

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 конструкции пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей
КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ

Обучающийся

Н.В. Чеховских

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

(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 конструкции пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ».

Цель работы – разработка конструкции пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 111 страниц с приложениями.

Графическая часть представлена 10 листами формата А1, выполненными в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D. Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

В первом разделе выполнен анализ отечественных комбинированных дорожных машин, их устройство и применяемое оборудование. Основным недостатком является отсутствие конкурентоспособной отечественной гидравлики, что заставляет производителей использовать зарубежные комплектующие, что неизбежно приводит к резкому удорожанию продукции.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля КаМАЗ 65115.

В третьем разделе выполнено обоснование выбора шасси базового автомобиля для разработки пескоразбрасывателя. На базе выбранного автомобиля разработаны основные конструктивные элементы машины и произведены все необходимые конструкторские расчеты.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки снегоочистителя плужно-роторного типа.

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

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

Abstract

The title of the graduation work is: «The design development of a sand spreader for «KamAZ», «MAZ», «KraZ», «URAL» trucks».

The graduation work consists of: an introduction, six general 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 structure design of the sand spreader based on domestic trucks.

We touch upon the problem of the high cost of foreign sand spreaders, spare parts for them, which inevitably leads to a sharp rise in the cost of products. Therefore, they become too expensive for many budget organizations and, as a result, lead to deterioration of winter road maintenance.

The aim of the work is to develop the design of the sand spreader for «KamAZ», «MAZ», «KraZ», «URAL» trucks.

The graduation project may be divided into several logically connected parts, which are: the analysis of domestic combined road vehicles, their structure and equipment used; the traction-dynamic calculation of the «KAMAZ 65115» truck; the justification of the choice of the base truck chassis for the sand spreader development; the development of the vehicle's main structural elements and carrying out design calculations; the determination of the organizational form of assembly of the plough-rotary sand spreader, its technological process and labor intensity; the analysis of the safety and environmental friendliness of the project; the calculation of the economic efficiency of the project.

In conclusion we'd like to stress, that the sand spreader is used for the delivery and subsequent distribution of sand-salt mixtures, and other anti-icing reagents for the winter roads maintenance.

Therefore, this graduation project has a practical application for organizations providing communal services.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 6 |
| 1 Состояние вопроса | 8 |
| 1.1 Анализ рынка комбинированных дорожных машин..... | 8 |
| 1.2 Анализ отечественных комбинированных дорожных машин, устройство и оборудование..... | 13 |
| 2 Тягово-динамический расчет автомобиля | 23 |
| 2.1 Определение эффективной мощности, эффективного крутящего момента и построение внешней скоростной характеристики двигателя | 23 |
| 2.2 Построение тяговой характеристики КДМ | 28 |
| 2.3 Построение динамической характеристики и графика ускорений КДМ | 31 |
| 2.4 Построение графиков времени и пути разгона | 35 |
| 2.5 Построение графика мощностного баланса | 37 |
| 3 Конструкторская часть | 40 |
| 3.1 Обоснование выбора прототипа исследуемой машины | 40 |
| 3.2 Описание состав и работа машины | 43 |
| 3.3 Расчет распределительного диска | 48 |
| 3.4 Расчет производительности конвейера..... | 56 |
| 3.5 Расчет гидромотора..... | 58 |
| 4 Технологический раздел..... | 70 |
| 4.1 Обоснование выбора технологического процесса..... | 71 |
| 4.2 Проектирование технологического процесса сборки конструкции пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ.... | 74 |
| 5 Производственная и экологическая безопасность проекта | 77 |
| 5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны... | 78 |
| 5.2 Идентификация профессиональных рисков..... | 79 |

| | |
|--|-----|
| 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков | 81 |
| 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта | 87 |
| 5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ | 90 |
| 6 Экономическая эффективность проекта..... | 93 |
| Заключение | 101 |
| Список используемой литературы и используемых источников..... | 102 |
| Приложение А. Спецификации..... | 107 |

Введение

Потенциальная ёмкость российского рынка коммунальных и дорожных машин огромна. По действующим нормативам потребности в дорожной технике для ремонта и содержания автомобильных магистралей, на 100 км дороги первой категории требуется иметь от 35 до 43 различных видов машин.

«Высокий спрос на коммунальную технику различного назначения определяется такими специфическими особенностями жилищно-коммунального хозяйства, как территориальная разобщённость обслуживаемых объектов, необходимость оперативного, а в ряде случаев и аварийного характера выполнения работ, огромные их объёмы.

Затраты на эксплуатацию существующего несовременного парка техники и оборудования составляют более 50%. Добиться снижения этих расходов можно за счёт переоснащения и замены специальной техники на высокоэффективные всесезонные комбинированные дорожные машины» [3].

Если прибавить к этому тот факт, что износ машинного парка ЖКХ колеблется по различным видам от 50 до 65, можно строить весьма радужные перспективы для отечественного рынка коммунальных и дорожных машин.

«Комбинированные дорожные машины (далее – КДМ) предназначены для всесезонного использования по содержанию городских дорог с асфальтовым и бетонным покрытием. КДМ изготавливаются на основе грузовых автомобилей, эта спецтехника применяется в коммунальной сфере с целью круглогодичного выполнения различных видов восстановительных и уборочных работ на дорогах с разнообразными видами покрытий.

Эту спецтехнику можно разделить на несколько видов, в зависимости от наличия основных базовых характеристик и использования в работе дополнительных приспособлений» [2].

«По модели автомобиля и установленной на него шасси – КАМАЗы, ЗИЛы, МАЗы и Уралы. К наиболее универсальным, практичным и чаще

всего используемым относятся КДМ на базе КАМАЗа, на которые монтируется кузов или цистерна. Эта спецтехника может оснащаться бензиновыми или дизельными двигателями мощностью от 130 до 280 лошадиных сил.

По весовой категории могут быть мало, средне, крупнотоннажными и применяться с целью обслуживания средних и крупных автодорог и магистралей, работы на городских и площадях, а также для содержания в чистоте тротуаров, парков или скверов» [4].

По монтажу могут быть КДМ с устройствами, установленными:

- в кузов самосвала;
- на раму шасси автомобиля и с креплением при помощи болтов к приваренным фиксаторам.

1 Состояние вопроса

1.1 Анализ рынка комбинированных дорожных машин

Комбинированные дорожные машины - это специализированные транспортные средства, предназначенные для выполнения различных работ на дорогах. Они объединяют в себе функции нескольких типов машин, что позволяет увеличить эффективность и экономичность выполнения работ.

Примеры комбинированных дорожных машин включают в себя:

- комбинированные катки – это машины, которые объединяют в себе функции катка и уплотнителя. Они используются для уплотнения грунта, асфальта и других материалов на дорожных покрытиях.
- комбинированные фрезерные машины - это машины, которые объединяют в себе функции фрезера и планировщика. Они используются для удаления старого асфальтового покрытия и подготовки дорожной поверхности для нового покрытия.
- комбинированные асфальтоукладчики - это машины, которые объединяют в себе функции асфальтоукладчика и катка. Они используются для укладки и уплотнения асфальтового покрытия на дорогах.
- комбинированные машины для обслуживания дорог - это машины, которые объединяют в себе функции уборщика, моечной машины и ремонтной машины. Они используются для очистки дорог от мусора и снега, а также для выполнения ремонтных работ.

Комбинированные дорожные машины позволяют сократить количество необходимых транспортных средств на строительной площадке, а также повысить производительность и качество работ. Они широко применяются в строительстве и обслуживании дорог

«Потребительские свойства автомобильных дорог зависят от качественного выполнения повседневных мероприятий (работ) по их

содержанию, осуществляемых дорожно-эксплуатационными предприятиями. Эффективность таких работ находится в прямой зависимости от состояния и уровня обеспеченности подрядных предприятий соответствующими машинами и механизмами. Для обеспечения требуемых технико-эксплуатационных показателей автомобильных дорог дорожноэксплуатационные предприятия должны выполнять обширный спектр работ по содержанию автомобильных дорог за строго регламентированное время, эффективность выполнения которых невозможна без широкого применения средств механизации, особенно в зимний период.

С наступлением зимних снегопадов очень актуальным становится вопрос выполнения сроков ликвидации «зимней скользкости». Ведь с одной стороны, имеется конкретный норматив, в который дорожные службы должны укладываться, а с другой – появление «снежно-ледяных отложений» на трассе сразу же снижает производительность коммерческого транспорта на 30-40%, а аварийность на 25-30% увеличивается. Опасность попадания в ДТП при движении по гололеду возрастает, по данным ГИБДД, в 8-10 раз, а при езде по снежному накату – в 3-4 раза. Поэтому основной целью данного проекта стоит задача по разработке КДМ пескоразбрасывателя на базе стандартного шасси» [6].

«Пескоразбрасыватель применяют для посыпки зимних скользких дорог. С этой целью, кроме традиционных соли с песком, могут использоваться также современные химические реагенты. Также возможно загрузить в бункер и рассыпать на дороге гравий, щебень мелкой фракции, гранитную крошку» [5].

«Рост потребности у дорожных служб в КДМ давно спрогнозировали в московской компании «Коминвест-АКМТ». Сегодня это предприятие, пожалуй, одно из наиболее прогрессивных в отрасли: «Коминвест-АКМТ» предлагает очень большой выбор комбинированных машин, комплектуемых навесными агрегатами и надстройками, созданными отечественными предприятиями, а также ведущими машиностроителями Дании, Норвегии,

Финляндии, причем модельный ряд постоянно обновляется, модернизируется. В качестве производственной базы предприятие использует в основном мощности Тосненского Мехзавода (ТоМеЗ), с 2011 г. принадлежащего «Коминвест-АКМТ». Сейчас ТоМеЗ может предложить практически любой аналог импортного оборудования, находящегося в линейке «Коминвест-АКМТ». Вся продукция ОАО «ТоМеЗ» имеет сертификат ISO 9001:2008.

В ЗАО «Коминвест-АКМТ», учитывая реальную экономическую ситуацию, в которой далеко не всем предприятиям по карману импортное оборудование, в качестве бюджетного варианта были разработаны модели КДМ, базирующиеся на отечественных шасси КамАЗ и различных модификациях шасси МАЗ, ЗиЛ.

Навесные орудия ТоМеЗ по эксплуатационным качествам практически не уступают зарубежным аналогам, но значительно дешевле дорогостоящих, буквально «напичканных» электроникой и различными надстройками MAN, Volvo, Scania. В сочетании с брендовыми тягачами отечественного производства навесное оборудование европейских марок приносит наиболее оптимальный эффект, и доказывать их преимущества перед российским оборудованием не имеет смысла. Их главный недостаток, как отмечают в «Коминвест-АКМТ» – высокая цена, значительно превышающая стоимость аналогичных КДМ с российской начинкой» [7].

Так же в большей степени в нашу страну поставляется бывшая в употреблении импортная техника, которая после определённого эксплуатационного времени потребует сервисного обслуживания (в том числе и запасные части), что в несколько раз будет дороже, нежели ремонт и содержание отечественных машин.

Разбрасыватели представляют собой автомобили или прицепы, оснащенные специальными механизмами, которые позволяют равномерно распределить материал по поверхности.

Основной принцип работы разбрасывателей заключается в том, что материал загружается в специальный бункер, а затем с помощью конвейера или винтового механизма равномерно распределяется на дорогу. Разбрасыватели обычно оснащены системой контроля расхода материала, что позволяет точно дозировать его количество и равномерно распределить по всей поверхности.

В зависимости от типа материала и условий работы, разбрасыватели могут быть различных конструкций. Например, для распределения соли или песчано-соляной смеси на зимних дорогах используются специальные солеразбрасыватели. Они обычно оснащены дополнительными механизмами, такими как щетки или роторы, которые помогают равномерно распределить материал и обеспечить его хорошее сцепление с дорожным покрытием.

Также существуют разбрасыватели для распределения других материалов, например, химических реагентов для обработки дорог от гололедицы или асфальтобетонной смеси для ремонта дорожного покрытия. Все эти машины имеют свои особенности и спецификации, которые позволяют эффективно выполнять свои функции.

Использование разбрасывателей позволяет значительно упростить и ускорить процесс распределения материалов на дорогах. Они позволяют достичь равномерного покрытия и обеспечить безопасность движения

По типу исполнения механизма подачи материала (питателя) эти машины могут быть: со скребковым или ленточным конвейерами; с питающим шнеком; с наклонными лотками, совершающими возвратно-поступательное движение; с подачей материала под действием собственного веса (рисунок 1).

В данном разделе произведем систематизацию данных машин по различным признакам.

«По типу шасси, используемых для монтажа оборудования, КДМ можно условно разделить на две категории. К первой (назовем ее условно категорией А) относятся машины на шасси типов КамАЗ, МАЗ, «Урал» с

колесной формулой 6×4, 6×6 или 4×2 (реже – ЗИЛ 6×4), предназначенные в первую очередь для работы на крупных магистралях. Возможность работы на второстепенных улицах города у этих машин крайне мала. Во вторую группу КДМ (категория Б) на шасси ЗИЛ 4×2 входят машины в основном для содержания нешироких улиц и проездов, когда более важна их способность маневрировать в «кривоколенных» переулках» [25].

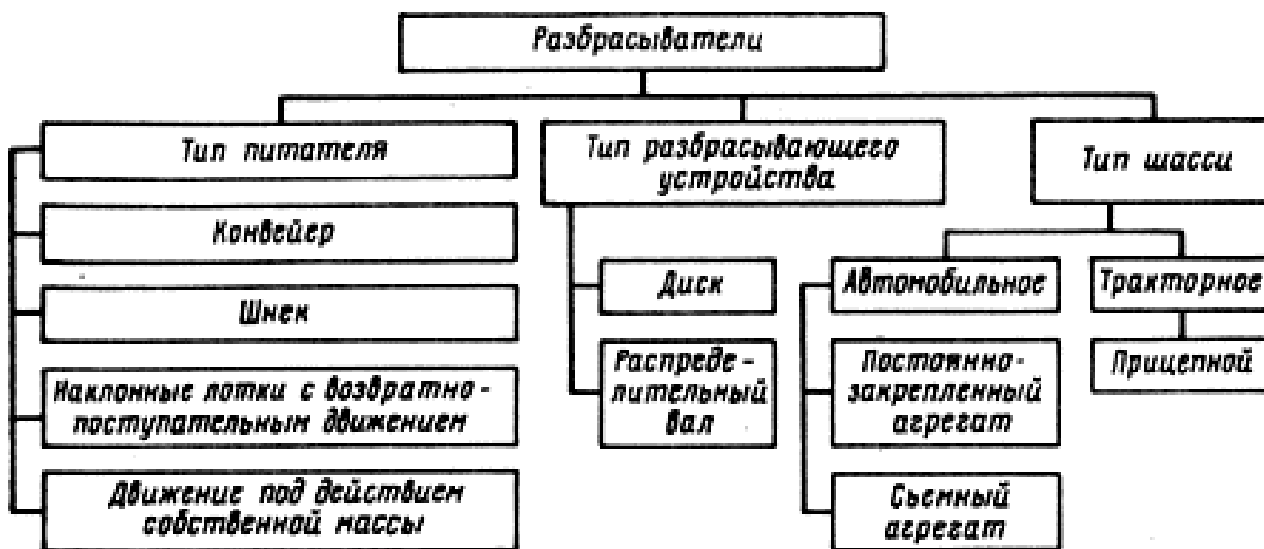


Рисунок 1 – Классификация распределителей минеральных и химических материалов

«Разбрасывающее устройство, как правило, выполнено в виде горизонтально расположенного вращающегося диска, устанавливаемого на машинах, обрабатывающих городские улицы и проезды. Для скоростной посыпки песком автомобильных дорог иногда применяют распределительное оборудование в виде горизонтального вала с лопастями. Вальцевый разбрасыватель распределяет материал равномернее, чем дисковый, но у него ширина захвата не превышает ширины разбрасывающего вала, а с помощью дисковых разбрасывателей (за счет изменения частоты вращения диска) можно посыпать дорожные покрытия различной ширины» [27].

1.2 Анализ отечественных комбинированных дорожных машин, устройство и оборудование

«Пескоразбрасыватели представляют собой объемные контейнеры со специальным дозирующим устройством и транспортером, подающим сыпучий материал к разбрасывающему механизму. Последний выполнен обычно в виде крутящегося диска, закрепленного горизонтально. Транспортер чаще всего имеет скребковый тип с цепным приводом, но иногда его делают и ленточным» [26].

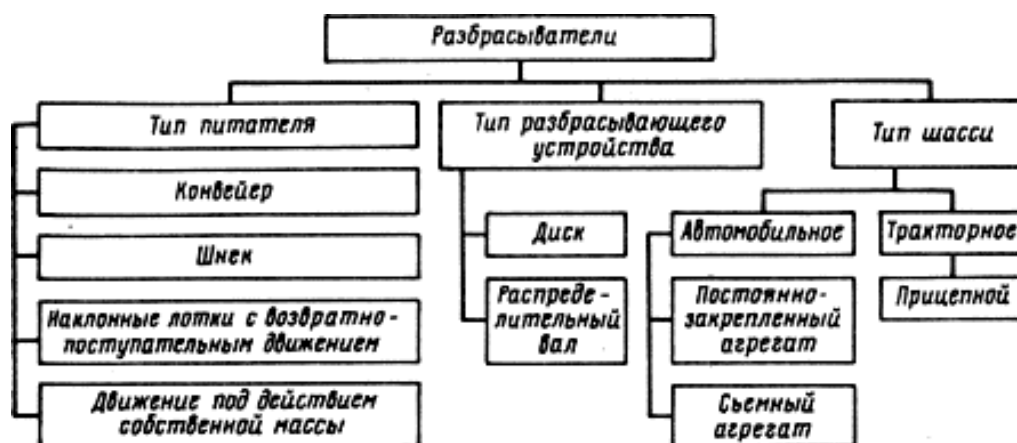


Рисунок 1 – Классификация распределителей минеральных и химических материалов

«Существуют три варианта установки кузова пескоразбрасывателя: непосредственно на раму шасси с последующим креплением болтами к приваренным фиксаторам; монтаж в кузове самосвала; установка подъемником «мультилифт». На КДМ категории А используют все варианты, на КДМ категории Б – только первый. Монтаж-демонтаж кузова на раму можно выполнить по двум схемам: либо с помощью крана или погрузчика, либо собственными силами – в этом случае сменный кузов оборудуют выдвигаемыми опорами с домкратами, при помощи которых кузов приподнимается над рамой шасси, и автомобиль из-под него выезжает» [23].

«Опоры (рисунок 2) могут быть стационарными – в транспортном положении вертикальные стойки поднимаются вверх и фиксируются пальцами, или съемными – в этом случае при монтаже горизонтальные балки опор вставляются в гнезда под кузовом. КДМ с установкой кузова посторонними средствами – самые распространенные, их предлагают все производители для машин всех категорий. Кузова с домкратами производители КДМ предлагают только для машин категории А. Аналогичные схемы установки используются и в случае применения в качестве базовой машины самосвала» [21].



Рисунок 2 – Пескоразбрасыватель с опорами

«Самоустанавливающиеся кузова для самосвалов оборудуют только стационарными опорами, в транспортном режиме передние стойки поворачиваются на поперечной оси, принимая горизонтальное положение вдоль кузова, задние стойки поднимаются вверх. Крепление кузова КДМ в кузове самосвала осуществляется или растяжками к скобам, приваренным с внутренней стороны самосвальных бортов, или болтами к пластине, приваренной к верхней кромке борта. В качестве базового самосвала чаще всего используется КамАЗ-53229 (КОРМЗ, ОАО «Комплексные Дорожные Машины» – далее ОАО «КДМ», Рязский авторемонтный завод – РАРЗ) или

КамАЗ-55111 (СААЗ, ОАО «КДМ»). Реже используют МАЗ-5551 (СААЗ) или Урал-55571-30 (ОАО «Евразия»)» [10].

