лопасты диска захватывают сыпучий материал из бункера, порционно и направленно выбрасывают его под ведущее буксующее колесо ТС, восстанавливая необходимый коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием. Угловые ускорения ведущих колес уравниваются, и сравнитель угловых ускорений отключает электропитание соленоида. Под действием пружины консоль, поворачиваясь на втулке, отводит ролик от колеса в исходное положение.

В случае совместного буксования колес автоматическое включение устройств невозможно, так как не работает сравнитель угловых ускорений [2]. Для этого в конструкции необходимо предусмотреть принудительное одновременное управление устройствами включением тумблера» [2].

«Для предотвращения буксования высота слоя насыпаемого материала должна составлять 1,5...3 мм. Ее выбирают с учетом средней высоты неровностей дорожного покрытия 3...5 мм [3, 5]. Так как при буксовании колесной машины может наблюдаться явление юза, сыпучий материал следует разбрасывать на ширину  $B-h_{uu}+2c$ , где  $h_{uu}$  – ширина беговой дорожки (протектора) колеса, м;  $c = 0,15...0,2$  – перекрытие ширины беговой дорожки. При этом основным показателем служит угол разбрасывания  $\alpha$ , который может задаваться профилем желоба, на конце которого делается раструб» [2].

«В первом приближении можно принять:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{H}{S}\right), \quad (1)$$

где  $H$  – перемещение частицы сыпучего материала, м.

$S$  – дальность полета частицы сыпучего материала, м» [12].

Зная начальную скорость вылета частицы, ширину и угол разбрасывания сыпучего материала, можно определить параметры предлагаемого разбрасывающего устройства. Так как начальная скорость  $v_0$  полета частицы зависит от скорости  $v_d$  лопатки диска, можно принять, что  $v_0 = v_d$ , а угловая скорость  $\omega_d$  вала разбрасывающего диска может быть найдена по формуле:

$$\omega_d = \frac{v_d}{R_d} = \frac{v_0}{R_d}, \quad (2)$$

где  $R_d$  – радиус разбрасывающего диска (длина лопатки), м.

Ширину  $b$  обрешеченного ролика найдем по формуле [4]:

$$b = 2\psi - R_A, \quad (3)$$

где  $\psi$  – коэффициент длины контактной площадки, принимается равным в диапазоне от 0,2 до 0,6;

$R_A$  – расстояние от оси колеса до точки контакта с роликом, м.

«В исследовании Ю.Т. Горшкова буксование колесных машин исследовали на автомобиле ЗИЛ-4331 с пятикратной повторностью. Установлено, что благодаря использованию автоматического устройства для разбрасывания сыпучих материалов коэффициент буксования снижается с 0,47 до 0,25 (более чем на 20 %)» [11].

Таким образом, за счет улучшения сцепных качеств ведущих колес с дорожным покрытием повышается устойчивость прямолинейного движения ТС и уменьшается его тормозной путь

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрен способ повышения коэффициента сцепления шин со скользкой поверхностью с использованием устройства для разбрасывания сыпучих материалов (песка, молотого гранита, соли).

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Внешний вид автомобиля КамАЗ 4326 представлен на рисунке 3.

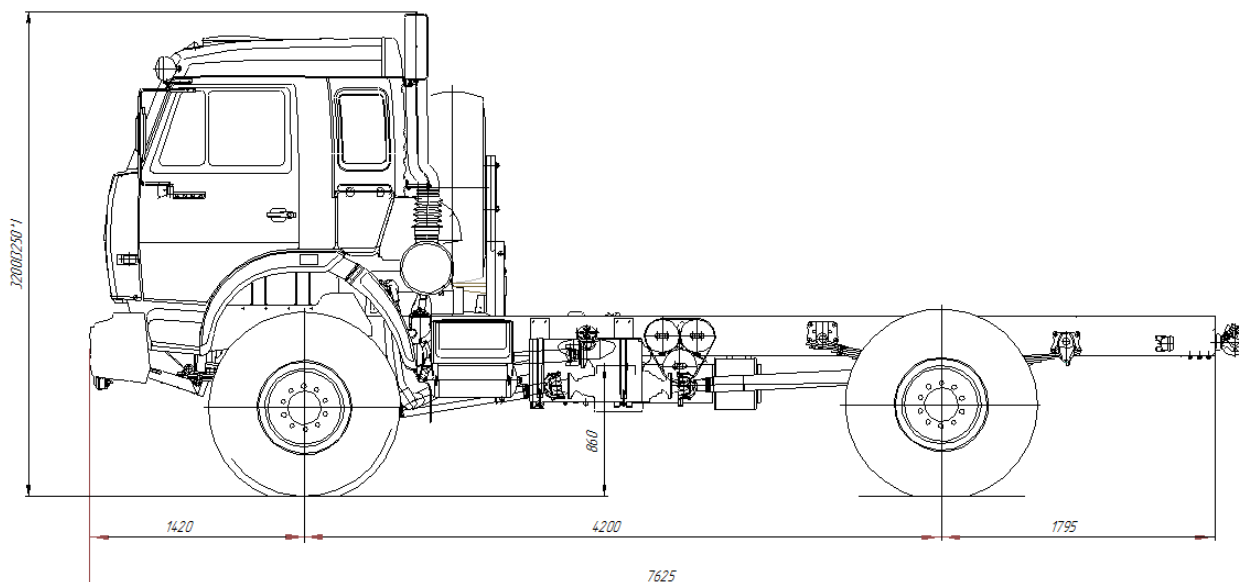


Рисунок 3 – Внешний вид автомобиля КамАЗ 4326

Техническая характеристика автомобиля:

«Грузоподъёмность, кг.....4000.

Максимальная нагрузка, кг:

– на переднюю ось.....5300;

– на заднюю ось.....7400.

Габаритные размеры, мм:

– длина.....7625;

– ширина.....2900;

– высота.....3200;

– база автомобиля.....4200;

– колея передних колёс .....2050;

– колея задних колёс .....2050» [1].

«Двигатель

– тип..... четырехтактный, дизельный;

- расположение и число цилиндров ..... V-образное, 8;
- диаметр цилиндра/ход поршня, мм..... 120/120;
- рабочий объём цилиндров, л.....10,85;
- номинальная мощность, кВт.....165;
- максимальный крутящий момент (при 1100-1500об/мин), Н·м.....760.

Передаточные числа в КПП:

- 1 передача.....7,82;
- 2 передача.....4,03;
- 3 передача.....2,5;
- 4 передача.....1,53;
- 5 передача.....1;
- з.х. ....7,38;
- передаточное число главной передачи.....6,53.

Передаточные числа раздаточной коробки:

- пониженная передача.....1,9;
- повышенная передача .....0,93» [1].

«Сцепление: сухое, однодисковое, с центральной нажимной пружиной

диафрагменного типа.

Привод выключения сцепления: пневмогидравлический.

Коробка передач: механическая, пятиступенчатая, с синхронизаторами инерционного типа;

Раздаточная коробка: механическая, двухступенчатая, для включения переднего моста и блокировки дифференциала используются электропневматические клапаны;

Карданная передача: открытого типа, состоит из трёх валов (основного между коробкой передач и раздаточной коробкой, привода заднего моста между раздаточной коробкой и главной передачей заднего моста, привода переднего моста между раздаточной коробкой и главной передачей переднего моста). Карданные шарниры на игольчатых подшипниках;

Тип мостов: задний – ведущий, передний мост – управляемый и ведущий;

Главные передачи: одноступенчатые, состоящие из пары конических шестерён со спиральными зубьями.

Дифференциал мостов: конический, симметричный» [2].

Выполним тяговый расчет АТС.

Расчет потребной мощности двигателя

«Потребная мощность рассчитывается по формуле:

$$N_e = \frac{P_k \cdot v_{max} \cdot 10^{-3}}{\eta_{mp}}, \quad (1)$$

где  $P_k$  – касательная сила тяги на движителе, необходимая для преодоления суммарной силы сопротивления движению, Н;

$v_{max}$  – максимальная скорость движения АТС, м/с;

$\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии» [20].

«Касательная сила тяги определяется по выражению:

$$P_k = (G + Q) \cdot (f \cos \alpha + \sin \alpha) + k \cdot F \cdot v^2, \quad (2)$$

где  $G$  – собственный вес автомобиля;

$Q$  – вес пассажиров и груза;

$f$  – коэффициент сопротивления качению автомобиля;

$\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии, с отключенным передним мостом равен 0,834, для полного привода 0,8

$\alpha$  – уклон дороги, град.;

$k$  – коэффициент обтекаемости;

$F$  – лобовая площадь автомобиля» [20].

«Сила сцепления колеса с грунтом определяется по выражению:

$$P_{\varphi} = G_{\text{сц}} \cdot \varphi, \text{ Н}, \quad (3)$$

где  $G_{\text{сц}}$  – сцепной вес автомобиля;

$\varphi$  – коэффициент сцепления движителя с грунтом.

Необходимо соблюдение условия  $P_k < P_{\varphi}$ .

Ведется для следующих скоростей движения:

- минимальная скорость с максимальной нагрузкой при худших дорожных условиях равна 5 км/ч или 1,4 м/с, коэффициент сопротивления качению автомобиля – 0,2, коэффициент сцепления движителя с грунтом – 0,3, а угол уклона дороги – 0 град.;
- рабочая скорость с грузом при хороших дорожных условиях равна 50 км/ч или 13,9 м/с, коэффициент сопротивления качению автомобиля – 0,02, коэффициент сцепления движителя с грунтом – 0,7, а угол уклона дороги – 3 град.;
- максимальная скорость с грузом при хороших дорожных условиях равна 90 км/ч или 25 м/с, коэффициент сопротивления качению автомобиля – 0,015, коэффициент сцепления движителя с грунтом – 0,7, а угол уклона дороги – 0 град.» [20].

При минимальной скорости с максимальной нагрузкой при худших дорожных условиях:

$$P_k = 127 \cdot 10^3 \cdot 0,2 + 0,61 \cdot 5,5 \cdot 1,4^2 = 25406,6 \text{ Н},$$

$$N_e = \frac{25406,6 \cdot 1,4 \cdot}{0,80} = 44,5 \text{ кВт},$$

$$P_{\varphi} = G_{\text{сц}} \cdot \varphi = 127 \cdot 10^3 \cdot 0,3 = 38100 \text{ Н}.$$

При рабочей скорости с грузом при хороших дорожных условиях:



$$P_k = 127 \cdot 10^3 \cdot (0,02 \cdot \cos 3^\circ + \sin 3^\circ) + 0,61 \cdot 5,5 \cdot 13,9^2 = 9828,0 \text{ Н},$$

$$F = \alpha_d \cdot B \cdot H = 0,8 \cdot 2,9 \cdot 3,1 = 5,5 \text{ м}^2,$$

$$\kappa = 0,61;$$

$$N_e = \frac{9828,0 \cdot 13,9}{0,80} = 170,8 \text{ кВт},$$

$$P_\varphi = G_{сц} \cdot \varphi = 127 \cdot 10^3 \cdot 0,7 = 88900 \text{ Н}.$$

При максимальной скорости с грузом при хороших дорожных условиях.

$$P_k = 127 \cdot 10^3 \cdot 0,015 + 0,61 \cdot 5,5 \cdot 25^2 = 4001,9 \text{ Н},$$

$$N_e = \frac{4001,9 \cdot 25 \cdot}{0,80} = 125,1 \text{ кВт},$$

$$P_\varphi = G_{сц} \cdot \varphi = 127 \cdot 10^3 \cdot 0,7 = 88900 \text{ Н}.$$

«По рассчитанному максимальному значению мощности выбран двигатель КамАЗ-740.31-240.