В случае с «мультилифтом» (рисунок 3) кузов зацепляется крюковым захватом либо фиксируется тросами и затягивается на автомобиль. Машины с крюковым захватом предлагают РАРЗ и ТоМеЗ, с тросовым захватом – ОАО «КДМ». В качестве базового шасси используется КамАЗ-53215 или -53229.



Рисунок 3 – Пескоразбрасыватель на мультилифт ТМ-7,0ПС

«На подавляющем большинстве выпускаемых сегодня в России КДМ, кроме привода центральной щетки, используется гидропривод рабочих органов: на ряде машин он осуществляется карданным валом и цепью от

коробки отбора мощности (КОМ) базового автомобиля. Элементы гидросистемы у машин категории А устанавливаются на шасси между кабиной и кузовом, у машин категории Б – сбоку на раме. Привод гидронасоса осуществляется механически от КОМ. Для привода рабочих органов КДМ на базе самосвалов имеют возможность использования штатной гидросистемы.

Схемы гидропривода от индивидуального двигателя внутреннего сгорания или от «пятого колеса» с гидромотором часто используемые в современных иностранных КДМ на российской технике не прижились.

Некоторые крупные производители КДМ оснащают машины микропроцессорными системами контроля за технологическими операциями. Самый распространенный вариант – электронное управление процессом распределения против гололедной смеси. С пульта в кабине водитель регулирует количество и плотность поступающих на диск разбрасывателя реагентов и ширину обрабатываемой полосы. Такими системами оборудованы КДМ производства РАРЗ и Арзамас Коммаш. Электронная система производства ОАО «КДМ», помимо вышеперечисленных основных функций, имеет дополнительные: сигнализацию неисправности рабочего органа или датчика, автоматическое отключение рабочих органов при скорости ниже 3 км/ч и включение после увеличения скорости до 5 км/ч, отключение распределителя, если закончился запас реагента» [11].

«Распределитель твердых смесей – предназначен для распределения твердых противогололедных реагентов – песка, соли или пескосоляной смеси в зимний период. Поперечное сечение кузова представляет собой трапецию с узким основанием. Продольный транспортер в нижней части кузова подает песок к диску разбрасывателя. В большинстве случаев транспортер выполнен в виде двух втулочно-роликовых цепей, соединенных пластинами со скребками (рисунок 4). Сверху кузов пескоразбрасывателя закрыт металлической решеткой, задерживающей крупные камни при загрузке машины песком» [13].

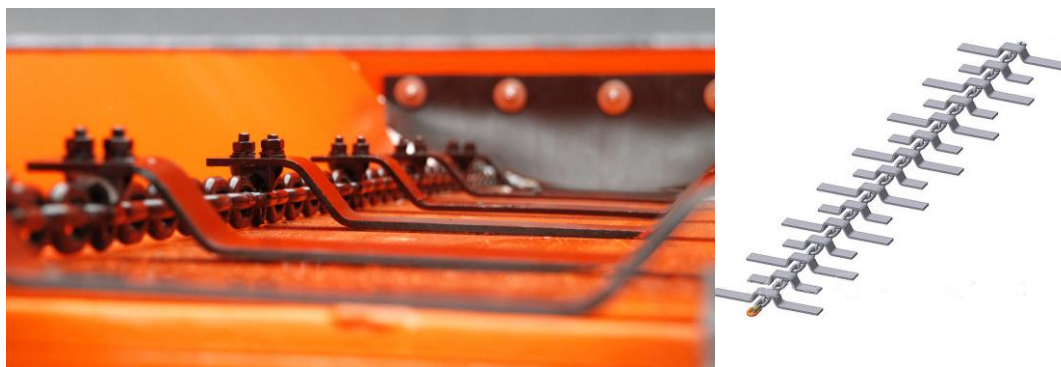


Рисунок 4 – Транспортер пескоразбрасывателя в виде двух втулочно-роликовых цепей

«Противогололедная смесь распределяется дисковым разбрасывателем с гидроприводом. Высота диска над дорогой на многих машинах регулируется в пределах 250...500 мм. Практически на всех выпускаемых сегодня машинах диск пескоразбрасывателя можно откинуть вверх, что исключает возможность повредить его при заезде машины на загрузочный пункт или при смене кузова. Сверху кузов закрывается тентом от атмосферных осадков» [12].

В качестве дополнительного оборудования для универсальности и многозадачности использования пескоразбрасывателя устанавливают передние, средние и задние щетки, скоростные отвалы, передние поворотные, боковые и комбинированные отвалы.

«Передняя щетка устанавливается только на КДМ категории А на переднее навесное устройство. Бывает навесной и полунавесной (опирающейся на два поддерживающих колеса) и представляет собой горизонтальную щетку с жестким ворсом шириной от 2,7 до 2,9 м и диаметром от 0,5 до 0,8 м, поворачивающуюся в горизонтальной плоскости на угол до 30°. Привод щетки гидравлический, частота вращения регулируется в пределах от 200 до 400 мин⁻¹. Для работы летом на щетке предусмотрена подача воды. Ряд производителей оснащает переднюю щетку грязеуловительным фартуком, предотвращающим выброс мусора вверх (рисунок 5)» [13].



Рисунок 5 – Передняя моющая щетка

«Средняя щетка (рисунок 6) устанавливается под рамой внутри колесной базы автомобиля под углом около 30° к продольной оси. В летнее время используется для сметания мусора с проезжей части, зимой – для удаления остатков снега после очистки передним отвалом. Внешний диаметр щетки с жестким ворсом 0,5...0,6 м, ширина захвата 2,3...2,8 м. Средняя щетка – единственный вид навесного оборудования, на котором до сих пор наряду с гидравлическим приводом используется и механический» [14].



Рисунок 6 – Средняя щетка пескоразбрасывателя

Скоростной отвал (рисунок 7) устанавливается только на КДМ категории А.



Рисунок 7 – Скоростной отвал пескоразбрасывателя

«Предназначен для снегоочистки на скорости 50...60 км/ч, при этом форма отвала обеспечивает отбрасывание снега в сторону на расстояние до 20 м. Угол установки отвала не меняется, у разных производителей он равен 40...50°. В большинстве случаев скоростной отвал оснащен стальными ножами, однако СААЗ для КДМ на двухосных шасси предлагает облегченную версию с резиновыми ножами» [15].

«Передние поворотные отвалы (рисунок 8) предназначены для очистки дорог от снега на скорости 20...40 км/ч, при этом снег сдвигается в сторону обочины. Выпускают отвалы навесные и полунавесные, угол поворота которых $\pm 30^\circ$ от продольной оси машины» [16].



Рисунок 8 – Передние поворотные отвалы пескоразбрасывателя

«Управление отвалами гидравлическое, в качестве дополнительного оборудования может быть установлен снегозащитный козырек. Конструкция подвески отвалов обеспечивает автоматическое копирование профиля дороги. РАРЗ на ряд машин устанавливает полунавесной отвал, состоящий из трех подпружиненных секций.

Комбинированный передний отвал - единственный производитель отвала этого типа – ОАО «КДМ». Это передний полноповоротный отвал с двумя комплектами ножей – резиновыми и металлическими. Смена типа ножей осуществляется гидроцилиндром. Отвал предназначен для установки на машинах серий ЭД-405 и ЭД-244 (категория А)» [17].

«Боковой отвал (рисунок 9) устанавливается только на КДМ категории А. Предназначен для очистки от снега обочин и работает в комплексе с передним поворотным или скоростным отвалом. Угол установки отвала бесступенчато изменяется гидроцилиндром от 0 до 45°. Для предохранения отвала от поломок при наезде на препятствие имеются гидравлическая (предохранительный клапан) и механическая (блоки тарельчатых пружин) системы защиты. На нем могут быть установлены как металлические, так и резиновые ножи» [18].

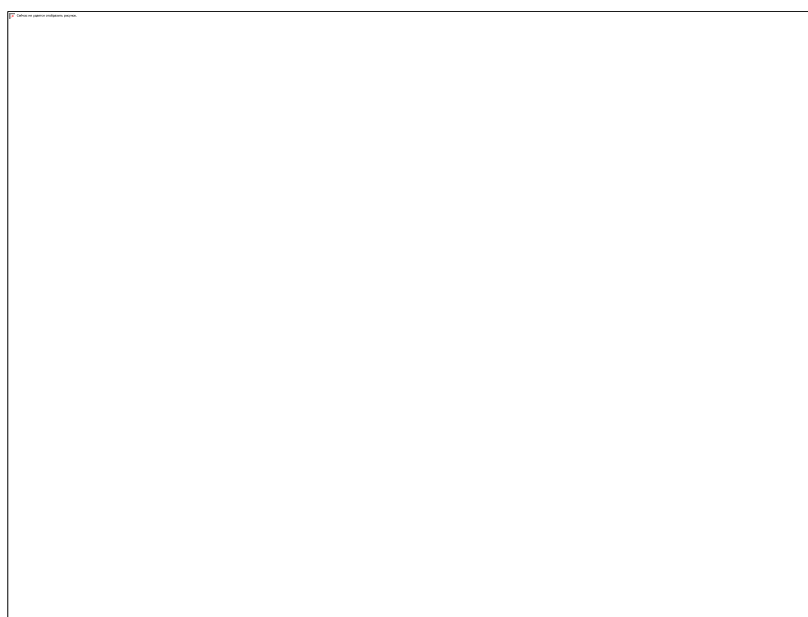


Рисунок 9 – Боковой отвал пескоразбрасывателя

«Средний отвал (рисунок 10) – его еще называют грейдерным, устанавливают только на КДМ категории А в базе машины, на месте средней щетки. Предназначен для удаления уплотненных снежных отложений и наледей. Отвал оборудован дополнительным выдвижным крылом, увеличивающим ширину очищаемой полосы (до 3,2 м).

В летнее время отвал используют для разравнивания песка и щебня при строительстве и ремонте дорог» [19].



Рисунок 10 – Средний отвал пескоразбрасывателя

«Современные КДМ являются единственным типом коммунальных машин, полностью исключая сезонные простои базового автомобиля. Основным недостатком является отсутствие конкурентоспособной отечественной гидравлики, что заставляет производителей использовать зарубежные комплектующие, что неизбежно приводит к резкому удорожанию продукции, которая становится не по карману многим бюджетным организациям» [19].

Приведем некоторые сравнительные данные КАМАЗ и импортной техники:

- цена нового КАМАЗа равна или ниже цены бывшей в эксплуатации иномарки поставляемых на данный момент в Россию;

- за цену новой иномарки (83-113 тысячи долларов, можно купить либо 2 автомобиля КАМАЗ тяжелого семейства 6520 либо 3 новых КАМАЗа модернизированного семейства 65115.
- топливная экономичность КАМАЗа равна либо + 7% топливной экономичности иномарки.
- цена запасной части к иномарке на 160-400% дороже аналогичной отечественной.
- сроки поставки запчастей и расходных материалов для техники импортного производства превосходит в 4-6 раз срока поставки запчастей на отечественную технику.
- пробег между ТО у иномарок выше в 1,5-2 раза, но и стоимость одного ТО у иномарок выше в 2, а иногда и в 3 раза выше в зависимости от марки.
- отсутствие спец инструмента для ремонта импортной техники «своими силами».
- низкое качество топлива. Иномарки с электронным впрыском (Volvo, Scania, Reno и так далее) не могут ездить на солярке плохого качества из-за высокого содержания серы, воды и примесей, а механические ТНВД КАМАЗов не смотря на низкое качество топлива справляются.

Выводы по разделу.

В разделе выполнен анализ отечественных комбинированных дорожных машин, их устройство и применяемое оборудование. Основным недостатком является отсутствие конкурентоспособной отечественной гидравлики, что заставляет производителей использовать зарубежные комплектующие, что неизбежно приводит к резкому удорожанию продукции.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

В качестве исходных данных принимаем технические характеристики базовой автомашины КаМАЗ 65115.

«Самосвал КАМАЗ-65115 – одна из самых востребованных рынком моделей. Колесная формула 6x4. Максимальная грузоподъемность шасси 17400 кг. На КАМАЗ-65115 установлен дизельный двигатель 740.31-240 EURO-2. Мощность: 240 кВт.

Коробка передач модели 142 – механическая, 5-ти ступенчатая. Передаточные числа КПП: первая передача – 6,38, вторая – 3,29, третья – 2,04, четвертая – 1,25; пятая – 0,815; задний ход – 6,02. Передаточное число главной передачи – 5,43» [1].

2.1 Определение эффективной мощности, эффективного крутящего момента и построение внешней скоростной характеристики двигателя

«Для определения тягово-скоростных свойств используют уравнение мощностного баланса автомобиля:

$$N_T = N_B + N_D + N_j, \quad (1)$$

где N_B, N_D, N_j – мощности, затрачиваемые на преодоление сопротивления воздуха, дороги, разгон автомобиля» [20].

Требуемую эффективную мощность двигателя проектируемого КДМ определяют по значениям максимальной скорости V_{max} .

«Поскольку $N_T = N_e \cdot \eta_{mp}$ при V_{max} запас тяги равен нулю, то есть автомобиль не может разгоняться, то мощность, затрачиваемая на разгон, также равна нулю. Тогда мощность двигателя:

$$N_{dv} = \frac{\Psi_v \cdot G_a \cdot V_{\max} + kF_a \cdot V_{\max}^3}{1000 \cdot \eta_{mp}}, \quad (2)$$

где k – коэффициент обтекаемости, принимаем равным $0,72 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$;

F_a – лобовая площадь автомобиля, принимаем равной $5,97 \text{ м}^2$;

η_{mp} – КПД трансмиссии, принимается равным $0,89$;

Ψ_v – коэффициент сопротивления дороги, принимается равным $0,024$.

G_a – полный вес автомобиля» [20].

$$G_a = G_0 + G_{sp}, \quad (3)$$

где G_0 – вес автомобиля в снаряженном состоянии (вес базового шасси), принимается равным 69500 Н

G_{sp} – максимальная грузоподъемность базового автомобиля), принимается равной 17400 Н .

$$G_a = 6950 \cdot 9,81 + 174000 = 243,5 \text{ кН}. \quad (4)$$

$$N_{dv} = \frac{0,024 \cdot 243500 \cdot 25 + 0,72 \cdot 5,97 \cdot 25^3}{1000 \cdot 0,89} = 239,68 \text{ кВт}.$$

Суммарная мощность с учетом затрат мощности на привод спецоборудования (конвейера и пескоразбрасывателя) составит:

$$N = N_{dv} + N_{dc} + N_{TP}, \quad (5)$$

где N_{dv} – мощность двигателя базового автомобиля;

N_{dc} – мощность необходимая для привода диска, принимается равной $0,369 \text{ кВт}$;

N_{TP} – мощность необходимая для привода конвейера, принимается равной $0,75 \text{ кВт}$.

$$N = 239,68 + 0,369 + 0,75 = 240,8 \text{ кВт.}$$

«Площадь лобового сопротивления определяется по техническим характеристикам или приближенно по следующей формуле:

$$F_a = a \cdot B_a \cdot H_a, \quad (6)$$

где a – коэффициент заполнения площади, зависит от дорожного просвета и параметров подвески, для грузовых - $a=0,75\dots0,9$ (большие значения для более тяжелых автомобилей);

B_a – наибольшая ширина ТС, принимается равной 2,5 м;

H_a – наибольшая высота ТС, принимается равной 2,985 м» [20].

$$F_a = 0,8 \cdot 2,5 \cdot 2,985 = 5,97 \text{ м}^2.$$

«Коэффициент сопротивления дороги нужно вычислить по следующей формуле:

$$\psi_v = f_v (\cos \alpha \pm \sin \alpha), \quad (7)$$

где α – угол подъема (+) или спуска (-) участка дороги, поскольку максимальную скорость определяют на горизонтальной дороге, то в данном случае $\alpha=0$;

f_v – коэффициент сопротивления качению эластичных шин, зависит от скорости автомобиля» [20].

$$\psi_v = 0,017 \cdot \left(1 + \frac{25^2}{1500} \right) = 0,024.$$

«Угловая скорость коленчатого вала на номинальном режиме при N_{max} , определяется по формуле:

$$\omega_N = \frac{2\pi n_N}{60}, \quad (8)$$

где n_N – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, принимается равной 2350 об/мин» [20].

$$\omega_N = \frac{3,14 \cdot 2350}{30} = 245,97 \text{ с}^{-1}.$$

Мощность N_{ev} соответствует частоте вращения коленчатого вала ω_{ev} , при которой скорость движения автомобиля будет V_{max} .

Частота вращения ω_{ev} , связана с частотой вращения ω_N , соответствующей максимальной мощности, следующим образом:

$$\begin{aligned} \omega_{ev} &= (0,95...1)\omega_N, \\ \omega_{ev} &= 1 \cdot 245,97 = 245,97 \text{ с}^{-1}. \end{aligned} \quad (9)$$

Минимальная частота вращения для всех типов двигателей может быть принята равной:

$$\begin{aligned} \omega_{min} &= 0,2 \cdot \omega_N, \\ \omega_{min} &= 0,2 \cdot 245,97 = 49,19 \text{ с}^{-1}. \end{aligned} \quad (10)$$

«Внешняя скоростная характеристика, то есть зависимость $N_e=f(\omega_e)$, строится с использованием эмпирической формулы в интервале частот от ω_{min} до ω_{ev} . Выбираем 10 значений точек, тогда интервал:

$$\Delta\omega = \frac{\omega_{ev} - \omega_{min}}{n - 1}, \quad (11)$$

$$\Delta\omega = \frac{245,97 - 49,19}{10 - 1} = 21,86 \text{ с}^{-1},$$

$$N_{ei} = N_{emax} \cdot \left[a \frac{\omega_{ei}}{\omega_N} + b \left(\frac{\omega_{ei}}{\omega_N} \right)^2 - c \left(\frac{\omega_{ei}}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (12)$$

где a, b, c – эмпирические коэффициенты, для дизельных двигателей принимаются равными $a=0,53; b=1,56; c=1,09$;

N_{emax} – максимальная эффективная мощность двигателя, кВт» [20].

$$N_{ei} = 240,8 \cdot (0,11 + 0,06 - 0,01) = 38,5 \text{ кВт.}$$

Для удобства расчеты сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Внешняя скоростная характеристика

| Показатель | ω_{min} | ω_2 | ω_3 | ω_4 | ω_5 | ω_6 | ω_7 | ω_8 | ω_9 | ω_{10} |
|------------------------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| ω_e | 49,19 | 71,06 | 92,92 | 114,78 | 136,65 | 158,51 | 180,38 | 202,24 | 224,1 | 245,9 |
| ω_{ei}/ω_N | 0,20 | 0,29 | 0,38 | 0,47 | 0,56 | 0,64 | 0,73 | 0,82 | 0,91 | 1,00 |
| $a (\omega_{ei}/\omega_N)$ | 0,11 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,29 | 0,34 | 0,39 | 0,44 | 0,48 | 0,53 |
| $b (\omega_{ei}/\omega_N)^2$ | 0,06 | 0,13 | 0,22 | 0,34 | 0,48 | 0,65 | 0,84 | 1,05 | 1,29 | 1,56 |
| $c (\omega_{ei}/\omega_N)^3$ | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 0,11 | 0,19 | 0,29 | 0,43 | 0,61 | 0,82 | 1,09 |
| N_e , кВт | 38,5 | 61,9 | 87,7 | 114,7 | 141,8 | 168,0 | 192,1 | 213,0 | 229,6 | 240,8 |
| M_e , Н·м | 781,6 | 871,0 | 943,5 | 999,2 | 1038,0 | 1059,9 | 1065,0 | 1053,2 | 1024,5 | 979,0 |
| k | 1,09 | 1,04 | 1,00 | 0,97 | 0,95 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,94 | 0,95 |
| g_e , г/кВт·ч | 402,3 | 383,3 | 368,4 | 357,5 | 350,0 | 345,6 | 343,9 | 344,6 | 347,2 | 351,5 |

По результатам строим график - внешнюю скоростную характеристику автомобильного двигателя (рисунок 11).