Техническая характеристика:

- дизельный, V-образный, 8 -цилиндровый;
- максимальная мощность 165 кВт (400 л.с.);
- максимальный крутящий момент 760 Н·м при 1100 - 1500 мин<sup>-1</sup>;
- рабочий объём цилиндров 10,5 л» [12].

Скоростная характеристика поршневого двигателя внутреннего сгорания отображает взаимосвязь таких его важнейших выходных параметров как частота вращения  $n_e$  коленчатого вала двигателя, мощность  $N_e$ , крутящий момент  $M_e$ , удельный расход топлива  $g_e$  и часовой расход топлива  $G_T$ .

Данный двигатель серийно устанавливался на автомобили Камаз 4326 заводом изготовителем. Для построения внешней скоростной характеристики воспользуемся следующими формулами:

«Мощность двигателя, кВт:

$$N_e = N_e \cdot \left[ a \cdot \left( \frac{n_{ei}}{n_{en}} \right) + b \cdot \left( \frac{n_{ei}}{n_{en}} \right)^2 - c \cdot \left( \frac{n_{ei}}{n_{en}} \right)^3 \right], \quad (4)$$

где  $N_e$  – номинальная мощность двигателя;

$n_{ei}$  – текущее значение числа оборотов коленчатого вала;

$n_{en}$  – число оборотов коленчатого вала при номинальной мощности;

$a=0,5, b=1,5, c=0$ » [20].

Крутящий момент двигателя (Н·м):

$$M_e = 9546 \frac{N_e}{n_e}. \quad (5)$$

«Удельный расход топлива (г/кВт·ч):

$$g_e = g_{e\max} \left( A_0 - B_0 \frac{n_e}{n_{eN}} + C_0 \frac{n_e^2}{n_{eN}^2} \right), \quad (6)$$

где  $A_0, B_0, C_0$  – коэффициенты корректировки, 1,55, 1,55 и 1 соответственно;

$g_e$  – средний удельный расход топлива, 175 г/кВт·ч» [20].

Часовой расход топлива (кг/ч):

$$G_T = \frac{(g_e \cdot N_e)}{1000}. \quad (7)$$

Пример расчета при частоте вращения коленчатого вала 600 об/мин.

$$N_{ei} = 165 \cdot \left[ 0,5 \cdot \left( \frac{600}{2200} \right) + 1,5 \cdot \left( \frac{600}{2200} \right)^2 - \left( \frac{600}{2200} \right)^3 \right] = 37,56 \text{ кВт},$$

$$M_e = 9546 \cdot \frac{37,56}{600} = 597,58 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$g_e = 175 \cdot \left( 1,55 - 1,55 \cdot \frac{600}{2200} + \frac{600^2}{2200^2} \right) = 210,29 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}},$$

$$G_T = \frac{37,56 \cdot 210,29}{1000} = 7,90 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

Подставляя значения оборотов двигателя в приведенные выше формулы, получим данные для построения ВСХ и занесем их в таблицу 1. На рисунке 4 показана ВСХ, полученная для данного двигателя.

Таблица 1 – Значения показателей ВСХ

$n_e$ , об/мин	$N_e$ , кВт	$M_e$ , Н·м	$g_e$ , г/(кВт·ч)	$G_m$ , кг/ч
150	6,72	427,87	253,57	1,70
300	15,43	491,11	237,52	3,67
450	25,82	547,69	223,09	5,76
600	37,56	597,61	210,29	7,90
750	50,35	640,88	199,12	10,03
900	63,87	677,49	189,57	12,11
1050	77,81	707,44	181,65	14,14
1200	91,86	730,74	175,36	16,11
1350	105,70	747,38	170,70	18,04
1500	119,01	757,37	167,66	19,95
1650	131,48	760,70	166,25	21,86
1800	142,81	757,37	166,47	23,77
1950	152,67	747,38	168,31	25,70
2100	160,75	730,74	171,78	27,61
2200	165	707,44	176,88	29,49

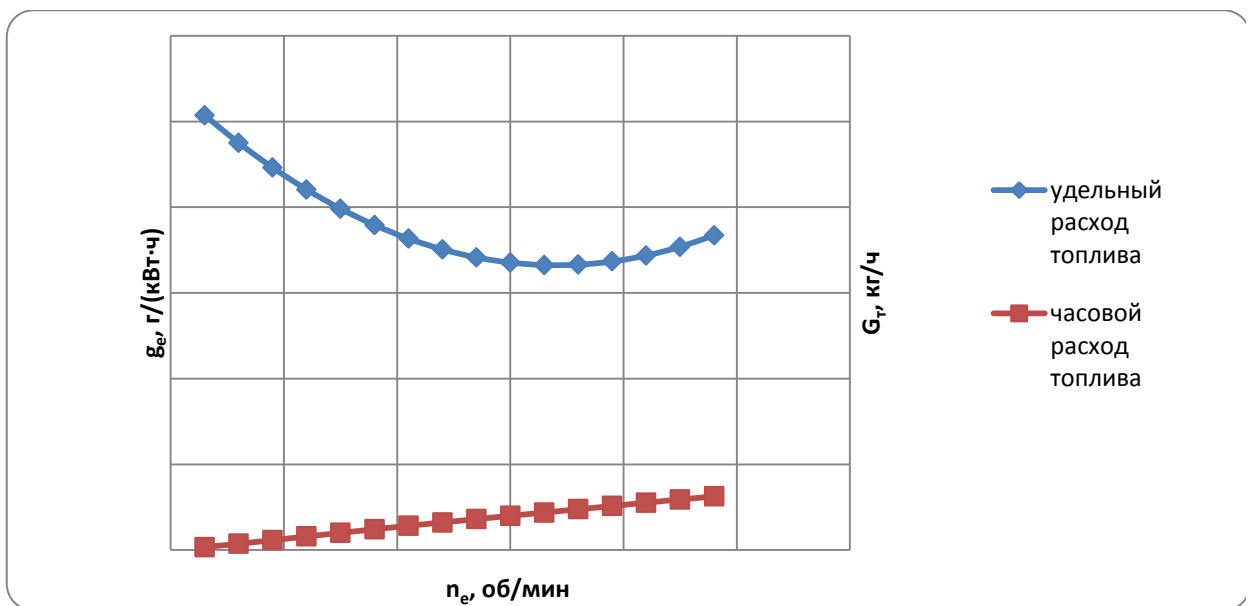
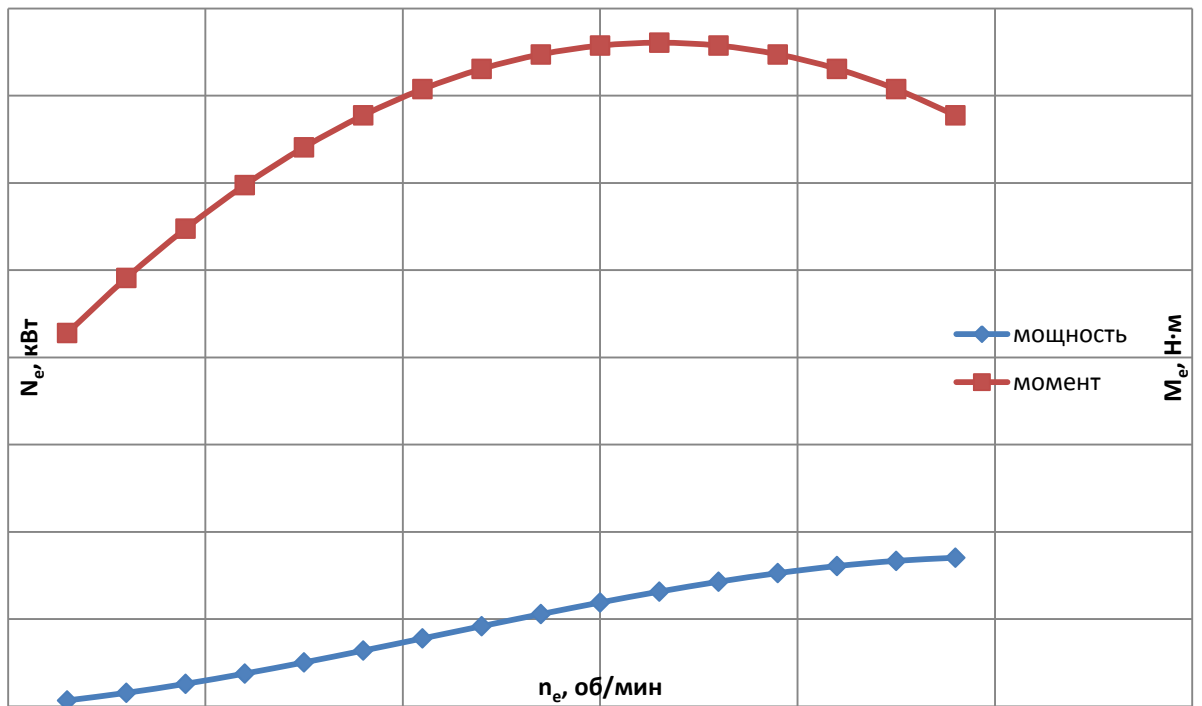


Рисунок 4 – Внешняя скоростная и топливная характеристика

Построение тягово-динамической характеристики.

$$i_{\text{тр}} = i_{\text{кп}} \cdot i_{\text{рк}} \cdot i_{\text{зн}} \quad (8)$$

«Передаточные числа трансмиссии на высшей передаче:

$$i_{mp1} = 7,82 \cdot 0,93 \cdot 6,53 = 47,49,$$

$$i_{mp2} = 4,03 \cdot 0,93 \cdot 6,53 = 24,47,$$

$$i_{mp3} = 2,5 \cdot 0,93 \cdot 6,53 = 15,18,$$

$$i_{mp4} = 1,53 \cdot 0,93 \cdot 6,53 = 9,29,$$

$$i_{mp5} = 1 \cdot 0,93 \cdot 6,53 = 6,07.$$

«Значение свободной силы тяги  $P_a$  АТС на всех передачах:

$$P_a = P_k - P_w$$

где  $P_k$  – касательная сила тяги;

$P_w$  – сила сопротивления воздушной среды» [20].

$$P_k = \frac{M_e \cdot \eta_{mp} \cdot i_{mp}}{r_\delta}. \quad (9)$$

$$P_w = k \cdot F \cdot V_a, \quad (10)$$

где  $k$  – коэффициент обтекания, 0,61;

$F$  – лобовая площадь автомобиля, 5,53» [20].

Скорость движения АТС на всех передачах:

$$V_a = 0,104 \cdot \frac{r_\delta \cdot n_e}{i_{mp}}. \quad (11)$$

Пример расчёта при 600 об/мин на первой передаче и с отключенным передним мостом:

$$P_k = \frac{597,61 \cdot 0,834 \cdot 47,49}{0,599} = 39514,89 \text{ Н},$$

$$V_a = 0,104 \cdot \frac{0,599 \cdot 600}{47,49} = 0,79 \text{ м/с},$$

$$P_w = 0,61 \cdot 5,53 \cdot 0,79^2 = 2,09 \text{ Н},$$

$$P_a = P_k - P_w = 39514,89 - 2,09 = 39512,81 \text{ Н}.$$

Тягово-динамическая характеристика представлена на рисунке 5.

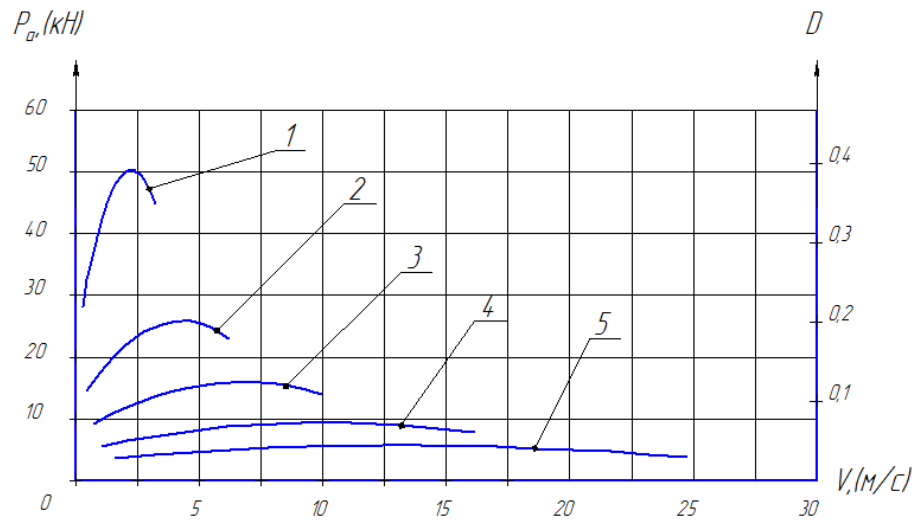
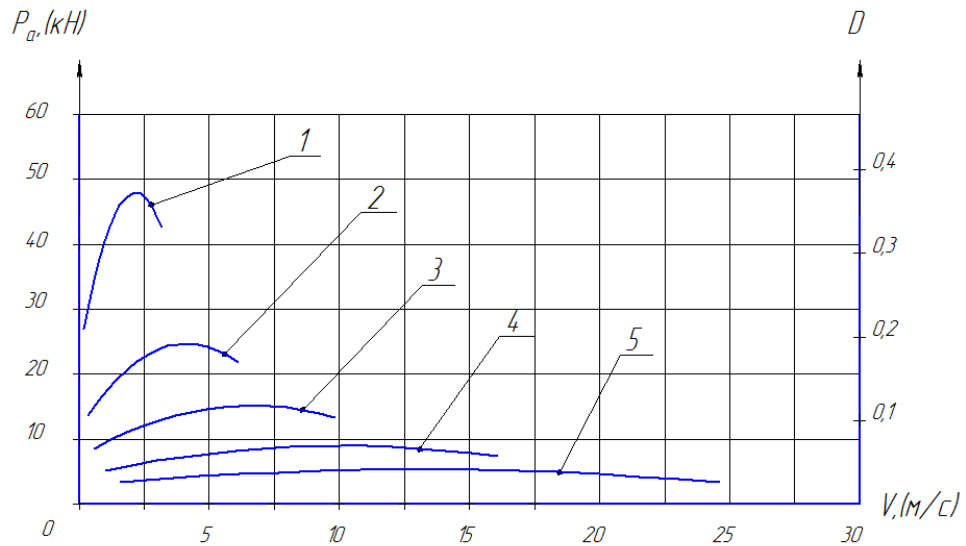


Рисунок 5 – Тягово-динамическая характеристика (4×4 сверху, 4×2 снизу)

Расчет и построение экономической характеристики АТС [4].

«Путевой расход топлива в общем случае определяется по формуле:

$$Q_s = \frac{100G_T}{\gamma \cdot V_a}, \quad (12)$$

где  $\gamma$  – удельная масса топлива 0,86кг/л.

$$Q_s = \frac{100 g_e N_e}{3,6 \cdot 10^3 \gamma \cdot V_a}. \quad (13)$$

Мощность, развиваемая двигателем, определяется как

$$N_e = \frac{(\psi(G_a + G_{zp}) + P_w)V_a}{10^3 \eta_{mp}}. \quad (14)$$

$$g_e = k' k'' g_{e.n.}, \quad (15)$$

где  $k'$  и  $k''$  – коэффициенты учитывающие влияние на удельный расход топлива соответственно скоростного и нагрузочного режимов работы двигателя» [20].

Коэффициенты дорожного сопротивления  $\Psi_1=0,02$ ,  $\Psi_2=0,03$ .

Пример расчета при:  $n_e=600$  об/мин,  $\psi=0,02$ .

$$N_e = \frac{[0,02 \cdot 12700 \cdot 9,81 + 127,67] \cdot 6,15}{834} = 19,33 \text{ кВт.}$$

Определяем коэффициенты  $k'$  и  $k''$  для рассматриваемого случая, равен 1,03 и 0,8 соответственно.

$$g_e = 0,96 \cdot 0,9 \cdot 210,29 = 173,28 \frac{\Gamma}{\text{кВт} \cdot \text{ч}},$$

$$Q_1 = \frac{173,28 \cdot 19,33 \cdot 100}{10^3 \cdot 0,86 \cdot 6,15 \cdot 3,6} = 17,58 \frac{\text{л}}{100 \text{ км}},$$

$$Q_s = \frac{100 \cdot 210,29 \cdot 37,56}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 860 \cdot 6,15} = 41,45 \frac{\text{л}}{100 \text{ км}}.$$

Результаты расчетов для прямой передачи при полной нагрузке (4×2) в таблице 2.

Таблица 2 – Данные для построения топливной характеристики (4×2)

$n_e$ , об/мин	$g_{en}$ , г/(кВт·ч)	$Q_1$ , л/100км	$Q_2$ , л/100км	$Q_s$ , л/100км
150	253,57	21,73	39,06	35,79
300	237,52	19,67	35,26	38,48
450	223,09	18,18	31,99	40,30
600	210,29	17,58	27,88	41,45
750	199,12	16,77	24,53	42,09
900	189,57	16,00	23,17	42,36
1050	181,65	15,34	22,54	42,39
1200	175,36	15,11	21,93	42,27
1350	170,70	14,82	21,79	42,08
1500	167,66	15,06	23,53	41,88
1650	166,25	15,86	25,89	41,71
1800	166,47	16,90	27,22	41,59
1950	168,31	19,43	28,94	41,49
2100	171,78	23,77	31,43	41,41
2250	176,88	26,70	34,45	41,27
2400	183,61	31,05	39,58	41,03

Результаты расчетов для прямой передачи при полной нагрузке (4×4) в таблице 3.

Таблица 3 – Данные для построения топливной характеристики(4×4)

$n_e$ , об/мин	$g_{en}$ , г/(кВт·ч)	$Q_1$ , л/100км	$Q_2$ , л/100км	$Q_s$ , л/100км
150	253,57	24,16	40,72	35,79
300	237,52	20,51	36,76	38,48
450	223,09	19,20	33,35	40,30
600	210,29	18,10	30,42	41,45
750	199,12	17,48	27,17	42,09
900	189,57	16,68	24,76	42,36
1050	181,65	16,41	23,50	42,39
1200	175,36	15,95	23,43	42,27
1350	170,70	15,86	24,14	42,08
1500	167,66	15,70	25,97	41,88
1650	166,25	16,53	26,99	41,71
1800	166,47	18,09	28,38	41,59
1950	168,31	20,25	30,17	41,49
2100	171,78	25,06	32,76	41,41
2250	176,88	27,83	35,92	41,27
2400	183,61	32,37	41,26	41,03



На рисунке 6 представлена топливная характеристика.

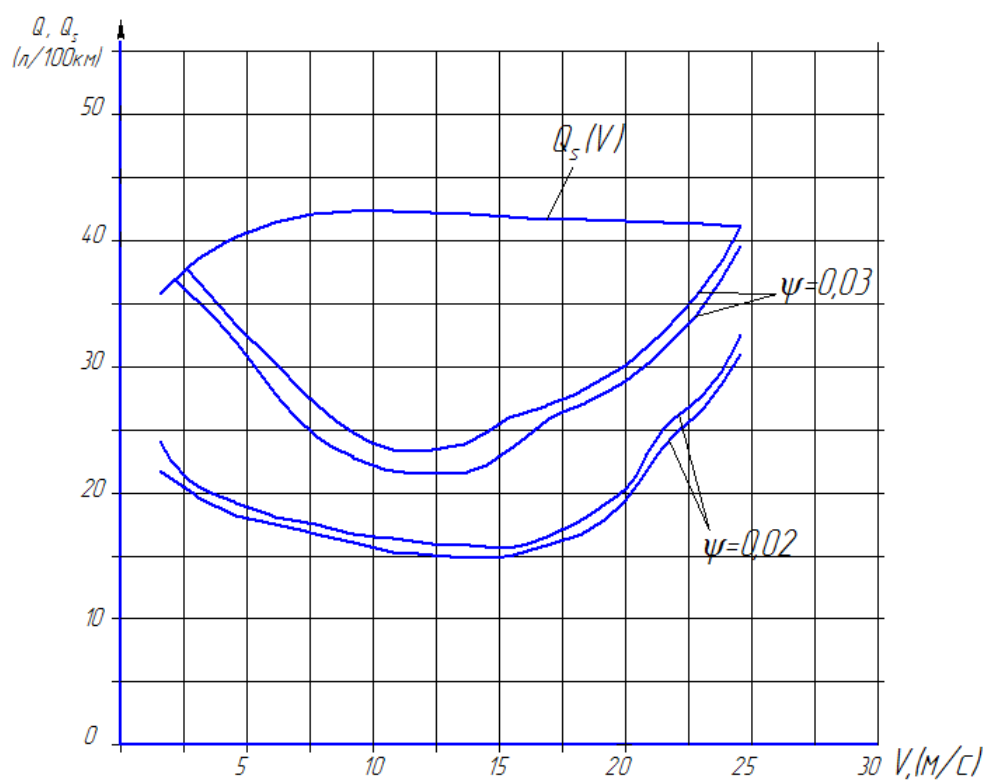


Рисунок 6 – Топливная характеристика

Выводы по разделу.

В данном разделе проведен тягово-динамический расчет автомобиля и построены соответствующие графики (внешне-скоростная характеристика, динамический фактор, топливной экономичности и так далее), которые представлены в графической части работы на листе формата А1.

### **3 Конструкторская часть**

#### **3.1 Общее описание устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ**

«Основная причина ограниченного передвижения технически исправного автомобиля по размокшей и скользкой несущей поверхности – недостаточное сцепление колес с грунтом. Вследствие этого возникает буксование ведущих колес, которое приводит, как правило, к снижению сил сцепления между частицами грунта и срыву его верхних несущих слоев, например дернового покрова, в отдельных случаях забиванию рисунка протектора грунтом (засаливанию). Одновременно с этим возрастает сопротивление качению колеса, так как оно зарывается в грунт. Лишь в некоторых условиях, когда под незначительно увлажненной поверхностью находится достаточно плотный слой грунта, буксование может привести к увеличению сцепления. Такое же явление наблюдается при буксовании колесных машин на укатанных снежных и обледенелых дорогах.