Кривая зависимости крутящего момента M_e на валу двигателя от его частоты вращения строится с использованием уравнения:

$$M_{ei} = 1000 \cdot \frac{N_{ei}}{\omega_{ei}}, \quad (13)$$

$$M_{ei} = 1000 \cdot \frac{38,5}{49,19} = 781,6 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

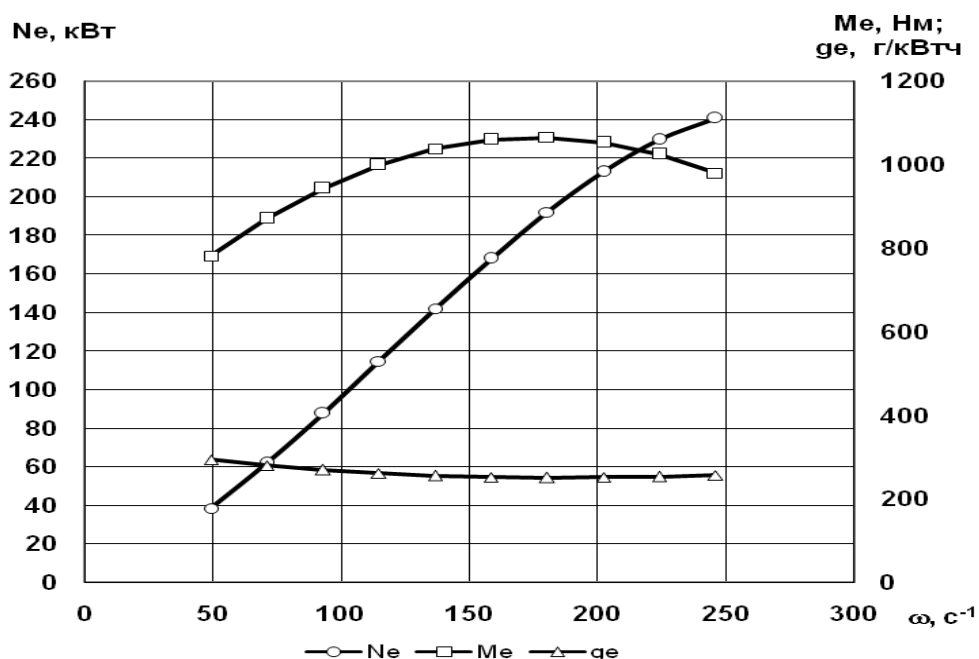


Рисунок 11 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

«Зависимость удельного расхода топлива двигателем с достаточной для расчетов точностью определяется выражением:

$$g_{ei} = g_{eN} \cdot k_{\omega i}, \quad (14)$$

где g_{eN} – удельный эффективный расход топлива при номинальной мощности, заданный в исходных данных;

$k_{\omega i}$ – коэффициент, учитывающий влияние частоты вращения коленчатого вала на удельный расход топлива» [20].

$$g_{ei} = 370 \cdot 1,09 = 402,3 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч.}$$

2.2 Построение тяговой характеристики КДМ

«Тяговая характеристика автомобиля представляет собой зависимость силы тяги на ведущих колесах автомобиля от скорости его движения на всех передачах, то есть

$$P_m = f \cdot (V_a \cdot i_k) \cdot g, \quad (15)$$

где V_a – скорость движения автомобиля;

i_k – передаточное число k -й передачи коробки передач» [20].

«Сила тяги на ведущих колесах определяется из уравнения:

$$P_{mi} = \frac{M_{ei} \cdot i_{ki} \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \quad (16)$$

где r_k – радиус качения колеса.

$$r_k = \left(\frac{D}{2} + \chi B \lambda \right) \cdot 0,0254, \quad (17)$$

где χ – соотношение между высотой и шириной профиля шины, принимается равным 0,9;

λ – коэффициент деформации шины под воздействием нагрузки и крутящего момента, принимается равным 0,9;

D – посадочный диаметр шины, принимается равным 20 дюймов;

B – ширина шины, принимается равным 11 дюймов» [20].

$$r_k = \left(\frac{20}{2} + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 11 \right) \cdot 0,0254 = 0,48 \text{ м.}$$

$$P_{mi} = \frac{781,6 \cdot 6,4 \cdot 5,8 \cdot 1 \cdot 0,9}{0,48} = 53,14 \text{ кН.}$$

Значения M_{ei} берутся из внешней скоростной характеристики двигателя.

«Передаточное число главной передачи определяется по формуле:

$$i_0 = \frac{\omega_{ev} \cdot r_k}{i_{k \min} \cdot i_{p \min} \cdot V_{\max}}, \quad (18)$$

где $i_{k \min}$, $i_{p \min}$ – соответственно минимальное передаточное число коробки передач и дополнительной коробки» [20].

$$i_0 = \frac{245,97 \cdot 0,48}{0,815 \cdot 1 \cdot 25} = 5,8.$$

Передаточное число первой передачи определяется по формуле:

$$i_1 = \frac{\Psi_{\max} \cdot G_a \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot i_0 \cdot i_{p \min}}, \quad (19)$$

$$i_1 = \frac{0,025 \cdot 243500 \cdot 0,48}{1065 \cdot 0,88 \cdot 5,8 \cdot 0,815 \cdot 1} = 0,53.$$

Найденное число i_1 проверяют по условию сцепления ведущих колес с дорогой:

$$i_1 \leq \frac{G_2 \cdot m_2 \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot i_0 \cdot i_{p \min}}, \quad (20)$$

$$i_1 \leq \frac{146100 \cdot 1,2 \cdot 0,55 \cdot 0,48}{1065 \cdot 0,88 \cdot 5,8 \cdot 0,815 \cdot 1} \leq 8,52.$$

«Передаточные числа промежуточных ступеней определяются из условия:

$$i_k = \sqrt[n-1]{i_1^{n-k} \cdot i_{высш}^{k-1}}, \quad (21)$$

где n – число ступеней передач коробки, не считая передачу заднего хода;

k – порядковый номер рассчитываемой передачи;

$i_{\text{высш}}$ – значение передаточного числа высшей передачи $i_2=3,82$; $i_3=2,28$; $i_4=1,36$; $i_{\text{высш}}=0,815$ » [20].

$$i_k = \sqrt[4]{6,4^{5-2} \cdot 0,815} = 3,82.$$

2.3 Построение динамической характеристики и графика ускорений КДМ

Значения динамического фактора определяются для выбранных скоростей КДМ на всех передачах по зависимости:

$$D_i = \frac{P_{mi} - P_{ei}}{G_a}, \quad (22)$$

«где P_{mi} – сила тяги на k -й передаче при i -ом значении вращающего момента двигателя M_{ei} » [20].

$$D_i = \frac{53,14 - 0,002}{243,5} = 0,218.$$

Сила сопротивления воздуху:

$$P_{ei} = k \cdot F \cdot V_a^2, \quad (23)$$

$$P_{ei} = 0,7 \cdot 5,97 \cdot \left(\frac{2,29}{3,6} \right) = 2 \text{ кН.}$$

«Числовые значения возможных ускорений КДМ на i -й передаче определяют по зависимости:

$$J_i = \frac{D_i - f_i}{\delta_{ep}} g, \quad (24)$$

где f_i – коэффициент сопротивления качению колёс ТС при i -том значении скорости;

δ_{ep} – коэффициент учета вращающихся масс, определяемый по эмпирической зависимости для различных передач.

$$f_i = f_o \cdot \left(1 + \frac{V_i^2}{1500}\right), \quad (25)$$

где f_o – коэффициент сопротивления качению» [20].

$$f_i = 0,017 \cdot \left(1 + \frac{0,64^2}{1500}\right) = 0,017,$$

$$J_i = \frac{0,218 - 0,017}{2,68} = 0,74 \text{ м/с}^2. \quad (26)$$

Результаты вычислений заносим в таблицу 2.

Таблица 2 – Данные для построения динамической характеристики и графика ускорений КДМ

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| – | $\omega_{ei}, \text{ с}^{-1}$ | 49,19 | 71,06 | 92,92 | 114,78 | 136,65 | 158,51 | 180,38 | 202,24 | 224,10 | 245,97 |
| | $M_{ei}, \text{ Н}$ | 781,6 | 871,0 | 943,5 | 999,2 | 1038,0 | 1059,9 | 1065,0 | 1053,2 | 1024,5 | 979,0 |
| Первая передача | $V_i, \text{ км/ч}$ | 2,29 | 3,31 | 4,33 | 5,35 | 6,37 | 7,39 | 8,40 | 9,42 | 10,44 | 11,46 |
| | $P_{mi}, \text{ кН}$ | 53,14 | 59,22 | 64,15 | 67,93 | 70,57 | 72,06 | 72,41 | 71,60 | 69,66 | 66,56 |
| | $P_{ei}, \text{ кН}$ | 0,002 | 0,004 | 0,006 | 0,009 | 0,013 | 0,018 | 0,023 | 0,029 | 0,035 | 0,042 |
| | D_i | 0,218 | 0,243 | 0,263 | 0,279 | 0,290 | 0,296 | 0,297 | 0,294 | 0,286 | 0,273 |
| | f_i | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 |
| | $J_i, \text{ м/с}^2$ | 0,74 | 0,83 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 1,02 | 1,03 | 1,01 | 0,98 | 0,94 |
| | – | $\omega_{ei}, \text{ с}^{-1}$ | 49,19 | 71,06 | 92,92 | 114,78 | 136,65 | 158,51 | 180,38 | 202,24 | 224,10 |
| Вторая передача | $M_{ei}, \text{ Н}$ | 781,6 | 871,0 | 943,5 | 999,2 | 1038,0 | 1059,9 | 1065,0 | 1053,2 | 1024,5 | 979,0 |
| | $V_i, \text{ км/ч}$ | 3,84 | 5,54 | 7,25 | 8,95 | 10,66 | 12,36 | 14,07 | 15,77 | 17,48 | 19,19 |
| | $P_{mi}, \text{ кН}$ | 31,75 | 35,38 | 38,32 | 40,58 | 42,16 | 43,05 | 43,25 | 42,77 | 41,61 | 39,76 |
| | $P_{ei}, \text{ кН}$ | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,12 |
| | D_i | 0,130 | 0,145 | 0,157 | 0,167 | 0,173 | 0,177 | 0,177 | 0,175 | 0,170 | 0,163 |
| | f_i | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 |
| | $J_i, \text{ м/с}^2$ | 0,68 | 0,77 | 0,85 | 0,90 | 0,94 | 0,96 | 0,97 | 0,95 | 0,93 | 0,88 |

Продолжение таблицы 2

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| – | ω_{ei}, c^{-1} | 49,19 | 71,06 | 92,92 | 114,78 | 136,65 | 158,51 | 180,38 | 202,24 | 224,10 | 245,97 |
| | M_{ei}, H | 781,6 | 871,0 | 943,5 | 999,2 | 1038,0 | 1059,9 | 1065,0 | 1053,2 | 1024,5 | 979,0 |
| Третья передача | $V_i, км/ч$ | 6,42 | 9,28 | 12,13 | 14,99 | 17,84 | 20,70 | 23,55 | 26,41 | 29,26 | 32,12 |
| | $P_{mi}, кН$ | 18,96 | 21,13 | 22,89 | 24,24 | 25,18 | 25,72 | 25,84 | 25,55 | 24,86 | 23,75 |
| | $P_{ei}, кН$ | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,10 | 0,14 | 0,18 | 0,22 | 0,28 | 0,33 |
| | D_i | 0,078 | 0,087 | 0,094 | 0,099 | 0,103 | 0,105 | 0,105 | 0,104 | 0,101 | 0,096 |
| | f_i | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,018 | 0,018 | 0,018 |
| | $J_i, м/с^2$ | 0,48 | 0,55 | 0,60 | 0,64 | 0,67 | 0,69 | 0,69 | 0,68 | 0,65 | 0,61 |
| | $V_i, км/ч$ | 10,75 | 15,53 | 20,31 | 25,09 | 29,87 | 34,65 | 39,43 | 44,21 | 48,98 | 53,76 |
| Четвертая передача | $P_{mi}, кН$ | 11,33 | 12,62 | 13,68 | 14,48 | 15,04 | 15,36 | 15,44 | 15,26 | 14,85 | 14,19 |
| | $P_{ei}, кН$ | 0,04 | 0,08 | 0,13 | 0,20 | 0,29 | 0,39 | 0,50 | 0,63 | 0,77 | 0,93 |
| | D_i | 0,046 | 0,052 | 0,056 | 0,059 | 0,061 | 0,061 | 0,061 | 0,060 | 0,058 | 0,054 |
| | f_i | 0,017 | 0,017 | 0,017 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,019 | 0,019 | 0,020 |
| | $J_i, м/с^2$ | 0,26 | 0,30 | 0,34 | 0,36 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,36 | 0,34 | 0,31 |
| | $V_i, км/ч$ | 18 | 26 | 34 | 42 | 50 | 58 | 66 | 74 | 82 | 90 |
| | Пятая передача | $P_{mi}, кН$ | 6,77 | 7,54 | 8,17 | 8,65 | 8,99 | 9,18 | 9,22 | 9,12 | 8,87 |
| $P_{ei}, кН$ | | 0,10 | 0,22 | 0,37 | 0,57 | 0,81 | 1,08 | 1,40 | 1,77 | 2,17 | 2,61 |
| D_i | | 0,027 | 0,030 | 0,032 | 0,033 | 0,034 | 0,033 | 0,032 | 0,030 | 0,028 | 0,024 |
| f_i | | 0,017 | 0,018 | 0,018 | 0,019 | 0,019 | 0,020 | 0,021 | 0,022 | 0,023 | 0,024 |
| $J_i, м/с^2$ | | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,04 | 0,00 |

По данным таблицы 2 строим тяговую, динамическую характеристики и график ускорений КДМ (рисунки 12, 13, 14).

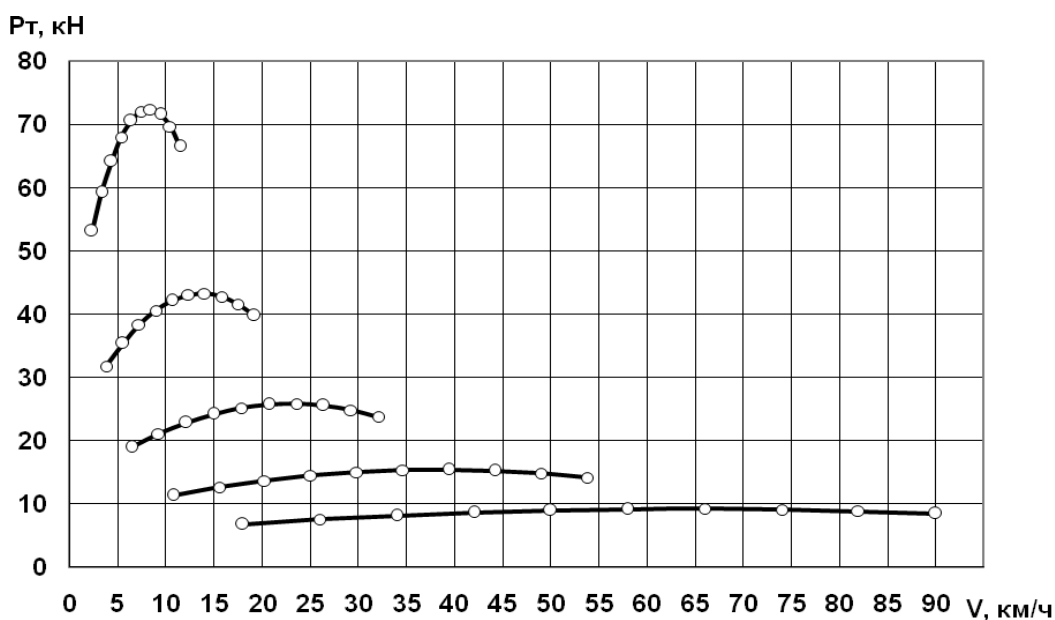


Рисунок 12 – Тяговая характеристика КДМ

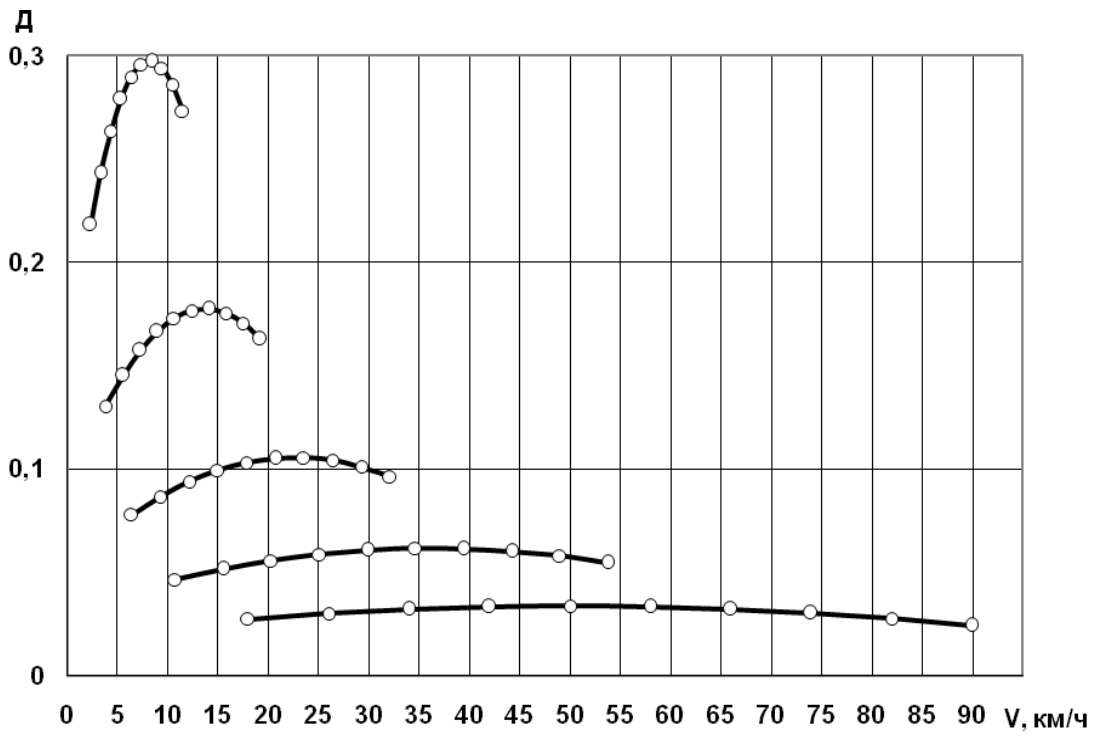


Рисунок 13 – Динамическая характеристика КДМ

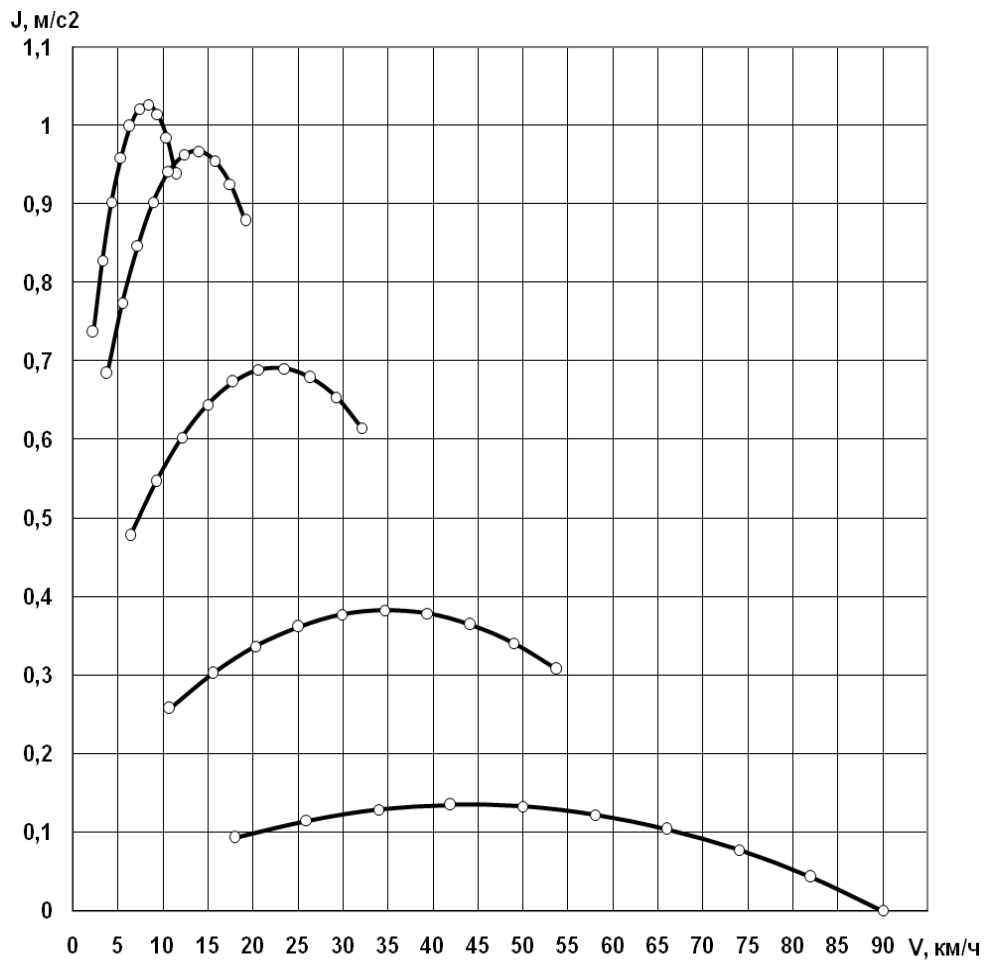


Рисунок 14 – График ускорений КДМ

2.4 Построение графиков времени и пути разгона

«Построение графиков времени $t = f(V_i)$ и пути разгона $S = f(V_i)$ КДМ строят на основании графиков ускорений графоаналитическим методом.

Весь диапазон скоростей разбивают на n интервалов ($n=10\dots15$). Границы интервалов соответствуют определённым значениям скорости V_i и ускорения j_i .

Время и путь разгона определяем не до максимальной скорости, а до 60 км/ч (рабочей скорости КДМ).

Время разгона автомобиля для каждого интервала скоростей составит:

$$t_1 = \frac{2 \cdot (V_1 - 0)}{j_1 + 0}, \quad (27)$$

$$t_1 = \frac{2 \cdot \left(\frac{6}{3,6} - 0 \right)}{0,98 + 0} = 3,4 \text{ с},$$

$$t_2 = \frac{2 \cdot (V_2 - V_1)}{j_1 + j_2} \dots t_i = \frac{2 \cdot (V_i - V_{i+1})}{j_{i-1} + j_i}. \quad (28)$$

Путь разгона автомобиля для каждого интервала скоростей составит:

$$S_1 = \frac{0 + V_1}{2} t_1, \quad (29)$$

$$S_1 = \frac{0 + \frac{6}{3,6}}{2} \cdot 3,4 = 10,2 \text{ м},$$

$$S_2 = \frac{V_1 + V_2}{2} t_2 \dots S_i = \frac{V_{i-1} + V_i}{2}. \quad (30)$$

Вычисления времени и пути разгона автомобиля производим с помощью вспомогательной таблицы 3» [20].

Таблица 3 – Вычисления времени и пути разгона КДМ

| Интервал | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------|------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| $V_{кон}, \text{ км/ч}$ | 6,00 | 12,00 | 18,00 | 24,00 | 30,00 | 36,00 | 42,00 | 48,00 | 54,00 | 60,00 |
| $J_{кон}, \text{ м/с}^2$ | 0,98 | 0,94 | 0,88 | 0,47 | 0,48 | 0,47 | 0,43 | 0,22 | 0,21 | 0,19 |
| $t, \text{ с}$ | 3,4 | 1,74 | 1,83 | 2,47 | 3,51 | 3,51 | 3,70 | 5,13 | 7,75 | 8,33 |
| $\Sigma T, \text{ с}$ | 3,4 | 5,14 | 6,97 | 9,44 | 12,95 | 16,46 | 20,16 | 25,29 | 33,04 | 41,37 |
| $S, \text{ м}$ | 10,2 | 15,63 | 27,47 | 51,85 | 94,74 | 115,79 | 144,44 | 230,77 | 395,35 | 475,00 |
| $\Sigma S, \text{ м}$ | 10,2 | 25,83 | 53,30 | 105,15 | 199,89 | 315,68 | 460,12 | 690,89 | 1086,24 | 1561,24 |

По данным таблицы 3 строим совмещенный график зависимости времени и пути разгона АТС от его скорости (рисунок 15).

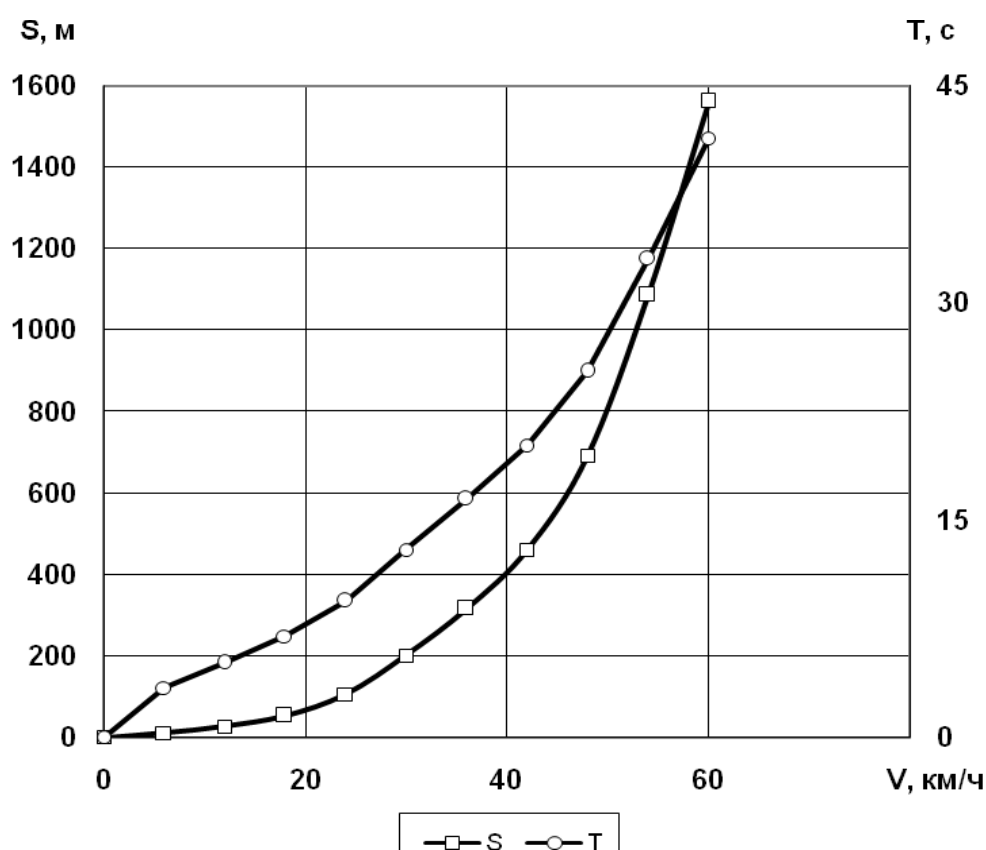


Рисунок 15 – График времени и пути разгона КДМ

Суммарное время и суммарный путь разгона КДМ до рабочей скорости V_i определяют суммированием времени и пути разгона на всех предыдущих интервалах скорости:

$$S = \sum_{i=1}^n S_i = 10,2 + 15,6 + 27,5 + 51,9 + 94,7 + 115,8 + 144,4 + 230,8 + \\ + 395,4 + 475 = 1561,24 \text{ м.}$$

2.5 Построение графика мощностного баланса

Мощность, затрачиваемая АТС на преодоление сопротивления при установившемся движении по горизонтальному участку дороги, складывается из мощности дорожного сопротивления и мощности аэродинамического сопротивления:

$$N_{conpi} = \frac{(G_a \cdot f_i + kF \cdot V_i^2) \cdot V_i}{2,68}, \quad (31)$$

$$N_{conpi} = \frac{243500 \cdot 0,017 \cdot 0,64 + 0,7 \cdot 5,97 \cdot 0,64^3}{1000} = 2,64 \text{ кВт.}$$

Мощность, которой располагает АТС на ведущих колесах, определяется по формуле:

$$N_{ki} = N_{ei} \cdot \eta_{mp}, \quad (32)$$

$$N_{ki} = 38,5 \cdot 0,9 = 33,84 \text{ кВт.}$$

Используя внешнюю скоростную характеристику и зависимость, связывающую угловую и линейные скорости на различных передачах, строим график мощностного баланса (рисунок 16) по результатам расчетов таблица 4 для различных значений скоростей автомобиля на различных передачах.

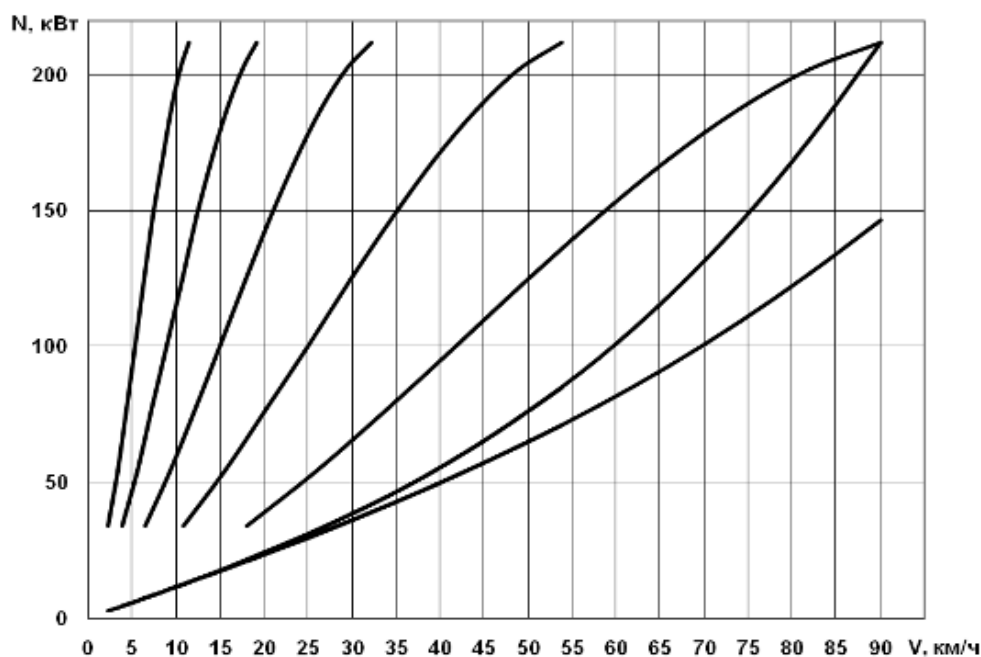


Рисунок 16 – График мощностного баланса КДМ

Таблица 4 – Расчет мощностного баланса КДМ

| Передача | ω_{ei} | 49,19 | 71,06 | 92,92 | 114,78 | 136,65 | 158,51 | 180,38 | 202,24 | 224,10 | 245,97 |
|----------|----------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1-я п-ча | V_{i_s} , км/ч | 2,29 | 3,31 | 4,33 | 5,35 | 6,37 | 7,39 | 8,40 | 9,42 | 10,44 | 11,46 |
| | N_{ki} , кВт | 33,84 | 54,46 | 77,15 | 100,93 | 124,82 | 147,85 | 169,04 | 187,43 | 202,05 | 211,90 |
| | N_{wi_s} , кВт | 0,001 | 0,003 | 0,007 | 0,014 | 0,023 | 0,036 | 0,053 | 0,075 | 0,102 | 0,135 |
| | $N_{\psi i_s}$, кВт | 2,64 | 3,81 | 4,98 | 6,16 | 7,34 | 8,52 | 9,70 | 10,89 | 12,07 | 13,27 |
| | $N_{\text{сопр}i_s}$, кВт | 2,64 | 3,81 | 4,99 | 6,17 | 7,36 | 8,55 | 9,75 | 10,96 | 12,18 | 13,40 |
| 2-я п-ча | V_{i_s} , км/ч | 3,84 | 5,54 | 7,25 | 8,95 | 10,66 | 12,36 | 14,07 | 15,77 | 17,48 | 19,19 |
| | N_{ki} , кВт | 33,84 | 54,46 | 77,15 | 100,93 | 124,82 | 147,85 | 169,04 | 187,43 | 202,05 | 211,90 |
| | N_{wi_s} , кВт | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,11 | 0,17 | 0,25 | 0,35 | 0,48 | 0,63 |
| | $N_{\psi i_s}$, кВт | 4,42 | 6,38 | 8,36 | 10,34 | 12,33 | 14,33 | 16,34 | 18,37 | 20,42 | 22,48 |
| | $N_{\text{сопр}i_s}$, кВт | 4,42 | 6,40 | 8,39 | 10,40 | 12,44 | 14,50 | 16,59 | 18,72 | 20,89 | 23,11 |
| 3-я п-ча | V_{i_s} , км/ч | 6,42 | 9,28 | 12,13 | 14,99 | 17,84 | 20,70 | 23,55 | 26,41 | 29,26 | 32,12 |
| | N_{ki} , кВт | 33,84 | 54,46 | 77,15 | 100,93 | 124,82 | 147,85 | 169,04 | 187,43 | 202,05 | 211,90 |
| | N_{wi_s} , кВт | 0,02 | 0,07 | 0,16 | 0,30 | 0,51 | 0,79 | 1,17 | 1,65 | 2,24 | 2,97 |
| | $N_{\psi i_s}$, кВт | 7,40 | 10,72 | 14,06 | 17,43 | 20,85 | 24,32 | 27,85 | 31,45 | 35,13 | 38,89 |
| | $N_{\text{сопр}i_s}$, кВт | 7,43 | 10,79 | 14,22 | 17,73 | 21,36 | 25,12 | 29,02 | 33,10 | 37,37 | 41,86 |
| 4-я п-ча | V_{i_s} , км/ч | 10,75 | 15,53 | 20,31 | 25,09 | 29,87 | 34,65 | 39,43 | 44,21 | 48,98 | 53,76 |
| | N_{ki} , кВт | 33,84 | 54,46 | 77,15 | 100,93 | 124,82 | 147,85 | 169,04 | 187,43 | 202,05 | 211,90 |
| | N_{wi_s} , кВт | 0,11 | 0,34 | 0,75 | 1,41 | 2,39 | 3,73 | 5,49 | 7,74 | 10,53 | 13,92 |
| | $N_{\psi i_s}$, кВт | 12,44 | 18,08 | 23,85 | 29,78 | 35,92 | 42,30 | 48,96 | 55,94 | 63,28 | 71,01 |
| | $N_{\text{сопр}i_s}$, кВт | 12,55 | 18,42 | 24,60 | 31,20 | 38,31 | 46,03 | 54,45 | 63,68 | 73,81 | 84,93 |

Продолжение таблицы 4

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Передача | ω_{ei} | 49,19 | 71,06 | 92,92 | 114,78 | 136,65 | 158,51 | 180,38 | 202,24 | 224,10 | 245,97 |
| 5-я п-ча | V_{i2} , км/ч | 18 | 26 | 34 | 42 | 50 | 58 | 66 | 74 | 82 | 90 |
| | N_{ki2} , кВт | 33,84 | 54,46 | 77,15 | 100,93 | 124,82 | 147,85 | 169,04 | 187,43 | 202,05 | 211,90 |
| | N_{wi2} , кВт | 0,52 | 1,57 | 3,52 | 6,64 | 11,20 | 17,48 | 25,75 | 36,30 | 49,39 | 65,30 |
| | N_{vi2} , кВт | 21,04 | 30,94 | 41,42 | 52,68 | 64,89 | 78,23 | 92,90 | 109,06 | 126,90 | 146,61 |
| | $N_{сопрi2}$, кВт | 21,56 | 32,51 | 44,94 | 59,31 | 76,08 | 95,71 | 118,65 | 145,35 | 176,29 | 211,90 |

Выводы по разделу.

В разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля КамАЗ 65115 по результатам которого в графической части ВКР построены графики.

3 Конструкторская часть

3.1 Обоснование выбора прототипа исследуемой машины

Исходя из практики заводов производителей в качестве основы для пескоразбрасывателей хорошо подходят шасси Камского автомобильного завода, так как они универсальны, прочны и надежны.

«Достаточно популярны модели КамАЗ-55111, а также КамАЗ-5511. Но с появлением более новой разработки с маркировкой КамАЗ-65115 производители облюбовали именно ее в качестве базы.

Данное шасси:

- может выдержать пятнадцатитонную нагрузку;
- отличается хорошей маневренностью и углом поворота, не превышающим 9 метров;
- оснащено экономичным турбодизелем, снижающим расходы при использовании техники;
- благодаря большому кузову способно нести на себе большой бункер для песка – до 7 кубометров.

Естественно, с более продвинутой импортной дорожной техникой потягаться подобным устройствам сложно – у тех и эффективность работы выше, и поломки происходят реже. Однако на КамАЗ всегда можно найти запчасти, которые обходятся не очень дорого. Да и сам агрегат значительно дешевле, чем импортные аналоги» [1].

Приведем некоторые сравнительные данные КАМАЗ и импортной техники:

- цена нового КАМАЗа равна или ниже цены бывшей в эксплуатации иномарки поставляемых на данный момент в Россию;
- за цену новой иномарки (83-113 тысячи долларов, можно купить либо 2 автомобиля КАМАЗ тяжелого семейства 6520 либо 3 новых КАМАЗа модернизированного семейства 65115.