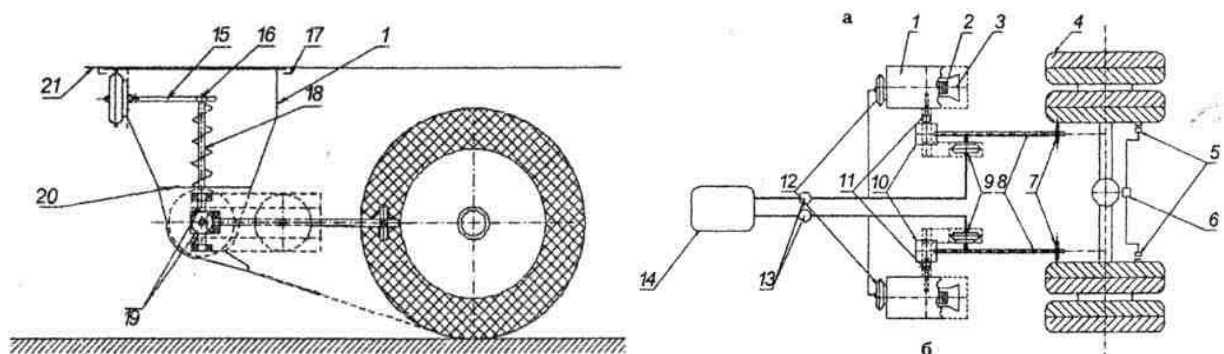
Буксование ведущих колес может быть отдельным и совместным, а первое – полным, частичным или переменным. Совместное буксование в основном зависит от соответствия колесного движителя условиям движения. В том и другом случае оно оказывает влияние на тягово-сцепные свойства и проходимость машины при движении по опорным поверхностям с малой несущей способностью, характерной для условий сельского хозяйства» [26].

«Буксование машин, как правило, приводит к прямым и косвенным последствиям. К первым относятся такие, вследствие которых происходят снижение производительности, повышенный износ шин, узлов, деталей, усложнение деятельности водителя в управлении автомобилем, снижение уровня безопасности его труда и др. Косвенные последствия связаны с нарушением поверхности полей и дорог (образование колеи, выбоины,

смятие грунта со срывом верхнего слоя и другое), изменением плодородия почвы, снижением урожайности сельхозкультур вследствие дисбаланса посевных площадей, усложнением движения транспорта, вероятностью возникновения ДТП.

На скользких несущих поверхностях буксование колесных движителей зачастую приводит к заносам, опрокидыванию транспортных средств и возникновению аварийных ситуаций» [27].

Для предотвращения буксования, увеличения проходимости и тягово-сцепных свойств машины разработано автоматическое устройство для разбрасывания сыпучих материалов (песок, мелкий гравий, шлак и другое) под ведущие колеса транспортного средства, устанавливаемое для каждого из них (рисунок 7).



а – вид сверху; б – вид сбоку

- 1 – бункер; 2 – разбрасыватель (крыльчатка); 3 – направляющая разбрасывателя (желоб);  
 4 – ведущее колесо; 5 – индуктивный датчик; 6 – сравнитель угловых ускорений;  
 7 – обремененный ролик; 8 – ведущий вал; 9 – тормозная камера (со штоком) ведущего вала; 10 – конический редуктор; 11 – ведомый карданный вал; 12 – тормозная камера (со штоком) ворошителя; 13 – электромагнитный клапан; 14 – ресивер; 15 – рейка;  
 16 – шестерня вала ворошителя; 17 – салазки; 18 – ворошитель; 19 – полуоси;  
 20 – регулировочная колонка; 21 – нижняя площадка кузова

Рисунок 7 – Схемы автоматического устройства для разбрасывания сыпучего материала под буксирующее колесо и его привода

«При попадании колеса на скользкую поверхность – оно начинает буксовать. Если угловое ускорение буксующего колеса достигнет значения  $\varepsilon \geq 10...25\text{с}^{-2}$  и выше [3], то включается в работу сравнитель угловых

ускорений 6. Электрическая цепь замыкается, открывается электромагнитный клапан 13, и сжатый воздух из ресивера 14 подается в тормозные камеры 9 и 12. Шток камеры 12 двигает рейку 15, которая приводит во вращение шестерню 16 и ворошитель 18. Шток камеры 9 прижимает вал 8 с жестко закрепленным на нем роликом 7 к боковине ведущего колеса 4. Вращение колеса передается на ролик и ведущий вал, затем через конический редуктор 10 на ведомый карданный вал 11, далее на разбрасыватель (крыльчатку) 2. Двигаясь по направляющей разбрасывателя (желобу) 3, сыпучий материал попадает под буксующее колесо. После того, как оно перестает буксовать, сравнитель угловых ускорений выключается из работы (при этом  $\varepsilon \leq 10...25 \text{ с}^{-2}$ ), электромагнитный клапан закрывается, и автоматическая подача сыпучего материала под ведущее буксующее колесо прекращается» [27].

На рисунке 8 представлена принципиальная схема подачи сыпучего материала под ведущее буксующее колесо.

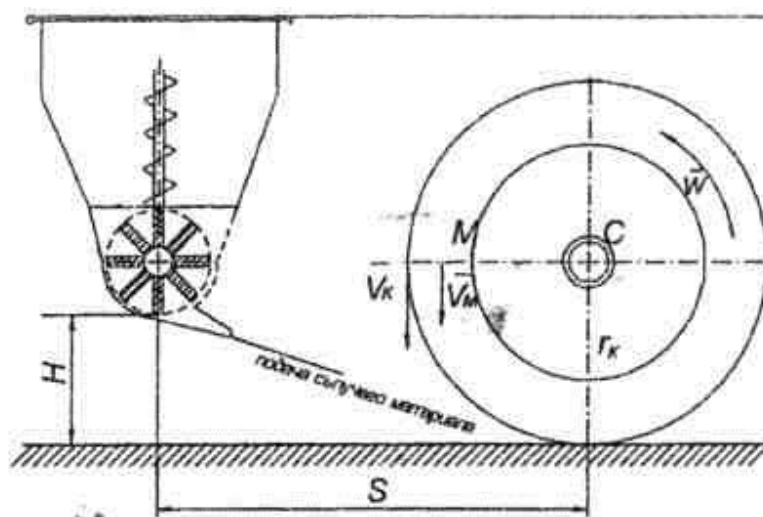


Рисунок 8 – Принципиальная схема подачи сыпучего материала под ведущее буксующее колесо

«В случае если начинают буксовать оба ведущих колеса (совместное буксование) или при улучшении тормозных качеств на скользкой поверхности, сравнитель угловых ускорений не срабатывает. Для такой

ситуации в кабине водителя предусмотрена кнопка, с помощью которой он принудительно включает электромагнитные клапаны, и сыпучий материал одновременно подается под оба ведущих колеса мобильной машины. При этом сцепные свойства буксующих колес заметно улучшаются, а также повышается надежность торможения на скользкой поверхности» [19].

«Для нормальной работы устройства необходимо, в первую очередь, правильно выбрать диаметр крыльчатки и ее частоту вращения для задания начальной скорости вылета частицы  $v_H$ . Величина  $v_H$  должна соответствовать высоте установки устройства на колесной машине и расстоянию, на которое вылетает частица. Если  $v_H$  выбрана неверно, то частица не попадает непосредственно под колесо (в зону контакта шины с дорогой) и, следовательно, не произойдет должным образом снижения буксования. Начальная скорость вылета частицы сыпучего материала [4]:

$$v_H = \sqrt{\frac{2Smg}{2Sk_p \sin\left(\frac{\arctg \frac{H}{s}}{2}\right) - m \sin\left(\frac{\arctg \frac{H}{S}}{2}\right)}}, \quad (16)$$

где  $S$  – расстояние между точками отрыва частицы от лопатки и ее приземления на дорогу (начала соприкосновения вращающейся шины с поверхностью дороги по ходу движения), м;

$m$  – масса частицы сыпучего материала, кг;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$k_p$  – коэффициент пропорциональности, Нс<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, принимается в диапазоне от 0,0022 до 0,0024;

$H$  – расстояние между точкой отрыва частицы от лопатки крыльчатки до поверхности дороги, м» [4].

«Для работы устройства также необходимо определить передаточное отношение шестерен конического редуктора:

$$i = \frac{\omega_p}{\omega_{кр}}, \quad (17)$$

где  $\omega_p$  – угловая скорость ролика;

$\omega_{кр}$  – угловая скорость крыльчатки.

Угловая скорость крыльчатки:

$$\omega_{кр} = \frac{v_H}{r_{кр}}, \quad (18)$$

где  $r_{кр}$  – радиус крыльчатки, м.

Угловая скорость колеса:

$$\omega_k = \frac{v_k}{r_k}, \quad (19)$$

где  $v_k$  – линейная скорость элементов беговой дорожки шины, м/с;

$r_k$  – радиус колеса, м.

Линейная скорость боковины шины в месте соприкосновения обремененного ролика с колесом (точка  $M$ , рисунок 8):

$$V_M = \omega_k R = \frac{v_k R}{r_k}, \quad (20)$$

где  $R$  – расстояние от центра колеса до точки соприкосновения обремененного ролика с колесом, м» [21].

«Линейная скорость колеса в точке  $M$  равна линейной скорости обремененного ролика в этой точке:

$$v_m = v_p = \frac{v_k R}{r_k} \quad (21)$$

Так как последний жестко закреплен на ведущем валу, то угловая скорость ведущего вала и ролика равны, то есть:

$$\omega_p = \frac{v_p}{r_p} = \frac{v_k R}{r_k r_p} \quad (22)$$

где  $r_p$  – радиус обрешиненного ролика» [19].

«Получим следующую зависимость для определения передаточного отношения редуктора:

$$i = \frac{v_k R r_{kp}}{r_k r_p \sqrt{\frac{2Smg}{2Sk_p \sin\left(\frac{\arctg \frac{H}{S}}{2}\right) - m \sin\left(\frac{\arctg \frac{H}{S}}{2}\right)}}} \quad (23)$$

Для предотвращения буксования необходимо, чтобы слой насыпаемого материала составлял по высоте от 1,5 до 3 мм. Так как при буксовании колесной машины может наблюдаться явление юза, то необходимо, чтобы ширина захвата  $B$  разбрасывания сыпучего материала составляла [2]:

$$B = h_{iu} + 2c, \quad (24)$$

где  $h_{iu}$  – ширина беговой дорожки (протектора) колеса машины, м;

$c$  – величина перекрытия ширины беговой дорожки шины? принимается равной в диапазоне от 0,15 до 0,2» [19].

«Производительность крыльчатки или подача сыпучего материала:

$$W = P = p_n B h v_\delta, \quad (25)$$

где  $p_n$  – плотность сыпучего материала, кг/м<sup>3</sup>;

$h$  – высота слоя сыпучего материала, м;

$v_\delta$  – действительная скорость автомобиля, м/с.