- топливная экономичность КАМАЗа равна либо + 7% топливной экономичности иномарки.
- цена запасной части к иномарке на 160-400% дороже аналогичной отечественной.
- сроки поставки запчастей и расходных материалов для техники импортного производства превосходит в 4-6 раз срока поставки запчастей на отечественную технику. КАМАЗ – это крупнейшее предприятие по производству грузовиков во всей Восточной Европе, во всех странах СНГ, всех странах Средней Азии и Ближнего Востока, и России
- пробег между ТО у иномарок выше в 1,5-2 раза, но и стоимость одного ТО у иномарок выше в 2, а иногда и в 3 раза выше в зависимости от марки.
- отсутствие спец инструмента для ремонта импортной техники «своими силами».
- низкое качество топлива. Иномарки с электронным впрыском (Volvo, Scania, Reno и так далее) не могут ездить на солярке плохого качества из-за высокого содержания серы, воды и примесей, а механические ТНВД КАМАЗов не смотря на низкое качество топлива справляются.

В рейтинге «Крупнейшие машиностроительные компании России» (журнал Эксперт-400) ПАО «КАМАЗ» занимает 4 место по объёму реализации. По рейтингу «Росбизнес-Консалтинг» 2005 года ОАО "КАМАЗ" занимает 35 место по объёму выручки среди 600 крупнейших организаций России. Впереди как обычно нефтяные и сталелитейные компании.

Сравнительные данные КАМАЗ, МАЗ, ЗиЛ:

- «конструкция и исполнение ДВС ЯМЗ и КП ЯМЗ производства ОАО «Ярославский моторный завод» является российской разработкой максимально возможного технологического уровня, который можно достичь на этом заводе. Необходимо учесть, что

- завод ЯМЗ давно не модернизировался. В тоже самое время в 2003 году ОАО "КАМАЗ" закупило на 150 млн. долларов новое японское оборудование ф. Митсубиси для производства начиная с 2004 года двигателей Евро-2. Ресурс таких двигателей достиг 700 тыс. км. Такой рывок достигнут благодаря новому сверхточному оборудованию, на котором в 9 раз выше и качественнее производится обработка рабочих поверхностей. На КАМАЗах тяжелого семейства 100% устанавливаются КПП ZF (Германия) 16S151 и однодисковое сцепление MFZ-430 мм – самая надежная связка КПП-сцепление, существующая сегодня в мире, ставшая стандартом де факто для всех западных производителей грузовиков;
- опыт работы организаций, продающих запчасти на МАЗ, показывает, что МАЗы ломаются не реже наших автомобилей, но найти нужную запчасть для МАЗа труднее, у РУП «МАЗ» зачастую не хватает финансов для конвейерной поставки деталей» [19];
 - «доступность запасных частей напрямую связана с «доступностью» соответствующих географических регионов России и стран ближнего и дальнего зарубежья, где эксплуатируются автомобили. МАЗы, относящиеся к автомобилям магистрального типа, работают в основном в регионах с развитой инфраструктурой (западная часть РФ), и поставка запасных частей к ним не дорога. Однако не все МАЗовские запчасти доступны по цене, например, каркас кабины МАЗа существенно дороже, чем у КАМАЗа. А, кроме того на востоке РФ, многие МАЗовские запчасти трудно купить, потому что их мало кто продает и они в страшном дефиците из-за чего перепродавцы взвинчивают цены. Запчасти к МАЗам доступны в европейской части РФ, но на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке их мало, или они дороги (не выгодно везти) или их вовсе нет и это становится настоящей проблемой для покупателя, т.к. МАЗ ни имеет в РФ ни одной собственной фирменной СТО» [1];

- «проходимость МАЗа существенно ниже, чем у КАМАЗа. МАЗ изначально предназначался для работы на «асфальте». КАМАЗ проектировали как универсальный автомобиль, работающий и в сельском хозяйстве, и в армии и на магистралях. КАМАЗы 6х6 и 4×4 обладают высокой проходимостью;
- ЗИЛы уступают КАМАЗам по грузоподъемности, но зато ЗИЛы дешевле. Эксплуатация ЗИЛов неэффективна из-за низкой грузоподъемности и устаревшего бензинового двигателя с высоким расходом топлива. С 2003 года ЗИЛ, не выдержав конкуренцию, прекратил выпуск грузовых автомобилей класса КАМАЗ» [19].

Исходя из проведенного анализа можно сказать, что использование в качестве базового автомобиля КамАЗ-65115 является оптимальным бюджетным вариантом для проектирования пескоразбрасывателя типа А на базе КамАЗ-65115. Кузов пескоразбрасывателя выполним съемным.

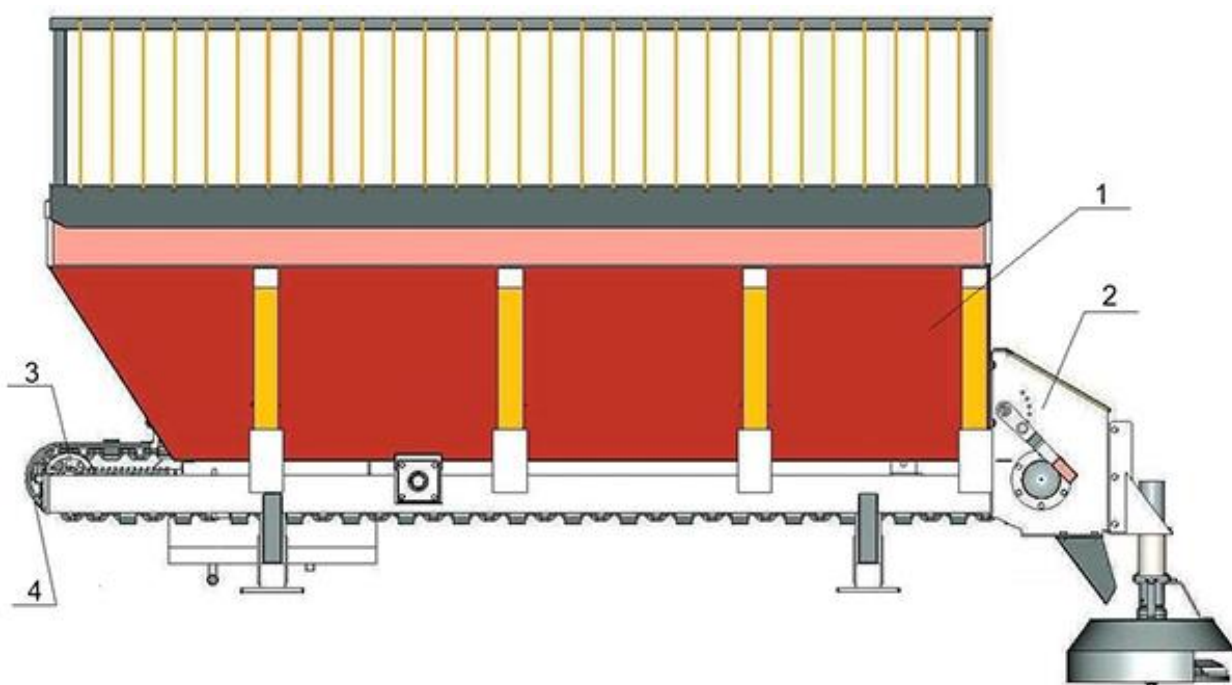
3.2 Описание состав и работа машины

Распределяющее оборудование (рисунок 17) состоит из кузова, распределяющего механизма, цепного транспортера и гидромеханической трансмиссии.

Кузов пескоразбрасывателя устанавливается в кузов грузового автомобиля КамАЗ-65115 при помощи крана. Привод цепного транспортера осуществляется гидровращателем, вращение разбрасывающего диска – гидромотором. При работе оборудования технологический материал подается из кузова цепным транспортером на вращающийся разбрасывающий диск, который распределяет технологический материал по поверхности дороги.

«Кузов распределяющего оборудования представляет собой цельнометаллическую сварную конструкцию. Форма кузова обеспечивает постоянную подачу технологического материала на цепной скребковый

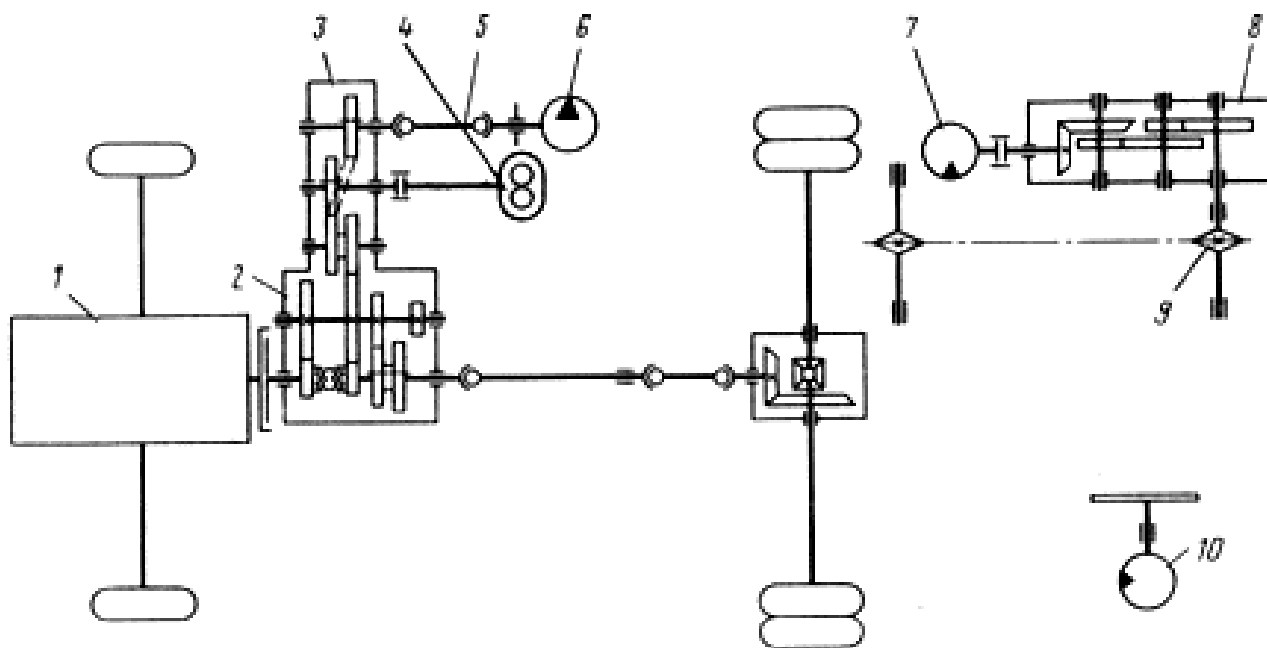
транспортер. На верху кузова установлена решетка из металлических прутьев для предохранения от попадания в него крупных камней, глины или смерзшегося песка. Сзади на кузов навешивается борт, к которому крепится бункер. Задний и передний борта кузова имеют проемы для прохода верхней ветви конвейера. Спереди, на боковых балках кузова установлен механизм натяжения ветвей конвейера. Конвейер разбрасывателя (скребкового типа) установлен на звездочках ведущего и ведомого валов, находящихся в бункере на передних кронштейнах кузова. Верхняя часть конвейера проходит внутри кузова (скребки движутся по его дну), нижняя — под дном кузова (по направляющим). Внутри бункера установлен ведущий вал конвейера и шиберная заслонка, позволяющая регулировать высоту слоя разбрасываемых материалов. Поднимают и опускают заслонку вручную рычагом. Разбрасывающий диск с гидромотором установлен под бункером и обеспечивает распределение технологических материалов, поступающих из бункера» [20].



1 – кузов с решеткой просеивающей; 2 – разбрасыватель; 3 – привод транспортера;
4 – направляющая

Рисунок 17 – Оборудование распределяющее

«Силовую передачу разбрасывателя осуществляет привод конвейера, разбрасывающего диска и самосвального оборудования (рисунок 18). Основные ее элементы — коробка отбора мощности, карданный вал, редуктор привода конвейера, цепь конвейера, гидропривод. Крутящий момент от коробки передач базового автомобиля передается нижним валом коробки отбора мощности на привод насоса разбрасывающего диска, а верхним (через карданный вал) — на привод насоса конвейера. Насос разбрасывающего диска приводит в действие гидромотор, непосредственно от вала которого осуществляется привод самого разбрасывающего диска. Насос конвейера приводит в действие гидромотор, крутящий момент с вала которого передается через шлицевую муфту и трехступенчатый редуктор на ведущую звездочку скребкового конвейера» [21].

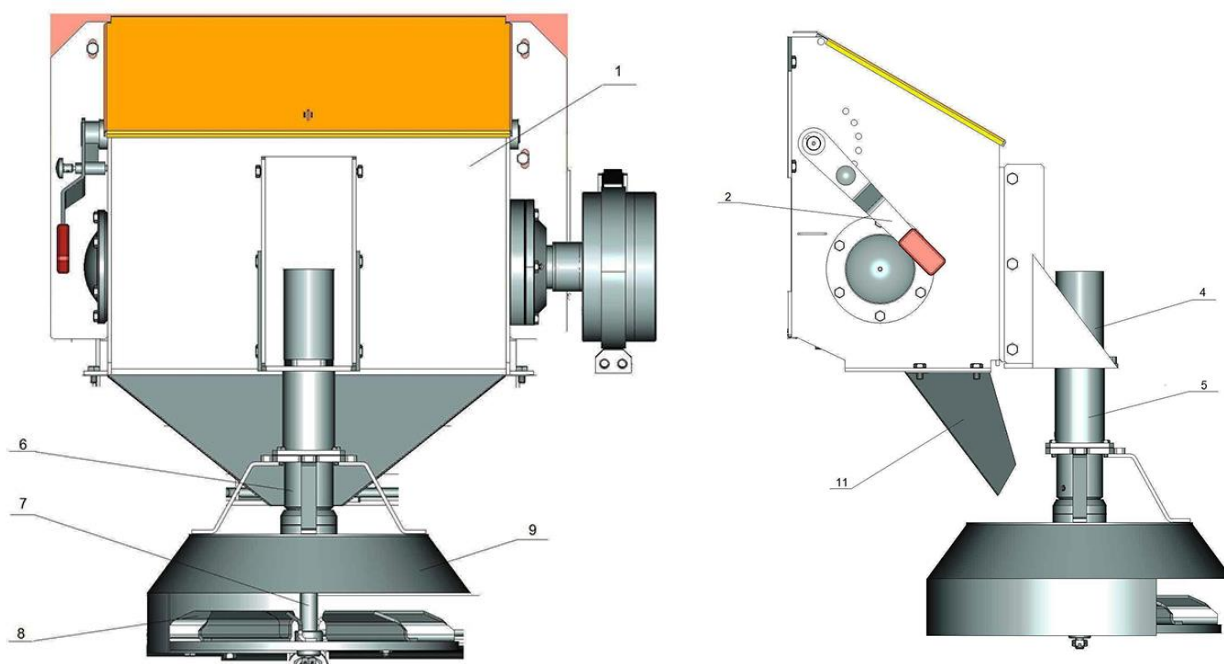


1 – двигатель; 2 – коробка передач; 3 – коробка отбора мощности; 4 – насос НШ-32; 5 – карданный вал; 6 – насос 210.20; 7 – гидромотор 210.20; 8 – редуктор привода конвейера; 9 – ведущая звездочка; 10 – гидромотор 210.16

Рисунок 18 – Кинематическая схема разбрасывателя без плуга и щетки:

«Разбрасыватель (рисунок 19) состоит из корпуса 1, в котором установлена заслонка, регулирующая количество подаваемого на

разбрасыватель технологического материала. Заслонка установлена на валу, который поворачивается и фиксируется в нужном положении с помощью рукоятки 2 с фиксатором. На стенке корпуса закреплен разбрасыватель, состоящий из гидромотора 4, установленного в корпусе 5. К корпусу крепится стакан 6, в котором на двух подшипниках установлен вал 7, на конце которого закреплен разбрасывающий диск 8 с лопатками. Над диском установлен отражающий кожух 9 препятствующий вылету технологического материала от удара лопатками выше зоны безопасного полета частиц. К корпусу 1 крепится лоток 11, служащий для направления песка из кузова на разбрасывающий диск» [22].

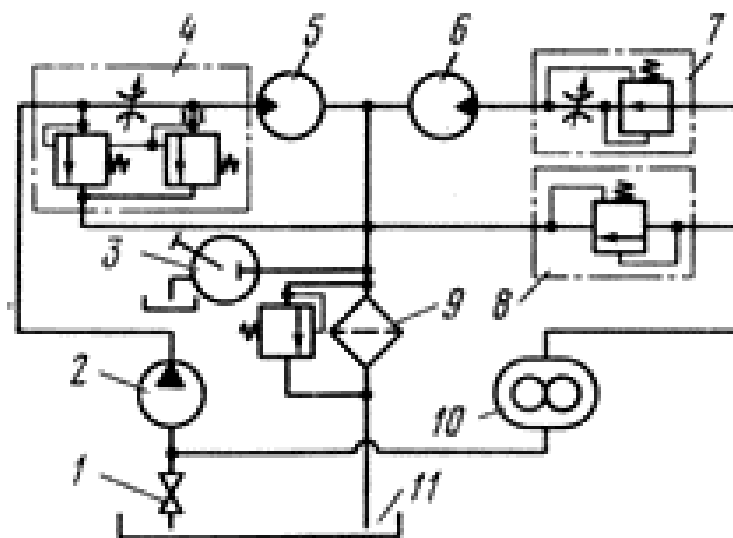


1 – корпус; 2 – рукоятка шибера; 4 – гидромотор; 5 – корпус; 6 – стакан; 7 – вал;
8 – диск; 9 – кожух; 11 – лоток

Рисунок 19 – Разбрасыватель

«Гидропривод разбрасывателя (рисунок 20) состоит из гидронасосов и гидромоторов приводов конвейера и разбрасывающего диска, гидробака вместимостью 70 л, фильтра с бумажными фильтро-элементами, дросселей

управления потоком жидкости, предохранительного гидроклапана, ручного насоса, гидролиний» [22].



1 – кран; 2 – насос 210.20; 3 – насос ручной; 4 – дроссель МБПГ 55-14;
5 – гидромотор привода конвейера 210.10; 6 – гидромотор привода
разбрасывающего диска 210.16; 7 – дроссель ПГ 55-24; 8 – предохранительный
клапан БГ 522-24; 9 – фильтр 1.1.32.25; 10 – насос НШ-32Л; 11 – гидробак

Рисунок 20 – Гидравлическая схема разбрасывателя

В состав электрооборудования (рисунок 21) входит:

- «электромагнит гидроклапана включения транспортера (смонтирован на правой боковине распределяющего оборудования);
- выключатель электромагнита гидроклапана включения транспортера (монтируется в кабине трактора);
- жгут №1 электромагнита гидроклапана (монтируется в кабине);
- жгут №2 электромагнита гидроклапана (монтируется по жгуту кузова);
- выключатель маяка проблескового (монтируется в кабине);
- жгут маяка проблескового;
- маяк проблесковый» [3].

Спецификация на пескоразбрызгиватель грузовых автомобилей представлен в Приложении А (рисунок А.1, А.2, А.3, А.4, А.5).

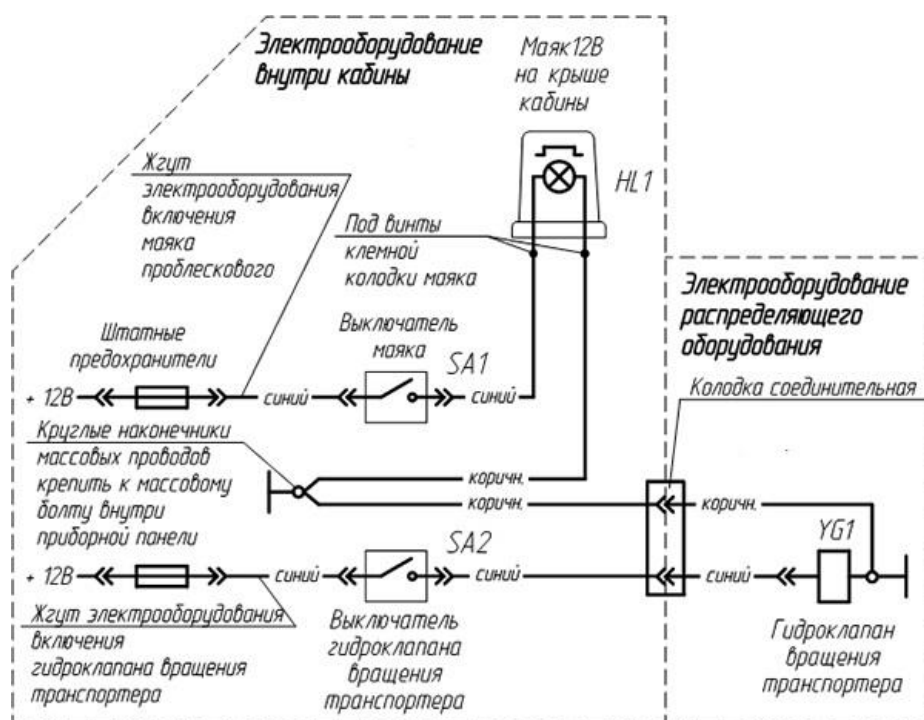


Рисунок 21 – Состав электрооборудования

Монтаж электрооборудования должен осуществлять квалифицированный электромонтажник автотракторного электрооборудования в соответствии со схемой электрической соединений.

3.3 Расчет распределительного диска

«Материалы по дорожным покрытиям распределяются при помощи горизонтально расположенного диска с вертикальной осью вращения. Диск имеет ребра, в результате чего при его вращении частицы материала, подаваемые на диск питателем, вовлекаются во вращение, приобретая скорость и, покидая диск, распределяются широкой полосой по поверхности дороги за машиной.

Движение частиц материала по диску является весьма сложным процессом, происходящим под действием сил, зависящих от многочисленных факторов. Частица материала, попадая на диск, начинает двигаться по нему до встречи с ребром. На характер движения по диску влияет скорость встречи частиц с диском и место встречи по отношению к

положению ребра. Влияние этих факторов на характер относительного движения частицы по диску при встрече с ребром ограничивается обычно условиями, установленными экспериментальным путём.

По диску вдоль его ребра частицы материала движутся под действием центробежных и аэродинамических сил, сил трения и сил взаимодействия частиц между собой. Наиболее влияют на характер движения центробежные силы и силы трения. Поэтому для упрощения решения задачи частица рассматривается только под действием этих сил и допускается некоторое искаженное положение рёбер» [22].

«Дифференциальное уравнение движения частицы материала вдоль ребра диска, расположенного под некоторым углом к радиальному положению, имеет вид:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = P_{ц} \cdot \cos \phi - (P_k - P_{ц} \cdot \sin \phi) \cdot f - Gf, \quad (33)$$

где $P_{ц}$ – центробежная сила инерции, Н;

P_k – кореолисова сила инерции, Н;

G – вес частицы, Н;

f – коэффициент трения материала о сталь, принимается равным 0,5 для влажного песка средней крупности.

$$P_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot r, \quad (34)$$

где ω – угловая скорость диска, c^{-1} , принимается равной $33,47 c^{-1}$ » [22].

$$P_k = 2 \cdot m \cdot \omega \frac{dx}{dt}. \quad (35)$$

Принимая во внимание, что дифференциальное уравнение примет такой вид:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\omega f \frac{dx}{dt} - \omega^2 - x = \omega^2 r_0 \cdot \sin \phi_0 f - gf. \quad (36)$$

После решения этого уравнения путь, проходимый частицей в относительном движении можно выразить так:

$$x = \frac{r_0 \cdot \sin \phi_0 + K_1}{2K} ((K + f) \cdot e^{\omega \cdot (R-f)t} + (K - f) \cdot e^{-\omega \cdot (R-f)t}) - K_1 \quad (37)$$

где ϕ_0 – угол наклона диска, принимается равным 35° ;

r_0 – радиус ступицы диска, принимается равным 0,0325 м;

t – время требуемое для перемещения частицы по диску, принимается равным 0,09с (определяется по графику зависимости $R/r_0=f(t)$ при угловой скорости диска)» [6].

$$K = \sqrt{f^2 + 1}, \quad (38)$$

$$K = \sqrt{0,5^2 + 1} = 1,11,$$

$$K_1 = r_0 \cdot \sin \phi_0 f + gf \frac{1}{\omega^2},$$

$$K_1 = 0,0325 \cdot \sin 35^\circ \cdot 0,5 + 9,81 \cdot 0,5 \frac{1}{33,47^2} = 0,014.$$

Подставив известные данные в формулу, получим числовое значение пути, проходимого частицей в относительном движении:

$$x = \frac{0,0325 \cdot \cos 35^\circ + 0,014}{2 \cdot 1,11} \cdot ((1,11 + 0,5) \cdot e^{33,47 \cdot (1,11 - 0,5) \cdot 0,09} + (1,11 - 0,5) \cdot e^{-33,47 \cdot (1,11 - 0,5) \cdot 0,09}) - 0,014 = 0,018 \cdot (10,15 + 0,005) - 0,014 = 0,169 \text{ м.}$$

Скорость относительного движения можно найти по формуле:

$$\vartheta_x = \frac{dx}{dt} \left(\frac{r_0 \cos \phi + K_1}{2K} \right) \cdot (K^2 + f^2) \cdot \omega \cdot (e^{\omega(K-f)t} - e^{-\omega(K-f)t}), \quad (39)$$

$$\begin{aligned} \vartheta_x &= \left(\frac{0,0325 \cdot \cos 35^\circ + 0,014}{2 \cdot 0,014} \right) \cdot (1,11^2 + 0,5^2) \cdot \\ &\cdot 33,47 \cdot (e^{33,47(1,11-0,5)0,09} - e^{-33,47(1,11-0,5)0,09}) = 3,6 \text{ м/с.} \end{aligned}$$

«Для определения ширины посыпки необходимо знать угол разгрузки. Под углом разгрузки понимают угол, на который должен повернуться диск для того, чтобы частица материала, находясь на наименьшем расстоянии от оси вращения диска, успела его покинуть» [6].

Очевидно, в этом случае $x=R$ тогда:

$$R = \frac{r_0}{2K} \cdot (K + f) \cdot e^{\omega t(K-f)}, \quad (40)$$

где θ – угол разгрузки.

$$\theta = \frac{1}{K-f} \ln \frac{2K(R_1 + K_1)}{r_0(K+f) \cdot (\cos \phi + f \cdot \sin \phi_0)}, \quad (41)$$

$$R_1 = \sqrt{R^2 - r_0^2 \sin^2 \phi_0} - r_0 \cdot \cos \phi_0, \quad (42)$$

где R – радиус диска, принимается равным 0,257 м.

$$R_1 = \sqrt{0,257^2 - 0,0325^2 \sin^2 35^\circ} - 0,0325 \cdot \cos 35^\circ = 0,24 \text{ м,}$$

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{1}{1,11 - 0,5} \ln \frac{2 \cdot 1,11 \cdot (0,5 + 0,014)}{0,0325 \cdot (1,11 + 0,5) \cdot (\cos 35^\circ + 0,5 \cdot \sin 35^\circ)} = \\ &= 0,62 \cdot \ln 20,72 = 1,88 \text{ рад} = 107^\circ. \end{aligned}$$

Перемещение частицы по диску является относительным движением, а вращательное движение диска переносным. Поэтому в момент отделения частицы от диска она имеет скорость:

$$\vartheta = \vartheta_a + \vartheta_m, \quad (43)$$

$$\vartheta = 4,68 + 6,94 = 11,62 \text{ м/с.}$$

«Покинув диск, частица перемещается в воздухе. Во время полёта в воздухе на частицу действует сила тяжести и сила сопротивления воздуха. Анализируя возможные изменения границы изменения числа Рейнольдса Re и пользуясь результатами экспериментального определения коэффициента сопротивления движению частицы материала в воздухе $C=f(Re)$, можно сделать вывод, что для рассматриваемого случая величина C не зависит от величины Re .

Дифференциальные уравнения движения частицы в воздухе будут иметь вид:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -R_x, \quad m \frac{d^2y}{dt^2} = G - R_y. \quad (44)$$

Упрощая задачу для получения конечного решения, принимаем, что величины R_x и R_y определяются проекциями скорости движения на координатные оси, тогда:

$$\frac{d\vartheta_x}{dt} = -K_1\vartheta_x^2, \quad \frac{d\vartheta_y}{dt} = g - K_1\vartheta_y^2. \quad (45)$$

Тогда дифференциальные уравнения будут иметь такой вид:

$$x = \frac{1}{K_1} \ln K_1 \vartheta \left(t + \frac{1}{K_1 \vartheta} \right), \quad (46)$$

$$y = \frac{1}{K_1} \ln \frac{e^{t\sqrt{gK_1}} + e^{-t\sqrt{gK_1}}}{2},$$

$$t = \frac{1}{2\sqrt{gK_1}} \ln \frac{\sqrt{\frac{g}{K_1}} + g_y}{\sqrt{\frac{g}{K_1}} - g_y} + \frac{1}{K_1 g},$$

$$R_x = C \frac{\rho g_x^2}{2} F,$$

$$R_y = C \frac{\rho g_y^2}{2} F.$$

где ρ – плотность воздуха;

F – площадь проекции частицы на плоскость, нормальную к направлению движения.

g_x и g_y – проекции скорости движения на оси координат.

g – начальная скорость частицы м/с» [6].

Решение этих дифференциальных уравнений такое.

«Определение дальности полёта, то есть величины x , возможно, если известна продолжительность полёта t .

Для упрощения расчетов воспользуемся зависимостью $H=f(t)$, где H – высота разбрасывающего диска над поверхностью дороги, принимается равной 0,6 м. При решении этого уравнения на основании экспериментальных данных принято: $C=0,4$; $d=0,002$ м» [6].

Найдем числовое значение дальности полёта:

$$x = \frac{1}{0,014} \ln 0,014 \cdot 6,62 \cdot \left(0,76 + \frac{1}{0,014 \cdot 6,62} \right) = 71,43 \ln 1,12 = 8 \text{ м.}$$

«При проектировании машины необходимо решать два основных вопроса, определяющих параметры и режимы работы разбрасывающего диска: получение заданной ширины обрабатываемой полосы и обеспечение надлежащей равномерности плотности посыпки.

Если материал и диск будут встречаться при больших скоростях, то при соударении наблюдается отскакивание частиц на небольших расстояниях от диска» [6].

«Зона подачи материала на диск должна быть удалена от оси вращения не более чем на:

$$r = \frac{8}{\omega}, \quad (47)$$
$$r = \frac{8}{33,47} = 0,24 \text{ м.}$$

Кроме того, для перемещения частиц к периферии они должны поступать на диск не ближе, чем на расстояние от центра» [6].

«Мощность, необходимая для привода диска:

$$N_{\text{дс}} = N_{\text{СК}} + N_{\text{ТР}} + N_{\text{В}} + N_{\text{У}}, \quad (48)$$

где $N_{\text{СК}}$ – мощность необходимая для сообщения материалу скорости;

$N_{\text{ТР}}$ – мощность необходимая для преодоления сил трения при движении;

$N_{\text{е}}$ – мощность, обусловленная сопротивлением воздуха при вращении диска» [16].

Составляющие $N_{\text{е}}$ и $N_{\text{У}}$ малы по сравнению с $N_{\text{СК}}$ и $N_{\text{ТР}}$ поэтому их обычно принимают равными нулю. Расход энергии при сообщении частицами материала скорости \mathcal{G}_a :

$$T_{\text{СК}} = \frac{m_{\text{сек}} \mathcal{G}_a^2}{2} = T_1 + T_2 = \frac{m_{\text{сек}}}{2} (\mathcal{G}_{\text{неп}}^2 + \mathcal{G}_x^2). \quad (49)$$

где $m_{\text{сек}}$ – масса материала, поступающая на диск в секунду, кг.

$$T_{CK} = \frac{m_{сек}}{2} \omega^2 R^2 (1 + (K - f)^2), \quad (50)$$

$$N_{CK} = m_{сек} \frac{\omega^2}{2} R^2 (1 + (K - f)^2) \frac{1}{1000\eta_2}. \quad (51)$$

Учитывая, что вес во много раз менее силы инерции, обычно пренебрегают его действием.

$$N_{TP} = \frac{m_{сек} \omega^2 f}{1000\eta_2} (K - f) \cdot (R^2 - r_1^2). \quad (52)$$

Следовательно, мощность равна:

$$N_{dc} = qB\vartheta_m \omega^2 R^2 \left\{ \left[1 + (K - f)^2 \right] + 2f(K - f) \left(1 - \frac{r_1^2}{R^2} \right) \right\} \frac{1}{2000\eta_2}. \quad (53)$$

С учетом формул приведенных выше мощность, необходимую для привода диска, можно записать так:

$$q = \frac{m_{сек}}{B \cdot \vartheta_m}, \quad (54)$$

$$q = \frac{1,14}{8 \cdot 6,94} = 0,2 \text{ кг/м}^2.$$

$$N_{dc} = 0,2 \cdot 8 \cdot 1,94 \cdot 33,47^2 \cdot 0,275^2 (1 + (1,11 - 0,5)^2) + 2 \cdot 0,5 \cdot (1,11 - 0,5) \times \\ \times \left(1 - \frac{0,138^2}{0,275^2} \right) \cdot \frac{1}{2000 \cdot 0,85} = 369 \text{ Вт.}$$

3.4 Расчет производительности конвейера

«Исходя из максимальной нормы посыпки пескосоляной смесью (ПСС) рекомендованной Федеральным дорожным агентством «РОСАВТОДОР» – 200 г/м^2 , при рабочей скорости базового шасси КАМАЗ-65115 25 км/ч и расчетной ширины распределения 8 м , рассчитаем необходимые параметры конвейера для подачи ПСС из бункера» [1].

«Определим производительность конвейера, соответствующую параметрам, приведенным выше, по следующей формуле:

$$Q = v_{\text{маш}} \cdot B \cdot S_{\text{ПСС}}, \quad (55)$$

где $v_{\text{маш}}$ – рабочая скорость базового шасси, принимается равной $25 \text{ км/ч} = 6,67 \text{ м/с}$:

B – ширина посыпки, м, принимается равной 8 м ;

$S_{\text{ПСС}}$ – норма распределения ПСС, г/м^2 , принимается равной 200 г/м^2 » [6].

$$Q = 6,67 \cdot 8 \cdot 200 = 11104 \text{ г/с} = 3,08 \text{ т/ч.}$$

«Необходимую скорость материала, которую должен обеспечить гидромотор конвейера песко-солераспределителя, можно найти из следующего соотношения.

$$Q = 3600 S v_{\text{мат}} \gamma_{\text{мат}}, \quad (56)$$

$$v = \frac{Q}{3600 S \gamma_{\text{мат}}},$$

где S – площадь сечения материала в жёлобе, м^2 ;

$\gamma_{\text{мат}}$ – насыпная масса материал, обработанного антислеживателем, $\gamma_{\text{мат}} = 1,2 \text{ т/м}^3$ » [6].

«Площадь сечения материала в желобе конвейера:

$$S = b \cdot h, \quad (57)$$

где b – ширина конвейера, м, принимается равной 0,44м;

h – высота выгрузного окна в стенке бункера, соответственно высота материала, м, принимается равной 0,197м» [6].

$$S = 0,44 \cdot 0,197 = 0,087 \text{ м}^2.$$

$$g = \frac{30,8}{3600 \cdot 0,87 \cdot 1,2} = 0,01 \text{ м/с/}$$

«Точное определение мощности конвейера является весьма сложной задачей вследствие трудности определения коэффициентов сопротивления. Для проектных расчетов ВНИИПТМАШ рекомендует определять мощность гидромотора для привода конвейера на основе обобщенных коэффициентов расхода мощности на перемещение одной тонны груза на длину 1 м по следующему соотношению:

$$N_{\text{ТР}} = \frac{CQ}{\eta} K_1 \cdot L, \quad (58)$$

где C – коэффициент транспортабельности груза, принимаемый для песка, угля, шлака, принимается равным 1;

K_1 – коэффициент удельной затраты мощности на транспортирование 1 т груза на 1 м, принимается равным 0,006 (для конвейеров с производительностью от 3 до 50 т/ч);

L – длина желоба, м, принимается равной 2,4 м» [6].

$$N_{\text{ТР}} = \frac{1 \cdot 3,08}{0,9} 0,006 \cdot 2,4 = 0,75 \text{ кВт.}$$

По полученным значениям выбираем гидромотор привода конвейера 210.10.

3.5 Расчет гидромотора

«По результатам анализа гидравлического оборудования, применяемого в пескоразбрасывателях для привода разбрасывателя, выбираем аксиально-поршневой насос типа 210.16, который имеет следующие технические характеристики: $Q_T=133$ л/мин; $n=1200$ об/мин; $p_{ном}=20$ МПа; $p_{max}=35$ МПа; $\eta_o=0,96$ » [1].

Определим фактическую подачу насоса Q_Φ и его рабочий объем V_0 :

$$Q_\Phi = Q_T \cdot \eta_o, \quad (59)$$

$$Q_\Phi = 133 \cdot 0,96 = 128 \text{ л/мин.} = 2,13 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с},$$

$$V_0 = \frac{Q_T}{n}, \quad (60)$$

$$V_0 = \frac{2,13 \cdot 10^{-3}}{1200} \cdot 60 = 0,111 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 111 \text{ см}^3.$$

Исходя из ГОСТ 13824-68, уточняем рабочий объем насоса: V_0 112 см³ (с.14, таблица 2[2]). Исходя из конструкторских соображений так как V_0 112 см³ > 100 см³, то принимаем число поршней z равное 9.

Объем одного цилиндра:

$$V'_0 = \frac{V_0}{z}, \quad (61)$$

$$V'_0 = \frac{0,112 \cdot 10^{-3}}{9} = 1,24 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Рассчитываем диаметр d и ход поршня h .

Следуя конструкторским предпочтениям, принимаем $h=1,8d$, тогда из формулы:

$$V_0 = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h \cdot z = \frac{\pi d^2}{4} \cdot 1,8d \cdot 9 = 12,72d^3, \quad (62)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{V_0}{12,72}}, \quad (63)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{112}{12,72}} = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}.$$

По ГОСТ 6636-60 округляем диаметр поршня до стандартного d равное 20 мм.

Определим размеры блока цилиндров.

Основные геометрические параметры блока цилиндров показаны на рисунке 22. Толщина стенки между цилиндрами принимают равной:

$$b = 0,2d, \quad (64)$$

$$b = 0,2 \cdot 20 = 4 \text{ мм}.$$

Толщина стенки между стенками цилиндра и наружной поверхностью блока:

$$a = 0,3d \quad (65)$$

$$a = 0,3 \cdot 20 = 6 \text{ мм}.$$

Из конструкторских соображений принимаем a равное 8 мм.