Полезная мощность на ведомом валу:

$$N = \frac{W v_n}{2}. \quad (6)$$

С учетом потерь в подшипниках, редукторе, шарнире карданного вала, месте контакта обрешиненного ролика и боковины ведущего колеса мощность на ведущем валу:

$$N_{вв} = \frac{N}{\eta_{подш} \eta_{кард} \eta_{ред} \eta_{рол}}. \quad (27)$$

где  $\eta_{подш}$  – КПД подшипников, принимается равным 0,99;

$\eta_{кард}$  – КПД карданного вала, принимается равным 0,99;

$\eta_{ред}$  – КПД конического редуктора, принимается равным 0,97

$\eta_{рол}$  – КПД передачи с боковины ведущего колеса на ролик, принимается равным 0,98» [13].

«Устойчивая работа устройства обеспечивается при условии:

$$N_{сн} \geq N_{вв}, \quad (28)$$

где  $N_{сн}$  – снимаемая с колеса мощность, Вт.

Мощность снимаемая с колеса определяется по формуле:



$$N_{сн} = F_{np} \varphi_p v_p, \quad (29)$$

где  $F_{np}$  – сила прижатия ролика к колесу, Н;

$\varphi_p$  – коэффициент трения» [14].

Сила прижатия ролика к боковине ведущего колеса определяется по формуле:

$$F_{np} = \frac{N_{св}}{\varphi_p v_p} \geq \frac{W 2 S m g}{\left( 2 S k_p \sin \left( \frac{\arctg \frac{H}{S}}{2} \right) - m \sin \left( \frac{\arctg \frac{H}{S}}{2} \right) \right) 2 \eta_{подш} \eta_{кард} \eta_{ред} \eta_{рол}}. \quad (30)$$

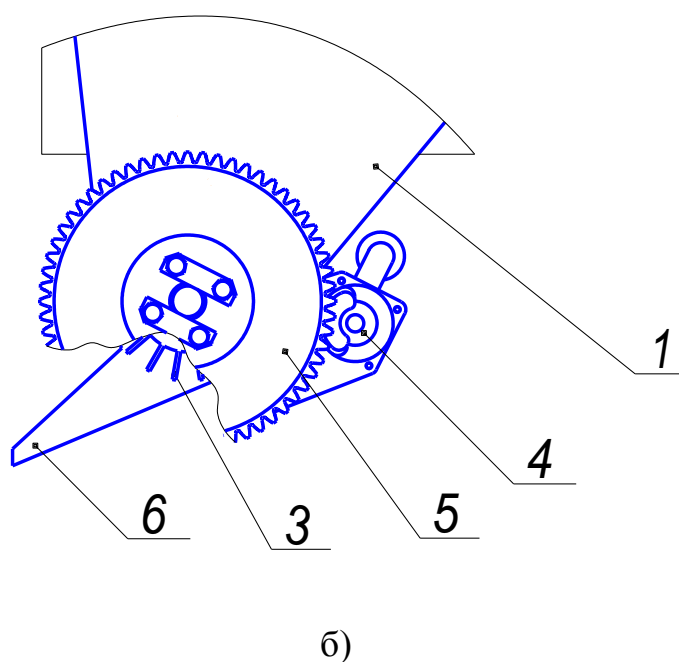
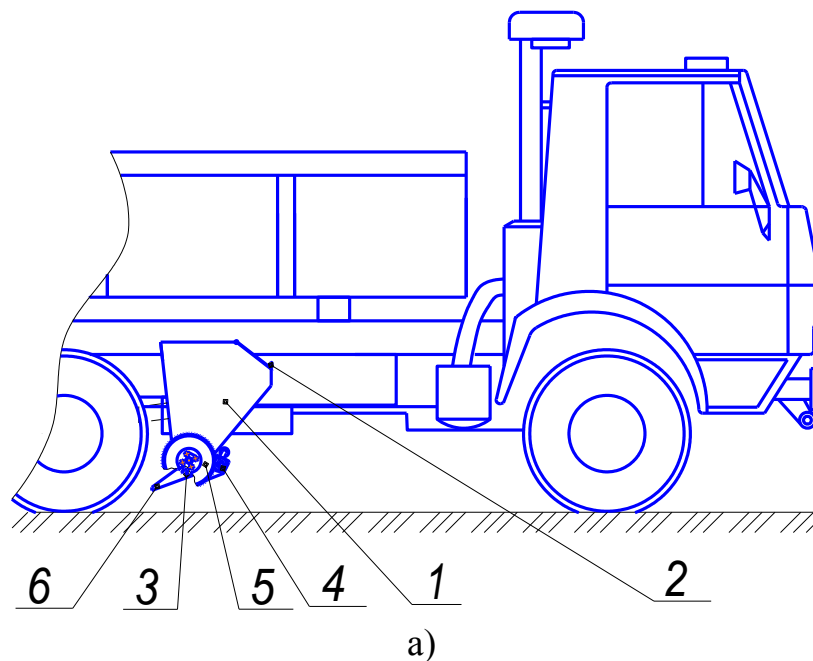
Таким образом, полученные формулы (11) и (17) позволяют рассчитать все необходимые параметры автоматического устройства для разбрасывания сыпучего материала в зависимости от конструктивных особенностей колесной машины и места установки устройства ( $H$  и  $S$ ).

Использование данного устройства способствует повышению производительности машин, снижению расхода топлива, а также улучшению условий труда и безопасности оператора.

### **3.2 Разработка конструкции устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-цепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ**

Устройство предназначено для экстренного кратковременного повышения тягово-цепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ за счет подсыпания под ведущие колеса сыпучих материалов (песка, молотого гранита, соли и так далее) и может быть установлено на семейство автомобилей КАМАЗ. При необходимости применения на других грузовых

автомобилях (МАЗ, ГАЗ и так далее), устройство может быть переделано путем изменения конструкции крепления устройства. Установленное устройство на автомобиле КАМАЗ показано на рисунке 9.



а) вид расположение устройства на автомобиле; б) вид основные элементы устройства

1 – бункер; 2 – крышка бункера; 3 – метательное колесо; 4 – стартер;  
5 – маховик; 6, 7 – лоток направляющий

Рисунок 9 – Устройство для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ

С двух сторон автомобиля на раме устанавливаются бункера для сыпучих материалов 1, закрывающийся сверху крышкой 2, через бункера пропущены шнеки с закрепленными на них метательными колесами 3. Вращение шнека обеспечивается электроприводом, включающий стартер 4 от автомобиля ВАЗ 2101, который при включении входит в зацепление с маховиком 5 установленном на валу шнека. Шнек при вращении перемещает сыпучий материал и подает его на лопасти метательного колеса, с которого по лотку 6 он направляется к ведущим колесам автомобиля. Маховик используем от двигателя ВАЗ 2101. Так как бортовая сеть автомобилей КАМАЗ имеет напряжение 24В, стартеры подключаем лишь от одной аккумуляторной батареи на 12В, причем стартеры бункеров левого и правого борта подключаем к разным батареям. Включение стартеров отдельное, с помощью кнопок на панели приборов, что позволяет подавать сыпучий материал именно под те колеса, которые в данный момент потеряли сцепление с поверхностью дороги. Конструкция бункера с левой стороны автомобиля выполнена аналогично, но зеркально, а шнек имеет противоположное направление навивки винтовой поверхности.

Расчет сварного соединения пластины крепления к бункеру.

Схема данного соединения изображена на рисунке 10.

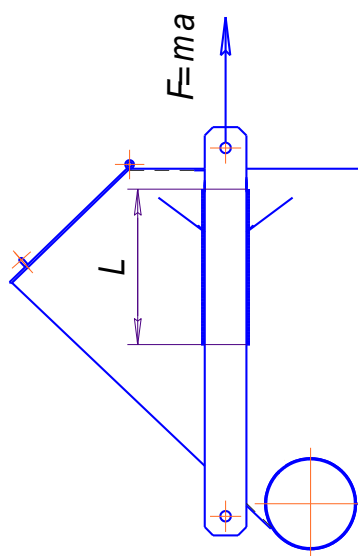


Рисунок 10 – Схема сварного соединения пластины и бункера

По рисунку видно, что вся сила необходимая на крепление бункера к пластине обеспечивается двумя сварными швами равной длины, равной  $L$ . Расчет определит необходимую длину сварочных швов  $L$ , выбирая катет шва равным 3 мм, по наименьшей из толщин свариваемых деталей – боковине бункера.

Пластина установлена практически на линии действия силы тяжести, поэтому принимаем, что она нагружена симметрично. Определим силу, действующую на сварное соединение:

$$F = ma, \quad (31)$$

где  $m$  – масса полностью загруженного бункера, принимается равной 450 кг;  
 $a$  – ускорение, которое действует на данную массу при движении автомобиля.

Ускорение на раме грузового автомобиля может достигать значений:

$$a = 4g, \quad (32)$$

$$a = 4 \cdot 9,8 = 39,2 \text{ м} \cdot \text{с}^2.$$

$$F = 450 \cdot 39,2 = 17640 \text{ Н}.$$

Уравнение прочности на срез:

$$\tau_{cp} = \frac{F}{S} \leq [\tau_{cp}], \quad (33)$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения сварного шва.

$$S = 0,7kL, \quad (34)$$

где  $L$  – длина поперечного сечения сварного шва

Принимая допускаемое напряжение на срез материала шва равным:

$$[\tau_{cp}] = \alpha \cdot [\sigma_p], \quad (35)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий тип сварки, при ручной сварке принимается равным 0,6.

$$[\tau_{cp}] = 0,6 \cdot 120 = 72 \text{ МПа.}$$

Определим необходимую длину шва:

$$L = \frac{F}{[\tau_{cp}] \cdot k}, \quad (36)$$
$$L = \frac{17640}{72 \cdot 0,7 \cdot 3} = 117 \text{ мм.}$$

Учитывая ответственность данного соединения на безопасность движения автомобиля, увеличим длину шва втрое и принимаем длину шва равной 350 мм.

Расчет минимального поперечного сечения крепежной пластины.

Уравнение прочности пластины на растяжение имеет вид:

$$\sigma_p = \frac{F}{S} \leq [\sigma_p], \quad (37)$$

где  $F$  – растягивающая сила, Н;

$S$  – площадь поперечного сечения пластины;

$[\sigma_p]$  – допускаемое напряжение на разрыв, МПа.

Из этого выражения минимально необходимая площадь сечения пластины:

$$S \geq \frac{F}{[\sigma_p]}. \quad (38)$$

Для материала пластины выбираем углеродистую сталь обыкновенного качества Ст3 по ГОСТ 380-94 имеющую для нашего случая нагрузки (знакопеременная) допускаемое напряжение на разрыв равное 70 МПа.

$$S \geq \frac{17640}{70 \cdot 10^6} = 252 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 250 \text{ мм}^2.$$

Ширина пластины в опасном сечении с учетом отверстия в ней равна 60 мм, тогда необходимая толщина пластины равна 4,2 мм.

Толщину пластины также выбираем с трехкратным запасом и принимаем 12 мм.

Расчет шпоночного соединения колеса метательного со шнеком.

Схема данного соединения изображена на рисунке 11.

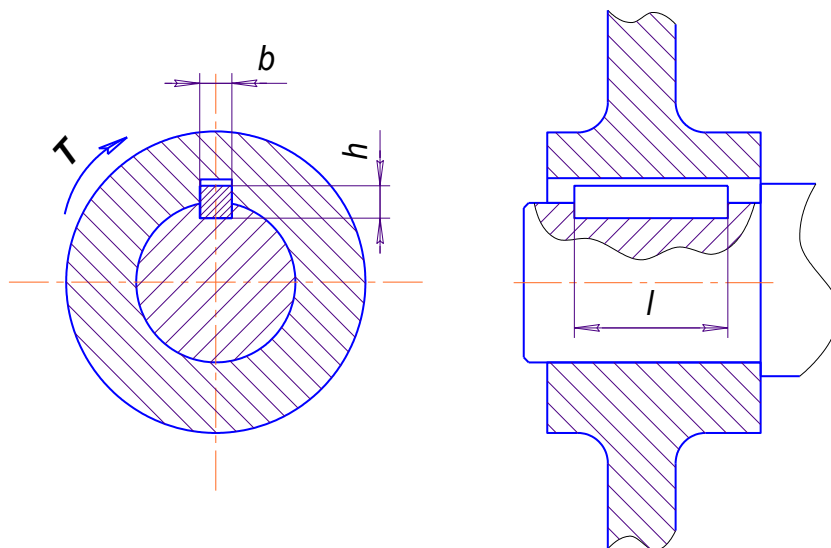


Рисунок 11 – Шпоночное соединение колеса метательного со шнеком

Рассчитаем шпоночное соединение вала диаметром равным 25 мм с колесом метательным, длина ступицы которой равна 60 мм; передаваемый крутящий момент равен 300 Н м; материал вала, зубчатого колеса и шпонки сталь 45; допускаемое напряжение материала шпонки на срез равно 80 МПа, на смятие равно 120 МПа.

По диаметру вала выбираем размеры сечения шпонки. Размеры шпонки выбираем по справочнику: ширину принимаем равной 8 мм, высоту 7 мм.

Из условия прочности на срез длина шпонки:

$$l_1 \geq \frac{2T}{d \cdot b \cdot [\tau_{ср}]}, \quad (39)$$

$$l_1 \geq \frac{2 \cdot 300 \cdot 10^3}{30 \cdot 8 \cdot 90} = 31,25 \text{ мм} \approx 40 \text{ мм}.$$

Проверку прочности шпонки на смятие выполняем по формуле:

$$\sigma_{см} = \frac{4T}{dhl_1}, \quad (40)$$

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot 300 \cdot 10^3}{30 \cdot 7 \cdot 40} = 142 > [\sigma_{см}] = 120 \text{ МПа}.$$

Выбранная длина шпонки не обеспечивает необходимую прочность соединения, поэтому длину шпонки следует выбирать из условия прочности на смятие:

$$l_1 \geq \frac{4T}{d \cdot h \cdot [\sigma_{см}]}, \quad (41)$$

$$l_1 \geq \frac{4 \cdot 300 \cdot 10^3}{30 \cdot 7 \cdot 120} = 37,62 \text{ мм} \approx 40 \text{ мм}.$$

Принимаем рабочую длину шпонки из условия прочности на смятие равную 40 мм.

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрено общее описание устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ, а также проведена конструкторская разработка данного устройства.

Разработанное устройство для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ обладает достаточно простой конструкцией и может быть реализовано в условиях автотранспортных предприятий.



#### 4 Технологический раздел

Сборочный процесс в автомобиле- и тракторостроении представляет собой совокупность операций по соединению деталей в определенной последовательности для получения узлов, механизмов или законченного автомобиля (трактора), полностью отвечающих установленным техническим требованиям.

При производстве автомобилей и тракторов их собирают либо на том же заводе, где изготавливаются детали этого изделия, либо на специализированном сборочном предприятии. Первый вид организации производства в настоящее время преобладает в отечественном автотракторостроении.

Трудоемкость сборочных работ больше трудоемкости литейных, сварочных, кузнечно-прессовых и ряда других работ. Реальная возможность снижения трудоемкости сборки прежде всего путем ее механизации – это один из важных резервов производства.

В автотракторостроении преобладает массовое и крупносерийное производство. По сравнению с другими отраслями машиностроения здесь имеются более благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов сборки и сокращения на этой основе ручного труда. Между тем, трудоемкость работ в заготовительных и обрабатывающих цехах большинства автомобильных и тракторных заводов снижается более быстрыми темпами, чем в сборочных. В связи с этим относительное значение трудоемкости сборки очень часто не сокращается, а растет.

Удельный вес сборочных работ в общей трудоемкости изготовления автомобилей и тракторов составляет в настоящее время 25-30%.

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки являются:

- сборочные чертежи (изделия, узла или машины);
- технические условия на сборку;

- рабочие чертежи деталей, входящих в изделие;
- заданная годовая программа или общая программа выпуска.

Также при проектировании технологического процесса сборки необходимо пользоваться вспомогательными материалами, такими как: каталоги, паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного сборочного инструмента; ГОСТ и нормами на немеханизированный сборочный инструмент, технологические процессы сборки типовых узлов.

#### **4.1 Обоснование выбора технологического процесса**

Выбор технологического процесса сборки зависит от различных факторов, таких как тип изделия, его размеры, количество производимой продукции, требования к качеству и степени автоматизации процесса.

Одним из основных факторов является тип изделия. Например, для изделий, требующих высокой точности и мелких деталей, лучше использовать автоматизированный технологический процесс, чтобы уменьшить ошибки человеческого фактора и обеспечить повышенную точность.

Кроме того, размеры изделия могут определять, какой технологический процесс выбрать. Для производства больших изделий может потребоваться использование кранов и других тяжелых механизмов, а для мелких изделий могут использоваться автоматические линии сборки.

Ввиду того, что устройство для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ не будет иметь большого спроса, сборку можно осуществлять методом мелкосерийной сборки.

«В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую

сборку. Процесс сборки осуществляется бригадами рабочих, имеющих профильную специальность по каждому виду сборочных работ» [14].

«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (42)$$

где  $F_{д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;  
 $m$  – количество смен, принимается равным 1;  
 $N$  – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт» [15].

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

Далее составляем технологическую схему сборки.

Технологическая схема сборки – это графическое представление последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта. Она описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием.

Основные элементы технологической схемы сборки:

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

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять бункер	1
Осмотреть бункер на наличие повреждений и дефектов	3
Подборка шнека	
Взять вал	0,5
Осмотреть вал на наличие повреждений и дефектов	1
Взять сектор винтовой (8 шт.)	1
Осмотреть сектор винтовой на наличие повреждений и дефектов	2
Установить сектор винтовой на вал при помощи сварки	16
Взять цапфу (2 шт.)	1
Осмотреть цапфу на наличие повреждений и дефектов	1
Установить цапфу на передний конец вала при помощи сварки	3
Установить цапфу на задний конец вала при помощи сварки	3
Взять колесо метательное	0,5
Осмотреть колесо метательное на наличие повреждений и дефектов	1
Взять шпонку 8×7×40	0,2
Установить колесо метательное на шнек в сборе и зафиксировать шпонкой	0,8
Взять подшипниковую опору	0,2
Осмотреть подшипниковую опору на наличие повреждений и дефектов	0,5
Взять винт М12×30 (4 шт.)	0,2
Установить подшипниковую опору на бункер при помощи винтов М12×30	3
Установить шнек в сборе в бункер	2
Осмотреть подшипниковую опору на наличие повреждений и дефектов	0,2
Взять винт М12×30 (4 шт.)	0,5
Установить подшипниковую опору на бункер при помощи винтов М12×30	0,2
Взять переходную пластину	3
Осмотреть переходную пластину на наличие повреждений и дефектов	0,6
Взять маховик	0,6
Осмотреть маховик на наличие повреждений и дефектов	1
Взять болт М14×40 (6 шт.)	0,5
Установить переходную пластину на маховик при помощи болтов М14×40	5
Взять шпонку 8×7×40	0,3
Установить маховик с переходной пластиной на вал и зафиксировать	1

Продолжение таблицы 4

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
шпонкой	
Взять стартер ВАЗ-2101	0,5
Осмотреть стартер ВАЗ-2101 на наличие повреждений и дефектов	1
Взять болт М12×20 (4 шт.) и гайку М12 (4 шт.)	0,5
Установить стартер ВАЗ-2101 на предусмотренное место крепления на бункере при помощи болтов М12×20 и гаек М12	4
Проверить работу устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ на свободное вращение шнека	15
Провести испытания устройства и при необходимости регулировки	30
Итого:	104,8

«Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (43)$$

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

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ум}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (44)$$

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

$$t_{ум}^{общ} = 104,8 + 104,8 \cdot \left( \frac{3+5}{100} \right) = 113,18 \text{ мин.}$$

## 4.2 Проектирование технологического процесса сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-цепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Технологический процесс сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-цепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Взять бункер	Набор головок, рожковые ключи, отвертка, молоток, плоскогубцы, вороток, динамометрический ключ, сварочный аппарат	4
		2	Осмотреть бункер на наличие повреждений и дефектов		
010	Сборочная	1	Подборка шнека		28,5
		2	Взять вал		
		3	Осмотреть вал на наличие повреждений и дефектов		
		4	Взять сектор винтовой (8 шт.)		
		5	Осмотреть сектор винтовой на наличие повреждений и дефектов		
		6	Установить сектор винтовой на вал при помощи сварки		
		7	Взять цапфу (2 шт.)		
		8	Осмотреть цапфу на наличие повреждений и дефектов		
		9	Установить цапфу на передний конец вала при помощи сварки		
		10	Установить цапфу на задний конец вала при помощи сварки		
015	Сборочная	1	Взять колесо метательное		27,3

Продолжение таблицы 5

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		2	Осмотреть колесо метательное на наличие повреждений и дефектов		
		3	Взять шпонку 8×7×40		
		4	Установить колесо метательное на шнек в сборе и зафиксировать шпонкой		
		5	Взять подшипниковую опору		
		6	Осмотреть подшипниковую опору на наличие повреждений и дефектов		
		7	Взять винт М12×30 (4 шт.)		
		8	Установить подшипниковую опору на бункер при помощи винтов М12×30		
		9	Установить шнек в сборе в бункер		
		10	Осмотреть подшипниковую опору на наличие повреждений и дефектов		
		11	Взять винт М12×30 (4 шт.)		
		12	Установить подшипниковую опору на бункер при помощи винтов М12×30		
		13	Взять переходную пластину		
		14	Осмотреть переходную пластину на наличие повреждений и дефектов		
		15	Взять маховик		
		16	Осмотреть маховик на наличие повреждений		

Продолжение таблицы 5

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			и дефектов		
		17	Взять болт М14×40 (6 шт.)		
		18	Установить переходную пластину на маховик при помощи болтов М14×40		
		19	Взять шпонку 8×7×40		
		20	Установить маховик с переходной пластиной на вал и зафиксировать шпонкой		
		21	Взять стартер ВА3-2101		
		22	Осмотреть стартер ВА3-2101 на наличие повреждений и дефектов		
		23	Взять болт М12×20 (4 шт.) и гайку М12 (4 шт.)		
		24	Установить стартер ВА3-2101 на предусмотренное место крепления на бункере при помощи болтов М12×20 и гаек М12		
020	Регулировочная	1	Проверить работу устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-цепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ на свободное вращение шнека		45
		2	Провести испытания устройства и при необходимости регулировки		



Технологическая схема сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ и представлен в графической части ВКР.