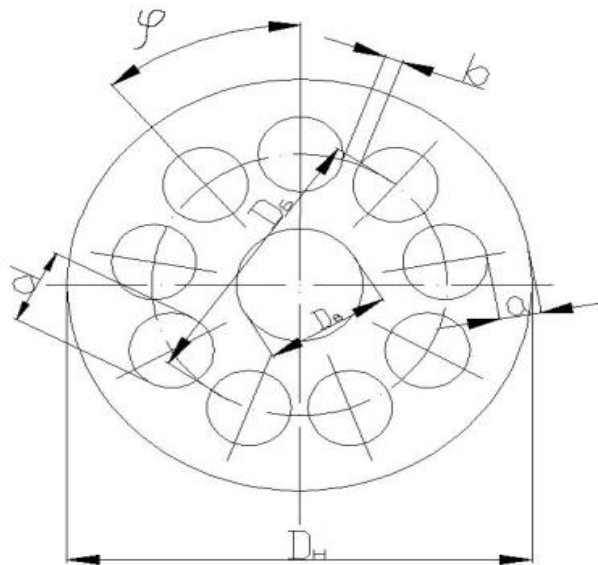


Рисунок 22 – Основные геометрические параметры блока цилиндров

Диаметр окружности расположения осей цилиндров:

$$D_B = (0,35..0,4)d \cdot z, \quad (66)$$

$$D_B = 0,4 \cdot 20 \cdot 9 = 72 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр блока цилиндров:

$$D_H = D_B + 1,6d, \quad (67)$$

$$D_H = 72 + 1,6 \cdot 20 = 104 \text{ мм.}$$

Диаметр внутренней расточки рассчитываем следующим образом:

$$D_B = D_B - (d + 2a), \quad (68)$$

$$D_B = 72 - (20 + 2 \cdot 8) = 36 \text{ мм.}$$

Центральный угол между осями двух соседних цилиндров рассчитываем по следующей формуле:

$$\varphi = \frac{2\pi}{z}, \quad (68)$$

$$\varphi = \frac{2 \cdot 180}{9} = 40^\circ.$$

Угол наклона блока цилиндров:

$$\gamma = \arcsin \frac{h}{D_B}, \quad (69)$$

$$\gamma = \arcsin \frac{36}{72} = 30^\circ.$$

Принимаем из конструктивных соображений $\gamma=25^\circ$, так как проектируемый насос является регулируемым, а обеспечение большего угла γ влечёт за собой коренные изменения габаритов насоса.

$$h = D_B \cdot \sin(\gamma),$$

$$h = 72 \cdot \sin 25^\circ = 30 \text{ мм.}$$

$$V_0 = \frac{\pi d^2}{4} h z,$$

$$V_0 = \frac{3,14 \cdot 23^2}{4} \cdot 30 \cdot 9 = 112 \text{ см}^3.$$

«Длина L блока цилиндров:

$$L = l + b,$$

где l – длина поршня;

b – технологический размер, принимается равным 13 мм» [6].

$$L = 55 + 13 = 68 \text{ мм.}$$

В качестве материала поршней принимаем бронзу БрАЖ9-4, а блок цилиндров выполняем из стали 40Х.

Блок цилиндров рассчитывается на прочность и жёсткость.

«а) проверка на прочность:

$$\sigma = \frac{A^2 + 1}{A^2 - 1} P_p \leq [\sigma], \quad (70)$$

где A – коэффициент жесткости блока.

P_p – расчетное давление, определяется по формуле (71).

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение для блока из стали 40Х, принимается равным 150 МПа.

$$A = \frac{d \cdot 2a}{d},$$

$$A = \frac{20 + 2 \cdot 8}{20} = 1,8,$$

$$P_p = k_p \cdot p_{\max}, \quad (71)$$

где k_p – коэффициент перегрузки по давлению, принимается равным 1,4» [6].

$$P_p = 1,4 \cdot 35 \cdot 10^6 = 49 \text{ МПа.}$$

$$\sigma = \frac{1,8^2 + 1}{1,8^2 - 1} \cdot 49 \cdot 10^6 = 92,75 \cdot 10^6 \text{ Па} < 150 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Условие прочности выполняется.

б) Проверка на жесткость:

«Расчет блока выполняется приближенно для толстостенной трубы, имеющей внутренний диаметр равный d , а наружный диаметр равный $d+2a$.

$$\delta = \frac{D}{E} \cdot \left(\frac{A^2 + 1}{A^2 - 1} + \mu \right) \cdot P_{\max} \leq [\delta], \quad (72)$$

где $[\delta] = 7..8 \text{ мкм} = (7..8) \cdot 10^6 \text{ м}$ для блоков из стали;

μ – коэффициент Пуассона, принимается равным 0,28;

E – модуль упругости, для стали $(2,0..2,1) \cdot 10^5 \text{ МПа}$ [6].

$$\delta = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{1,8^2 + 1}{1,8^2 - 1} + 0,28 \right) \cdot 35 \cdot 10^6 = 7,2 \cdot 10^{-6} \text{ м} \leq 8 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Условие жесткости выполняется.

Торцовый распределитель аксиально-поршневых гидромашин выполняется, как правило, в виде плоского или сферического диска с двумя полукольцевыми окнами, соединяющими блок с полостями нагнетания и всасывания (рисунок 23).

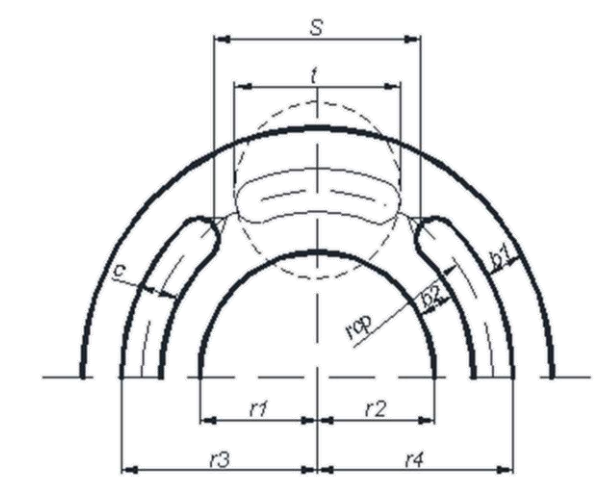


Рисунок 23 – Схема окон распределителя

Ширина распределительных окон рассчитывается следующим образом:

$$c = (0,4..0,5) \cdot d, \quad (73)$$

$$c = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ мм}.$$

«Ширина перемычки между окнами:

$$s = (1,1...1,2) \cdot t, \quad (74)$$

где $t = d$ – длина окна в доньшке цилиндра» [6].

$$s = 1,2 \cdot 20 = 24 \text{ мм.}$$

Площадь овального окна:

$$F_0 = (0,42...0,5) \cdot F_n, \quad (75)$$

$$F_0 = 0,45 \cdot \left(3,14 \cdot \frac{20^2}{4} \right) = 141,3 \text{ мм}^2.$$

Определим максимальную скорость жидкости в подводных окнах ротора:

$$F_0 = (0,42...0,5) \cdot F_n, \quad (76)$$

$$F_0 = 0,45 \cdot \left(3,14 \cdot \frac{20^2}{4} \right) = 141,3 \text{ мм}^2,$$

$$V_{\max} = \frac{D_B}{2} \omega \sin \gamma \frac{F_n}{F_0} = \frac{D_B}{2} \cdot \frac{2\pi n_{\max}}{60} \cdot \frac{F_n}{F_0} \cdot \sin \gamma,$$

$$V_{\max} = \frac{0,072}{2} \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1800}{60} \cdot \frac{1}{0,045} \cdot \sin 25^\circ = 6,37 \text{ м/с.}$$

Из конструктивных соображений примем r_1 равным 24 мм. Учитывая, что интенсивность износа поясков не одинакова, ширину внутреннего пояска b_2 принимаем равной 0,75...0,8 от ширины наружного b_1 .

Пусть $b_1=8$ мм, тогда $b_2=0,75 \cdot b_1=0,75 \cdot 8=36$ мм.

$$r_2 = r_1 + b_2, \quad (77)$$

$$r_2 = 24 + 6 = 30 \text{ мм},$$

$$r_3 = r_1 + c, \quad (78)$$

$$r_3 = 30 + 10 = 40 \text{ мм},$$

$$r_4 = r_3 + b_1, \quad (79)$$

$$r_4 = 40 + 8 = 48 \text{ мм}.$$

Применяем плоский распределитель.

Проведем расчет сил прижима и отжима, действующих в зазоре между блоком и распределителем:

$$F_{np} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot P_{ном} \frac{z-1}{2}, \quad (80)$$

$$F_{np} = \frac{3,14 \cdot 0,02^2}{4} \cdot 20 \cdot 10^6 \cdot \frac{9-1}{2} = 25120 \text{ Н}.$$

$$F_{отж} = \pi(r_3^2 - r_2^2) \cdot P_{ном} + \frac{\pi}{2}(r_4^2 - r_3^2 + r_2^2 - r_1^2) \cdot P_n, \quad (81)$$

$$F_{отж} = 3,14(0,04^2 - 0,03^2) \cdot 20 \cdot 10^6 + \frac{3,14}{2}(0,048^2 - 0,04^2 + 0,03^2 - 0,024^2) \times \\ \times 18,3 \cdot 10^6 = 16332 \text{ Н}.$$

Коэффициент поджима:

$$m = \frac{F_{np} - F_{отж}}{F_{np}} \cdot 100\%, \quad (82)$$

$$m = \frac{25120 - 6332}{25120} \cdot 100\% = 35\%.$$

Так как $F_{np} > F_{отж}$ на 35%, то нет необходимости устанавливать дополнительную прижимную пружину.

Угол перекрытия:

$$\varphi_1 = \arccos \left[1 - \frac{V}{ESR_D \sin \gamma} (P_H - P_A) \right], \quad (83)$$

$$\varphi_1 = \arccos \left[1 - \frac{37,6 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^5 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 36 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 25^\circ} \cdot (1,6 - 0,1) \right] = 12,8^\circ.$$

Угол перекрытия вполне удовлетворяет конструктивным нормативам (с.119 [1]) и является допустимым для данного проектируемого аксиально-поршневого гидронасоса. Зависимость полезной мощности насоса от подачи при проектируемой частоте вращения вала 1200 мин^{-1} :

Расчёт КПД гидромашины.

Вначале произведем проверочный расчет объемного КПД. Утечки Q_{y1} через зазоры между поршнями и цилиндрами. Длина контакта поршня с цилиндрами l равен $0,055 \text{ м}$, диаметральный зазор σ_1 равен $0,005 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$.

Тогда:

$$Q_{y1} = \frac{\pi d \sigma_1^3 P_H}{12 \mu l} \cdot \frac{z+1}{2}, \quad (84)$$

$$Q_{y1} = \frac{3,14 \cdot 0,02 \cdot (5 \cdot 10^{-5})^3 \cdot 20 \cdot 10^6}{12 \cdot 0,29 \cdot 0,055} \cdot \frac{9+1}{2} = 4,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Утечки Q_{y2} в торцевом распределителе: зазор между блоком цилиндров и распределительной шайбой принимаем равным $\sigma_2 = 0,012 \text{ см} = 12 \cdot 10^{-5} \text{ м}$, а утечки $Q_{y2} = 1 \text{ л/мин} = 1,67 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$.

Так как теоретическая подача $Q_T = 133 \text{ л/мин} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, то объемный КПД с учетом утечек:

$$\eta_0 = \frac{Q_T}{Q_T + \sum Q_i}, \quad (85)$$

$$\eta_0 = \frac{2,2 \cdot 10^{-3}}{2,2 \cdot 10^{-3} + 4,1 \cdot 10^{-6} + 1,67 \cdot 10^{-5}} = 0,99.$$

Механический КПД насоса.

Принимаем КПД шариковых радиальных однорядных подшипников η_1 равный 0,99, радиально-упорных η_2 равных 0,995, тогда:

$$\eta_n = \eta_1 \cdot \eta_2^2, \quad (86)$$

$$\eta_n = 0,99 \cdot 0,995^2 = 0,98.$$

Потери на трение поршней о стенки цилиндров:

– максимальная скорость поршня:

$$v_{mp} = \frac{\pi n_{\max}}{30} \cdot \frac{D_{\bar{\sigma}}}{2} \sin \gamma, \quad (87)$$

$$v_{mp} = \frac{3,14 \cdot 3000}{30} \cdot \frac{0,072}{2} \sin 25^\circ = 4,78 \text{ м/с.}$$

– момент сил трения:

$$M_{mp} = \mu \frac{v_{\max}}{\sigma_1} \pi dl \cdot \frac{D_{\bar{\sigma}}}{2} \sin \gamma, \quad (88)$$

$$M_{mp} = 0,29 \cdot \frac{4,78}{5 \cdot 10^{-5}} \cdot 3,14 \cdot 0,02 \cdot 0,055 \cdot \frac{0,072}{2} \sin 25^\circ = 1,46 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Тогда полный механический КПД насоса:

$$\eta_n = \left[1 - \frac{2\pi M_{mp}}{V_0 \cdot (p_n - p_0)} \right] \cdot \eta_n, \quad (89)$$

$$\eta_n = \left[1 - \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,46}{112 \cdot 10^{-6} (20 \cdot 10^6 - 1,6 \cdot 10^6)} \right] \cdot 0,98 = 0,97.$$

Расчет гидравлического КПД.

Подача Q , проходящая через насос:

$$Q_{cp} = V_0 n \eta_0, \quad (90)$$

$$Q_{cp} = 0,112 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1200}{60} \cdot 0,99 = 2,19 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Средняя скорость течения жидкости составляет:

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi d_1^2}, \quad (91)$$

$$v_1 = \frac{4 \cdot 2,19 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,02^2} = 6,97 \text{ м/с}.$$

$$v_1 = \frac{Q}{F_0},$$

$$v_1 = \frac{2,19 \cdot 10^{-3}}{141,3 \cdot 10^2} = 15,5 \text{ м/с}.$$

«Так как длина трубопровода мала, будем учитывать потери давления только от местных сопротивлений. Для случая прямого колена принимаем коэффициент $\xi_1=2,95$, для случая сужения $\xi_2=0,35$, для случая расширения $\xi_3=0,56$. Принимаем объемный вес масла $\gamma=0,89 \cdot 10^3 \text{ кг/см}^3$ и считая течение турбулентным, определим суммарные потери давления от местных сопротивлений в насосе» [2]:

$$\Delta P = 2(\xi_1 v_1^2 + \xi_2 v_2^2 + \xi_3 v_3^2) \cdot \frac{\gamma}{2g}, \quad (92)$$

$$\Delta P = 2(2,95 \cdot 6,97^2 + 0,35 \cdot 15,5^2 + 0,56 \cdot 15,5^2) \times \\ \times \frac{0,89 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6}} = 0,33 \text{ МПа.}$$

Тогда гидравлический КПД:

$$\eta_2 = 1 - \frac{\Delta P}{P_H - P_0}, \quad (93)$$

$$\eta_2 = 1 - \frac{0,033 \cdot 10^6}{(20 - 1,6) \cdot 10^6} = 0,99.$$

Выводы по разделу.

В данном разделе нами было представлено обоснование выбора шасси базового автомобиля для разработки пескоразбрасывателя. На базе выбранного ТС были разработаны основные конструктивные элементы машины и были произведены все необходимые расчеты.

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 разработка конструкции пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ не будет иметь большого спроса сборку можно осуществлять методом мелкосерийной сборки.

«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_d = \frac{F_d \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (94)$$

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

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 100 шт.» [14].

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

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 конструкции пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень сборочных работ

| Содержание основного и вспомогательного перехода | Время на выполнение операции, мин. |
|--|------------------------------------|
| Взять корпус | 0,3 |
| Осмотреть корпус на наличие повреждений и дефектов | 1,7 |
| Взять подшипник 8338 210 | 0,2 |
| Осмотреть подшипник 8338 210 на наличие повреждений и дефектов | 0,8 |
| Запрессовать подшипник 8338 210 в корпус | 1,6 |
| Взять кольцо | 0,2 |
| Установить кольцо в корпус | 0,7 |
| Взять подшипник 8338 210 | 0,2 |
| Осмотреть подшипник 8338 210 на наличие повреждений и дефектов | 0,8 |
| Запрессовать подшипник 8338 210 в корпус | 1,6 |
| Взять вал диска | 0,5 |
| Осмотреть вал диска на наличие повреждений и дефектов | 0,9 |
| Установить вал диска в подшипники | 2,1 |
| Взять манжету | 0,2 |
| Осмотреть манжету на наличие повреждений и дефектов | 0,5 |
| Установить манжету на вал диска | 0,9 |
| Взять прокладку | 0,1 |
| Осмотреть прокладку на наличие повреждений и дефектов | 0,3 |
| Взять крышку | 0,2 |
| Осмотреть крышку на наличие повреждений и дефектов | 0,5 |
| Взять шайбу 10 65Г (4 шт.), болт М10-6g×30 (4 шт.) | 0,2 |
| Установить крышку с прокладкой на корпус и зафиксировать при помощи болт М10-6g×30 и шайб 10 65 Г | 4 |
| Взять мотор гидравлический планетарный | 0,3 |
| Осмотреть мотор гидравлический на наличие повреждений и дефектов | 1,2 |
| Взять прокладку | 0,1 |
| Осмотреть прокладку на наличие повреждений и дефектов | 0,3 |
| Взять шайбу 12 65Г (4 шт.), болт М12-6g×30 (4 шт.) | 0,2 |
| Установить мотор гидравлический с прокладкой на корпус и зафиксировать при помощи болтов М12-6g×30 и шайб 12 65Г | 4 |
| Взять масленку | 0,1 |
| Осмотреть масленку на наличие повреждений и дефектов | 0,3 |
| Установить масленку в корпус | 0,9 |
| Проверить качество выполненных работ и при необходимости провести регулировку | 20 |
| Итого: | 45,9 |

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

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}, \quad (95)$$

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

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{um}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (96)$$

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

$$t_{um}^{общ} = 45,9 + 45,9 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 49,57 \text{ мин.}$$

4.2 Проектирование технологического процесса сборки конструкции пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Технологический процесс сборки пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ

| Номер операции | Наименование операции | Номер позиции | Содержание операции, перехода | Оборудование, инструмент, приспособление | Затрачиваемое время, мин. |
|----------------|-----------------------|---------------|--|--|---------------------------|
| 005 | Сборочная | 1 | Взять корпус | Гайковерт, набор головок, рожковые ключи, динамометрический ключ, вороток, оправка, молоток, пресс, отвертка плоская | 25,9 |
| | | 2 | Осмотреть корпус на наличие повреждений и дефектов | | |
| | | 3 | Взять подшипник 8338 210 | | |
| | | 4 | Осмотреть подшипник 8338 210 на наличие повреждений и дефектов | | |
| | | 5 | Запрессовать | | |

Продолжение таблицы 6

| Номер операции | Наименование операции | Номер позиции | Содержание операции, перехода | Оборудование, инструмент, приспособление | Затрачиваемое время, мин. |
|----------------|-----------------------|---------------|---|--|---------------------------|
| | | | подшипник 8338 210 в корпус | | |
| | | 6 | Взять кольцо | | |
| | | 7 | Установить кольцо в корпус | | |
| | | 8 | Взять подшипник 8338 210 | | |
| | | 9 | Осмотреть подшипник 8338 210 на наличие повреждений и дефектов | | |
| | | 10 | Запрессовать подшипник 8338 210 в корпус | | |
| | | 11 | Взять вал диска | | |
| | | 12 | Осмотреть вал диска на наличие повреждений и дефектов | | |
| | | 13 | Установить вал диска в подшипники | | |
| | | 14 | Взять манжету | | |
| | | 15 | Осмотреть манжету на наличие повреждений и дефектов | | |
| | | 16 | Установить манжету на вал диска | | |
| | | 17 | Взять прокладку | | |
| | | 18 | Осмотреть прокладку на наличие повреждений и дефектов | | |
| | | 19 | Взять крышку | | |
| | | 20 | Осмотреть крышку на наличие повреждений и дефектов | | |
| | | 21 | Взять шайбу 10 65Г (4 шт.), болт М10-6g×30 (4 шт.) | | |
| | | 22 | Установить крышку с прокладкой на корпус и зафиксировать при помощи болт М10-6g×30 и шайб 10 65 Г | | |
| | | 23 | Взять мотор гидравлический планетарный | | |

Продолжение таблицы 6

| Номер операции | Наименование операции | Номер позиции | Содержание операции, перехода | Оборудование, инструмент, приспособление | Затрачиваемое время, мин. |
|----------------|-----------------------|---------------|--|--|---------------------------|
| | | 24 | Осмотреть мотор гидравлический на наличие повреждений и дефектов | | |
| | | 25 | Взять прокладку | | |
| | | 26 | Осмотреть прокладку на наличие повреждений и дефектов | | |
| | | 27 | Взять шайбу 12 65Г (4 шт.), болт М12-6g×30 (4 шт.) | | |
| | | 28 | Установить мотор гидравлический с прокладкой на корпус и зафиксировать при помощи болтов М12-6g×30 и шайб 12 65Г | | |
| | | 29 | Взять масленку | | |
| | | 30 | Осмотреть масленку на наличие повреждений и дефектов | | |
| | | 31 | Установить масленку в корпус | | |
| 010 | Реулировочная | 1 | Проверить качество выполненных работ и при необходимости провести регулировку | | 20 |

Технологическая схема сборки конструкции пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки конструкции пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ 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 обслуживания пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса обслуживания пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 7).