## **5 Производственная и экологическая безопасность проекта**

В настоящее время возрос интерес к человеческим ресурсам, улучшились условия и качественные меры по охране труда на рабочем месте. В долгосрочной перспективе благополучие человеческих ресурсов является источником стабильности, процветания и производительности.

Стоимость несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в странах колеблется от 2,6% до 3,8% валового национального продукта.

Работники должны активно участвовать в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья, так как это позволяет повысить эффективность мер по защите от опасностей на рабочем месте.

Участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

- информирование сотрудников о возможных опасностях, связанных с работой и оказании первой помощи в случае необходимости;
- оценка рисков и выработка предложений по принятию мер по уменьшению их воздействия на работников;
- проведение обучения и тренингов по охране труда, продуктивному использованию рабочего времени и управлению стрессом;
- участие в разработке и контроле соблюдения инструкций по безопасности, а также в работе комиссии по охране труда.

Риск для здоровья работников может возникнуть в случае невнимательного отношения к охране труда, а также при недостаточной осведомленности о возможных опасностях и оказанию первой помощи в случае необходимости. Поэтому, активное участие работников в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья является необходимым условием для создания безопасной и здоровой рабочей среды.

Работники должны иметь возможность выражать свое мнение и предлагать свои идеи по улучшению охраны труда в организации. Это

позволит улучшить культуру безопасности и создать атмосферу ответственности и заботы о здоровье друг друга.

### **5.1 Характеристика технологического процесса сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-цепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны**

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-цепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 6).

Таблица 6 – Технологический паспорт технологического процесса сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-цепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-цепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ	1 Собрать корпус (бункер) устройства. 2 Установить в корпус исполнительный механизм (вал со шнеком). 3 Установить привод устройства. 4 Установить устройство на грузовой автомобиль КАМАЗ	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Рожковые ключи, плоскогубцы, динамометрический ключ, сварочный аппарат, отвертка плоская	Перчатки, ветошь

## Продолжение таблицы 6

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	5 Выполнить испытания устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ			

### 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важным аспектом является необходимость идентификации риска в организации, чтобы поддерживать или улучшать правильное и всестороннее определение эффективности охраны труда.

Оценка профессионального риска представляет собой подробное изучение всех возможных происшествий, потенциально вредных действий, которые допустимы или недопустимы в организации. Одним из наиболее важных аспектов является то, что каждая организация должна определить и выбрать риски, которые находятся на пределе мер предосторожности, которые должны быть проанализированы и пересмотрены. Тяжесть последствий отражает серьезность результата, который может быть вызван нежелательным и неожиданным событием. Вероятность возникновения события следует оценивать с учетом наличия или отсутствия систем управления.

Деятельность по идентификации рисков включает:

- выявление опасностей, присутствующих на рабочем месте и в рабочей среде;
- выявление опасностей, обнаруженных в ходе предыдущего управления рисками;
- выявление потенциальных последствий признанных опасностей – рисков, то есть потенциальных причин травматизма работников, несчастного случая на производстве, профессионального заболевания или профессионального заболевания.

Работодатель также должен заменять опасные элементы на менее опасные или совсем неопасные, а также организовывать работу и условия труда таким образом, чтобы создать безопасную атмосферу на рабочем месте.

Еще один важный аспект – это адаптация работы к личности работника. Каждый человек уникален и его индивидуальные потребности и возможности должны учитываться при создании рабочего места и установки задач.

Таблица 7 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ.

Таблица 7 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
1 Собрать корпус (бункер) устройства. 2 Установить в корпус исполнительный механизм (вал со шнеком). 3 Установить привод устройства. 4 Установить устройство на грузовой автомобиль КАМАЗ. 5 Выполнить испытания устройства для экстренного кратковременного	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля	Элементы конструкции автомобиля КАМАЗ, бункер пескоразбрасывателя

Продолжение таблицы 7

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ	«Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, шум автомобиля
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Элементы конструкции автомобиля, привод устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ» [26].
	«Возможность поражения электрическим током	Инструмент в зоне проведения технического обслуживания
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [17].
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [6]
	Напряжение зрительных анализаторов	
Монотонность труда, вызывающая монотонию		

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Основой снижения профессиональных рисков является подготовка и обучение сотрудников. Это поможет им понимать процессы своей работы и принимать правильные решения.

Правильное планирование задач поможет снизить риски и уменьшить вероятность возникновения проблем в работе.

Использование защитной экипировки и оборудования – в некоторых профессиях защитная экипировка необходима для снижения рисков. Например, обязательное использование шлемов и защитных очков в строительстве.

Регулярные проверки оборудования и обслуживание позволят выявлять и устранять возможные проблемы до их возникновения.

Правильное распределение нагрузки – риск травм и ранений может быть снижен.

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2% суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [6].

Специальная оценка условий труда (далее – СОУТ) – это процесс анализа рабочей среды и рабочих операций с целью определения возможных рисков и определения мер по их устранению или снижению.

СОУТ проводится специалистами по охране труда и имеет законодательную базу во многих странах. Она является обязательной для всех организаций, где работники подвергаются воздействию вредных факторов, таких как шум, вибрация, химические вещества, пыль, излучения и другое.

Оценка проводится на основе измерений и анализа данных, полученных на рабочих местах. После проведения оценки, специалисты определяют уровень риска и рекомендуют меры по его снижению.

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
- 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
  - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
  - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [6].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;



- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- к) и других мероприятий в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) РФ» [22].

В целях частичного или полного устранения выявленных проблем выбираем методы и средства, которые соответствуют действующим нормативным документам.

Для уменьшения профессиональных рисков приведены мероприятия, которые представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда,

Продолжение таблицы 8

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
оборудования	устройств в надлежащем состоянии	средства защиты органов дыхания, зрения, слуха» [6].
«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; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [25].
«Повышенный уровень шума	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных медосмотров	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [6].
«Возможность поражения электрическим током	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [24].
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [12]	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение	–

Продолжение таблицы 8

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</li> <li>– правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации;</li> <li>– используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [20].</li> </ul>	
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> <li>– объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей; чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника» [20].</li> <li>– «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии);</li> </ul>	–

## Продолжение таблицы 8

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности;</li> <li>– отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования;</li> <li>– усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно</li> <li>– выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале;</li> <li>– выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы человек-машина» [16];</li> <li>– «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при отсутствии экстренной необходимости его прерывания);</li> <li>– чередование пассивного отдыха с активным» [15].</li> </ul>	

### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 9).

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Участок тюнинга»	Технологическое оборудование, применяемое в зоне ТО	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [17]

В статье 42 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [18].

«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 – 1шт.;

- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения;
- 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» [23].

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

Первый шаг при разработке мероприятий – это проведение анализа рисков возможного возникновения пожара в здании или сооружении.

Для этого необходимо провести осмотр помещений, выявить наличие возможных источников возгорания, оценить состояние систем пожарной безопасности.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности при сборке устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ (таблица 10), в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Таблица 10 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия	Все приобретаемое оборудование должно

Продолжение таблицы 10

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
продукции требованиям пожарной безопасности	в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [6]
«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» [15]
«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» [14]
«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» [26].
«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» [24]
«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» [25]

### **5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ**

Для обеспечения экологической безопасности технологического процесса необходимо принимать следующие меры:

- использование экологически чистых материалов и ресурсов. Например, замена опасных химических реагентов на более безопасные аналоги;

- минимизация выбросов и отходов. Необходимо использовать эффективные системы очистки выбросов и переработки отходов;
- соблюдение норм и требований экологического законодательства. Технологический процесс должен соответствовать требованиям всех нормативных документов и лицензий;
- обучение и мотивация персонала. Сотрудники должны понимать важность экологической безопасности и использовать соответствующие методы;
- проведение экологической оценки технологического процесса.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ и сведем их в таблицу 11.

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

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы, металлический лом» [11].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при сборке устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ:

- атмосферу – использование технологий снижения выбросов и загрязнений: установка фильтров на промышленные предприятия, ограничение использования транспорта с высокими выбросами,



- утилизация отходов, популяризация и переход на использование возобновляемых источников энергии (установка солнечных панелей, ветрогенераторов, гидроэлектростанций и так далее);
- гидросферу – «контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды» [22];
  - литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов. Это включает создание системы отдельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья.

Выводы по разделу.

В разделе:

- разработан Технологический паспорт производственно-технологического процесса сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ (таблица 6);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе технологического процесса сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ (таблица 7) и определены методы и средства их снижения (таблица 8);
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ (таблицы 9, 10);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 11).

## 6 Экономическая эффективность проекта

Для определения финансовых затрат на разработку устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ необходимо учесть следующие факторы:

- стоимость материалов: необходимо определить, какие материалы будут использоваться для создания конструкции, и рассчитать их стоимость;
- трудозатраты: необходимо определить количество человеко-часов, которые будут потрачены на разработку конструкции устройства, и рассчитать стоимость труда в соответствии с тарифами на работу;
- оборудование: необходимо определить, какое оборудование будет необходимо для создания конструкции (например, инструменты, станки и так далее) и рассчитать их стоимость;
- дополнительные расходы: необходимо учесть все дополнительные расходы, такие как аренда помещения, расходы на транспортировку материалов и оборудования, расходы на электроэнергию и так далее.

После того как все факторы были учтены, можно рассчитать общую сумму финансовых затрат на разработку конструкции устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ.

«Затраты на изготовление устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ определяем по формуле [15]:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{н.д}} + C_{\text{сб.н}} + C_{\text{о.н}}, \quad (45)$$

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

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

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

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

$C_{о.н}$  – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р» [9].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{к.д} = Q_k \cdot C_k, \quad (46)$$

где  $Q_k$  – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_k$  – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, принимается равной 142,0 р./кг» [9].

В данном проекте корпусной деталью будет являться бункер, массой 42 кг.

$$C_{к.д} = 42 \cdot 142,0 = 5964 \text{ р.}$$

Общая стоимость корпусных деталей составляет 5964 р.

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{при} + C_m, \quad (47)$$

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

$C_m$  – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р» [9].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{np} = t \cdot C_q \cdot \kappa_t, \quad (48)$$

где  $t$  – средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей, (вал 1,5 чел.-ч.; шнек 2 чел.-ч., цапфа 1,1 чел.-ч.);

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

$\kappa_t$  – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимается равным 1,03» [9].

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

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда:  $16242/(7 \cdot 21) = 110,48$  р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80» [12].

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

$$C_{np} = 4,6 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 743,29 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_d = (5 \dots 12) \cdot C_{np} / 100, \quad (49)$$

$$C_d = 10 \cdot 743,29 / 100 = 74,32 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{соц} = 30 \cdot (C_{np} + C_d) / 100, \quad (50)$$

$$C_{соц} = 30 \cdot (743,29 + 74,32) / 100 = 245,28 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma np} = 743,29 + 74,32 + 245,28 = 1062,89 \text{ р.}$$

Таким образом, заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 1062,89 р.

Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (51)$$

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

$Q_3$  – масса заготовки, кг» [12].

$$C_M = 160 \cdot 8 = 1280 \text{ р.}$$

$$C_{o.o} = 1062,89 + 1280 = 2342,89 \text{ р.}$$

Таким образом, затраты на изготовление оригинальных деталей составляют 2342,89 р.

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

$$C_{сб.п} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (52)$$

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» [9].

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

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_{д.сб} \cdot k_t, \quad (53)$$

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

$$T_{сб} = k_c \cdot \sum t_{сб}, \quad (54)$$

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

$k_c$  – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [9].

По справочным данным принимаем  $t_{сб}$  равную 3,0 чел.-ч.

$$T_{сб} = 3 \cdot 1,0 = 3 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$\begin{aligned} C_{сб} &= 3 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 484,76 \text{ р.}, \\ C_{д.сб} &= 0,1 \cdot 484,76 = 48,47 \text{ р.}, \\ C_{соц.сб} &= 0,3 \cdot (484,76 + 48,47) = 159,97 \text{ р.} \\ C_{сб.н} &= 484,76 + 48,47 + 159,97 = 693,2 \text{ р.} \end{aligned}$$

Таким образом, полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке составит 693,2 р.

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{он} = \frac{(C'_{np} \cdot R_{он})}{100}, \quad (55)$$

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

$R_{он}$  – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [9].

$$C'_{np} = (C_{np} + C_{сб}), \quad (56)$$

$$C'_{np} = 743,29 + 693,2 = 1436,49 \text{ р.}$$

$$C_{он} = \frac{(1436,49 \cdot 15)}{100} = 215,47 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Числовое значение, руб.
Маховик (1 шт.)	2000
Стартер ВАЗ-2101 (1 шт.)	1400
Подшипниковые опоры (2 шт.)	1300
Электрические провода	800
Кнопка включения	300
Метизы	250
Итого:	6050

$$C_{но} = 2000 + 1400 + 1300 + 800 + 300 + 250 = 6050 \text{ р.}$$

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

Затраты на изготовление конструкции:

$$C_{кон} = 5964 + 2342,89 + 693,2 + 215,47 + 6050 = 15265,56 \text{ р.}$$

Затраты на изготовление устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ сведем в таблицу 13.

Таблица 13 – Затраты на изготовление конструкторской разработки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ

Обозначение	Числовое значение, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	5964
Стоимость изготовления оригинальных деталей	2342,89

Продолжение таблицы 13

Обозначение	Числовое значение, руб.
Общая заработная плата на сборку	693,2
Общепроизводственные накладные расходы	215,47
Стоимость покупных изделий	6050
Итого:	15256,65

Общие затраты на изготовление устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ равны 15256,65 р. Это для одной стороны, стоимость комплекта составит (две стороны):  $15256,65 \cdot 2 \cdot 1,125$  (коэффициент, учитывающий монтаж) 34347,51 р.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{пр} - C_{кон}, \quad (57)$$

где  $C_{пр}$  – стоимость прототипа, р» [9].

$$\mathcal{E}_Г = 210000 - 34347,51 = 175652,49 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ок} = \frac{C_{кон}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (58)$$

$$O_{ок} = \frac{34347,51}{175652,49} = 0,19 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{эф} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{кон} \quad (59)$$

$$\mathcal{E}_{эф} = 175652,49 - 0,15 \cdot 34347,51 = 170500,36 \text{ р.}$$



В таблице 14 представлены основные показатели проекта.

Таблица 14 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	210000	34347,51
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	175652,49
Экономический эффект	р.	–	170500,36
Срок окупаемости	год	–	0,19

Выводы по разделу.

В разделе определена эффективность разработки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ с экономической стороны.

Стоимость разработки конструкции устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ составляет 34347,5 р., срок окупаемости равен 0,19 года, что является допустимым для данной конструкции.

## Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта было разработано устройство для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ.

Ключевым вопросом дипломной работы является проектирование конструкции устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ за счет подсыпания под ведущие колеса сыпучих материалов (песка, молотого гранита, соли и так далее).

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- рассмотрен способ повышения коэффициента сцепления шин со скользкой поверхностью с использованием устройства для разбрасывания сыпучих материалов (песка, молотого гранита, соли);
- выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля КАМАЗ;
- рассмотрено общее описание устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ, а также проведена конструкторская разработка данного устройства;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки конструкции устройства для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ

## Список используемой литературы и используемых источников

1 Автомобили КамАЗ типа 6\*4 : Руководство по эксплуатации : 5320-3902005 РЭ / АО "КамАЗ". - Москва : Машиностроение, 1991. - 335,[1] с.

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

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

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

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

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

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

7 Гребнев В. П. Тракторы и автомобили [Электронный ресурс] : теория и эксплуатационные свойства : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Агроинженерия" / В. П. Гребнев, О. И. Поливаев, А. В. Ворохобин ; под общ. О. И. Поливаева. - 2-е изд., стер. - Москва : КНОРУС, 2015. - 260 с.

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

9 Демура Н. А. Экономика предприятия [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, 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.

10 Дубинин Н. Н. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 190109 - Наземные транспортно-технологические средства специализации "Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях" / Н. Н. Дубинин ; М-во образования и науки

Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. - 258 с.

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

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

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

14 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.

15 Основные характеристики и тенденции развития современных отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов : учебное пособие / А. П. Иншаков [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Мордовский

гос. ун-т им. Н. П. Огарева". - Саранск : Изд-во Мордовского ун-та, 2007. - 162, [4]с.

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

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

18 Сорока В. П. Разбрасыватели песка и соли [Текст] : Обзор. - Москва : [б. и.], 1967. - 44 с.

19 Уханов А. П. Конструкция и основы теории транспортных машин [Текст] : учебное пособие / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, М. В. Рыблов ; М-во сельского хозяйства Российской Федерации, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. - Пенза : РИО ПГСХА, 2015. - 226 с.

20 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.

21 Школьников А. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие / А. И. Школьников ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. радиотехнических систем. - Челябинск : ЮУрГУ, 2009. - 63, [3] с.

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

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

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

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

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

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

Приложение А  
**Спецификации**

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
						<u>Документация</u>			
	A4			23.ДП.01.14.7.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1			
	A1			23.ДП.01.14.7.61.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1			
Строч. №					<u>Сборочные единицы</u>				
			1	23.ДП.01.14.7.61.01.000	Бункер	1			
			2	23.ДП.01.14.7.61.02.000	Шнек в сборе	1			
			3	23.ДП.01.14.7.61.03.000	Маховик	1			
			4	23.ДП.01.14.7.61.04.000	Подшипник корпусный шариковый радиальный однорядный	1			
			5	23.ДП.01.14.7.61.05.000	Подшипник корпусный шариковый радиальный однорядный	1			
Подп. и дата					<u>Детали</u>				
			7	23.ДП.01.14.7.61.00.007	Пластина крепления маховика	1			
Взам. инв. №					<u>Стандартные изделия</u>				
			8		Болт М12х45 ГОСТ 7798-70	8			
			9		Болт М10х40 ГОСТ 7798-70	6			
			10		Болт М10х30 ГОСТ 7798-70	3			
			11		Гайка М10 ГОСТ 5915-70	3			
Подп. и дата									
					23.ДП.01.14.7.61.00.000				
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
	Разработ.	Толканов А.А.				Устройство для экстренного кратковременного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств автомобилей КАМАЗ	Лит	Лист	Листов
	Пров.	Тизлов А.С.					Д	1	2
	Н.контр.	Тизлов А.С.					ТГУ, АТс-1801В		
Утв.	Бабровский А.В.								

Катировал

Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на устройство для экстренного повышения тягово-сцепных и тормозных качеств





Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	
							Изм.	Лист
				<i>Документация</i>				
A1			23.ДП.01.14.7.62.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1			
				<i>Детали</i>				
Справ. №		1	23.ДП.01.14.7.62.00.001	Пластина крепления	1			
		2	23.ДП.01.14.7.62.00.002	Лист верхний	1			
		3	23.ДП.01.14.7.62.00.003	Крышка	1			
		4	23.ДП.01.14.7.62.00.004	Ручка	1			
		5	23.ДП.01.14.7.62.00.005	Стенка наклонная	1			
		6	23.ДП.01.14.7.62.00.006	Втулка навеса малая	4			
		7	23.ДП.01.14.7.62.00.007	Втулка навеса большая	2			
		8	23.ДП.01.14.7.62.00.008	Лист опорный	1			
		9	23.ДП.01.14.7.62.00.009	Панель лицевая	2			
		10	23.ДП.01.14.7.62.00.010	Полоса	1			
		11	23.ДП.01.14.7.62.00.011	Стенка	4			
		12	23.ДП.01.14.7.62.00.012	Кожух метателя	1			
		13	23.ДП.01.14.7.62.00.013	Корпус шнека	1			
		14	23.ДП.01.14.7.62.00.014	Лоток	1			
		15	23.ДП.01.14.7.62.00.015	Бортик внешний	2			
		16	23.ДП.01.14.7.62.00.016	Бортик внутренний	1			
					<i>Стандартные изделия</i>			
			17		Ось 6-10b12x95 ГОСТ9650-80	2		
			18		Шайба 10 ГОСТ11371-78	2		
		19		Шплинт 3,2x36 ГОСТ397-79	2			
				<b>23.ДП.01.14.7.62.00.000</b>				
Изм. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разраб.		Толканов А.А.			Лит.	Лист	Листов
	Проб.		Тизлов А.С.					1
	Н.контр.		Тизлов А.С.			<b>Бункер правый</b>		
Утв.		Бабровский А.В.			<b>ТГУ, АТс-1801b</b>			
				<i>Копировал</i>		<i>Формат А4</i>		

Рисунок А.3 – Спецификация на бункер (правый)



Продолжение Приложения А

Формат Знак Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание	Лист	Лист	Листов
Перв. примен.							
			<u>Документация</u>				
Справ. №	A3	23.ДП.01.14.7.63.00.000.СБ	Сборочный чертеж				
			<u>Сборочные единицы</u>				
	A4	1 23.ДП.01.14.7.63.01.000	Колесо метательное	1			
	A4	2 23.ДП.01.14.7.63.02.000	Шнек	1			
			<u>Стандартные изделия</u>				
Подп. и дата		3	Шпонка 8x7x40 ГОСТ 10748-79	1			
		19	Шплинт 3,2x36 ГОСТ 397-79	2			
Инд. № подл.	23.ДП.01.14.7.63.00.000						
Взам. инв. №	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инд. № подл.	Разраб.	Толканов А.А.				Лит.	Лист
Подп. и дата	Пров.	Тизилов А.С.				Д	Листов
	Консульт.					1	
	Н.контр.	Тизилов А.С.				ТГУ, АТс-1801В	
	Утв.	Бадровский А.В.					
						Шнек в сборе	
						Копировал	
						Формат А4	

Рисунок А.5 – Спецификация на шнек в сборе