Таблица 7 – Технологический паспорт технологического процесса обслуживания пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей

| Технологический процесс | Технологическая операция, вид выполняемых работ | Наименование должности работника | Оборудование, техническое устройство, приспособление | Материалы, вещества |
|--|--|---|---|---|
| Обслуживание пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ | <ul style="list-style-type: none"> - очистить пескоразбрасыватель от остатков песка и грязи; - проверить состояние рамы и креплений пескоразбрасывателя; - проверить состояние механизма разбрасывания песка; - проверить уровень масла в механизме разбрасывания песка; | Слесарь по ремонту автомобилей четвертого разряда | Рожковые ключи, специальный ключ, индикатор, набор щупов, плоскогубцы | Перчатки, краска, ветошь, масло трансмиссионное |

Продолжение таблицы 7

| Технологический процесс | Технологическая операция, вид выполняемых работ | Наименование должности работника | Оборудование, техническое устройство, приспособление | Материалы, вещества |
|-------------------------|---|----------------------------------|--|---------------------|
| | - проверить состояние цепей привода механизма разбрасывания песка; - проверить состояние узлов и деталей, отвечающих за подачу песка в механизм разбрасывания. | | | |

Рассмотрев вопрос характеристики технологического процесса, предлагается перейти к идентификации профессиональных рисков.

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 8 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе обслуживания пескоразбрасывателя.

Таблица 8 – Результаты идентификации профессиональных рисков

| Операция | ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы» | Источник возникновения ОиВПФ |
|--|---|--|
| - очистить пескоразбрасыватель от остатков песка и грязи; - проверить состояние рамы и креплений пескоразбрасывателя; - проверить состояние механизма разбрасывания песка; | «Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля» | Элементы конструкции «автомобиля» [8]. |

Продолжение таблицы 8

| Операция | ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы» | Источник возникновения ОиВПФ |
|---|---|---|
| - проверить уровень масла в механизме разбрасывания песка; - проверить состояние цепей привода механизма разбрасывания песка; - проверить состояние узлов и деталей, отвечающих за подачу песка в механизм разбрасывания. | «Запыленность и загазованность воздуха» | Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта |
| | Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования | Электроинструмент |
| | Возможность поражения электрическим током | «Электроинструмент» [7]. |
| | «Отсутствие или недостаток естественного света» | Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [6]. |
| | «Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой» | Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [12]. |

Рассмотрев вопрос идентификации профессиональных рисков, предлагается перейти к рассмотрению методов и средств их снижения.

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)» [12].

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» [12].
- 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» [12].

Для решения выявленных проблем, используем методы и средства, соответствующие действующим нормативным документам. Также предлагаем меры, указанные в таблице 9, для уменьшения профессиональных рисков.

Таблица 9 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

| Профессиональный риск | Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков | Средства индивидуальной защиты |
|---|--|---|
| «Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования» | Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии | Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12]. |

Продолжение таблицы 9

| Профессиональный риск | Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков | Средства индивидуальной защиты |
|---|--|--|
| «Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля» | <p>Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания.</p> <p>Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией.</p> <p>Санитарно-гигиенические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием | <p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].</p> |
| «Повышенный уровень шума» | <p>Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами;</p> <p>введение регламентированных дополнительных перерывов;</p> <p>проведение обязательных медосмотров</p> | <p>Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].</p> |
| «Возможность поражения электрическим током» | <p>Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства</p> | <p>Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [12].</p> |
| «Отсутствие или недостаток естественного света» | <p>Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [28]</p> | <p>–</p> |
| «Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой» | <p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров | <p>–</p> |

Продолжение таблицы 9

| Профессиональный риск | Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков | Средства индивидуальной защиты |
|-----------------------|---|--------------------------------|
| | <p>согласно ст. 212 ТК РФ;</p> <ul style="list-style-type: none"> – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [30]. | |
| «Монотонность труда | <ul style="list-style-type: none"> – объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: 1. длительность объединенных операций не 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» [2]; – «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии); – применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, | – |

Продолжение таблицы 9

| Профессиональный риск | Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков | Средства индивидуальной защиты |
|-----------------------|--|--------------------------------|
| | <p>оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности;</p> <ul style="list-style-type: none"> – отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; – разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования; – усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале; – выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы «человек-машина» [20]; – «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при отсутствии экстренной необходимости его прерывания); – чередование пассивного отдыха с активным» [15]. | |

Рассмотрев вопрос методов и средств для снижения профессиональных рисков, предлагается перейти к рассмотрению вопроса по обеспечению пожарной безопасности объекта.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 10).

Таблица 10 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| Участок | Оборудование | Класс пожара | Опасные факторы пожара | Сопутствующие проявления факторов пожара |
|----------|---|--------------|---|--|
| «Зона ТО | 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» [24]. |

«В статье 42 Федерального закона от 22.07.2008 № 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» [12].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1шт.;

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

Разработка мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности является одним из главных этапов обеспечения безопасности в зданиях и сооружениях. Такие мероприятия должны быть разработаны в соответствии с законодательными и нормативными актами и утверждены руководством организации. Первый шаг при разработке мероприятий – это проведение анализа рисков возможного возникновения пожара в здании или сооружении. Для этого необходимо провести осмотр помещений, выявить наличие возможных источников возгорания, оценить состояние систем пожарной безопасности.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности при обслуживании пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ (таблица 11), в целях обеспечения пожарной безопасности.

Таблица 11 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей

| Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности | Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности |
|--|---|
| «Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности | Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15] |
| «Обучение правилам и мерам пожарной | Проведение обучения, а также различных |

Продолжение таблицы 11

| | |
|---|---|
| Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности | Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности |
| безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007 | видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [22] |
| «Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования | Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [24] |
| «Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ | Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [15]. |
| «Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения | Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей |
| Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения | Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [31] |
| «Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ | Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах |
| Размещение информационного стенда по пожарной безопасности | Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [15] |

Рассмотрев вопрос обеспечения пожарной безопасности предлагается перейти к рассмотрению вопроса по обеспечению экологической безопасности.

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КраЗ, УРАЛ

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 обслуживания пескоразбрасывателя и сведем их в таблицу 12.

Таблица 12 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

| Технологический процесс | Антропогенное воздействие на окружающую среду: | | |
|---|--|-----------------------|---|
| | атмосферу | гидросферу | литосферу |
| «Обслуживание пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ | Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей. | Масло трансмиссионное | Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11]. |

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при обслуживании пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ:

- 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);

- литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов. Это включает создание системы раздельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья.

Выводы по разделу.

В разделе:

- разработан паспорт обслуживания пескоразбрасывателя;
- выявлены профессиональные риски при обслуживании пескоразбрасывателя и определены методы и средства их снижения;
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при обслуживании пескоразбрасывателя;
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при обслуживании пескоразбрасывателя и разработаны мероприятия по их снижению.

Также необходимо подчеркнуть, что 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.

6 Экономическая эффективность проекта

Для определения финансовых затрат на разработку конструкции пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ 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 пескоразбрасывателя, 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 пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ.

«Затраты на изготовление конструкции пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ определяем по формуле [15]:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{н.д}} + C_{\text{сб.н}} + C_{\text{о.н}}, \quad (97)$$

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.;

$C_{об.н}$ – 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:

$$C_{к.д} = Q_k \cdot C_k, \quad (98)$$

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

C_k – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, принимается равной 120,0 р./кг»[9].

Корпусной деталью в данной конструкции является корпус пескоразбрасывателя массой 850 кг.

$$C_{к.д} = 120 \cdot 850 = 102000 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{прн} + C_m, \quad (99)$$

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

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

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{np} = t \cdot C_u \cdot \kappa_t, \quad (100)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей, (вал приводной 1,5 чел.-ч., опора роликовая 0,3 чел.-ч.; ось 0,2 чел.-ч.);

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

κ_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» [9].

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

$$C_{np} = 2 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 323,17 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_o = (5 \dots 12) \cdot C_{np} / 100, \quad (101)$$

$$C_o = 10 \cdot 323,17 / 100 = 32,31 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{соц} = 30 \cdot (C_{np} + C_o) / 100, \quad (102)$$

$$C_{соц} = 30 \cdot (323,17 + 32,31) / 100 = 106,64 \text{ р.},$$

$$C_{\Sigma np} = 323,17 + 32,31 + 106,64 = 462,12 \text{ р.}$$

Таким образом, заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 462,12 р.

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

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (103)$$

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [9].

$$C_M = 160 \cdot 10 = 1600 \text{ р.}$$

$$C_{o.o} = 462,12 + 1600 = 2062,12 \text{ р.}$$

Таким образом, затраты на изготовление оригинальных деталей составляют 2062,12 р.

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

$$C_{сб.п} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (104)$$

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:

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_{д.сб} \cdot k_t, \quad (105)$$

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

$$T_{сб} = k_c \cdot \Sigma t_{сб}, \quad (106)$$

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 22,0 чел.-ч.

$$T_{сб} = 1,25 \cdot 22 = 27,5 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{сб} = 27,5 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 4443,62 \text{ р.,}$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 4443,62 = 444,36 \text{ р.,}$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (4443,62 + 444,36) = 1466,39 \text{ р.,}$$

$$C_{сб.н} = 4443,62 + 444,36 + 1466,39 = 6354,37 \text{ р.}$$

Таким образом, полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке составит 1733 р.

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{он} = \frac{(C_{np}' \cdot R_{он})}{100}, \quad (107)$$

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

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

$$C'_{np} = (C_{np} + C_{cb}), \quad (108)$$

$$C'_{np} = 323,17 + 4443,62 = 4766,79 \text{ р.}$$

$$C_{он} = \frac{(4766,79 \cdot 15)}{100} = 715,01 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов представлены в таблице 13.

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

| Значение | Числовое значение, руб. |
|--|-------------------------|
| Разбрасыватель | 15000 |
| Вал привода транспортера в сборе с опорами | 35800 |
| Решетка | 10000 |
| Лестница | 8000 |
| Натяжное устройство | 3500 |
| Направляющая верхняя | 2500 |
| Направляющая нижняя | 2500 |
| Крышка | 2000 |
| Защита | 8000 |
| Гидродвигатель | 52000 |
| Подшипник LEF 209 2F | 5600 |
| Подшипник LEF 213 2F | 13000 |
| Транспортер СДК 55111 | 129000 |
| Метизы для крепления | 3400 |
| Итого: | 290300 |

$$C_{нд} = 15000 + 35800 + 10000 + 8000 + 3500 + 2500 + 2500 + 2000 + 8000 + 52000 + 5600 + 13000 + 129000 + 3400 = 290300 \text{ р.}$$

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

Затраты на изготовление конструкции:

$$C_{кон} = 102000 + 2062,12 + 290300 + 6354,37 + 715,01 = 401431,5 \text{ р.}$$

Затраты на изготовление конструкторской разработки пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ сведем в таблицу 14.

Таблица 14 – Затраты на изготовление конструкторской разработки пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ

| Обозначение | Числовое значение, руб. |
|---|-------------------------|
| Стоимость изготовления корпусных деталей | 102000 |
| Стоимость изготовления оригинальных деталей | 2062,12 |
| Общая заработная плата на сборку | 6354,37 |
| Общепроизводственные накладные расходы | 715,01 |
| Стоимость покупных изделий | 290300 |
| Итого: | 401431,5 |

Общие затраты на изготовление конструкции пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ равны 167025,38 р.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{пр} - C_{кон}, \quad (109)$$

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

$$\mathcal{E}_Г = 730000 - 401431,5 = 328568,5 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ок} = \frac{C_{кон}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (110)$$

$$O_{ок} = \frac{401431,5}{328568,5} = 1,22 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{ЭФ}} &= \mathcal{E}_r - 0,15 \cdot C_{\text{КОН}}, \\ \mathcal{E}_{\text{ЭФ}} &= 328568,5 - 0,15 \cdot 401431,5 = 268353,77 \text{ р.} \end{aligned} \quad (111)$$

В таблице 15 представлены основные показатели проекта.

Таблица 15 – Основные показатели проекта

| Показатели | Единица измерения | Значение | |
|--|-------------------|--------------|-----------------|
| | | До внедрения | После внедрения |
| Стоимость изготовления конструкции | р. | 730000 | 401431,5 |
| Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции | р. | – | 328568,5 |
| Экономический эффект при внедрении конструкции | р. | – | 268353,77 |
| Срок окупаемости | год | – | 1,22 |

В разделе определены различные экономические параметры, такие как:

- 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 пескоразбрасывателя, 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.

Стоимость разработки конструкции пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ составляет 401431,5 р., срок окупаемости равен 1,22 года, что является допустимым для данной конструкции.

Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта разработана конструкция пескоразбрасывателя для грузовых автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ, УРАЛ.

Ключевым вопросом дипломной работы является модернизация существующей гидрообъемной трансмиссии погрузчика Амкодор-208 с целью повышения его управляемости.

Ключевым вопросом дипломной работы является проектирование конструкции пескоразбрасывателя на базе отечественных грузовых автомобилей.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- проведен анализ отечественных комбинированных дорожных машин, их устройство и применяемое оборудование. Основным недостатком является отсутствие конкурентоспособной отечественной гидравлики, что заставляет производителей использовать зарубежные комплектующие, что неизбежно приводит к резкому удорожанию продукции;
- выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля КаМАЗ 65115;
- выполнено обоснование выбора шасси базового автомобиля для разработки пескоразбрасывателя. На базе выбранного автомобиля разработаны основные конструктивные элементы машины и произведены все необходимые конструкторские расчеты;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки пескоразбрасывателя ;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки конструкции пескоразбрасывателя с экономической стороны.

Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Автомобили КамАЗ типа 6х4 : 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 Зузов В. Н. Механика наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / В. Н. Зузов ; Московский гос. технический ун-т им. Н. Э. Баумана. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 185, [1] с.

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

13 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.

14 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.

15 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.

16 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.

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, cop. 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

| Формат | Знак | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Приме- чание |
|----------------------------|------|-----------------|---------------------------|--------------------------|------|-----------------|
| | | | | | | |
| <i>Документация</i> | | | | | | |
| А4 | | | 23.ДП.01.164.61.00.000.ПЗ | Пояснительная записка | 1 | |
| А1 | | | 23.ДП.01.164.61.00.000.ПЗ | Сборочный чертеж | 1 | |
| <i>Сборочные единицы</i> | | | | | | |
| | | 1 | 23.ДП.01.164.61.01.000 | Вал приводной в сборе | 1 | |
| | | 2 | 23.ДП.01.164.61.02.000 | Корпус | 1 | |
| | | 3 | 23.ДП.01.164.61.03.000 | Решётка | 2 | |
| | | 4 | 23.ДП.01.164.61.04.000 | Защита цепи | 2 | |
| | | 5 | 23.ДП.01.164.61.05.000 | Вал натяжной в сборе | 1 | |
| | | 6 | 23.ДП.01.164.61.06.000 | Плита крепления | 1 | |
| | | 7 | 23.ДП.01.164.61.07.000 | Разбрасыватель | 1 | |
| | | 8 | 23.ДП.01.164.61.08.000 | Ось | 1 | |
| | | 9 | 23.ДП.01.164.61.09.000 | Палец | 8 | |
| | | 10 | 23.ДП.01.164.61.10.000 | Опора роликовая | 2 | |
| | | 11 | 23.ДП.01.164.61.11.000 | Направляющая боковая | 2 | |
| | | 12 | 23.ДП.01.164.61.12.000 | Лестница | 1 | |
| | | 13 | 23.ДП.01.164.61.13.000 | Пластина опорная в сборе | 2 | |
| | | 14 | 23.ДП.01.164.61.14.000 | Натяжное устройство | 2 | |
| | | 15 | 23.ДП.01.164.61.15.000 | Хомут | 1 | |
| | | 16 | 23.ДП.01.164.61.16.000 | Палец фиксирующий | 1 | |
| 23.ДП.01.164.61.00.000 | | | | | | |
| Изм. Лист | | № док.м. | | Подп. | | Дата |
| Разраб. | | Чеховских И.В. | | | | |
| Проб. | | Турбин И.В. | | | | |
| Н.контр. | | Турбин И.В. | | | | |
| Утв. | | Бобровский А.В. | | | | |
| Пескоразбрасыватель | | | | Лит. | | Лист |
| ТГУ, АТс-18012 | | | | 1 | | 5 |
| Копировал | | | | Формат | | А4 |

Рисунок А.1 – Спецификация на пескоразбрасыватель

Продолжение Приложения А

| Формат | Этап | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|--------|------|----------|------------------------|---|------------------------|------------|
| | | | | <u>Детали</u> | | |
| | | 19 | 23.ДП.01.164.61.00.019 | Заглушка | 4 | φ21 |
| | | | | 3,0 ГОСТ 19903-74 Лист Ст3пс ГОСТ 14637-89 | | |
| | | 20 | 23.ДП.01.164.61.00.020 | Плита большая | 1 | |
| | | 21 | 23.ДП.01.164.61.00.021 | Плита малая | 1 | |
| | | 22 | 23.ДП.01.164.61.00.022 | Направляющая верхняя | 2 | |
| | | 23 | 23.ДП.01.164.61.00.023 | Направляющая нижняя | 2 | |
| | | 24 | 23.ДП.01.164.61.00.024 | Крышка | 2 | |
| | | 25 | 23.ДП.01.164.61.00.025 | Защита | 1 | |
| | | 26 | 23.ДП.01.164.61.00.026 | Ухо | 1 | |
| | | 27 | 23.ДП.01.164.61.00.027 | Опора треугольника | 2 | |
| | | 28 | 23.ДП.01.164.61.00.028 | Треугольник | 2 | |
| | | 29 | 23.ДП.01.164.61.00.029 | Скоба | 2 | |
| | | 30 | 23.ДП.01.164.61.00.030 | Проушина | 4 | |
| | | 31 | 23.ДП.01.164.61.00.031 | Лист подкладной | 4 | 160x100 |
| | | | | 5,0 ГОСТ 19903-74 Лист Ст3пс ГОСТ 14637-89 | | |
| | | 32 | 23.ДП.01.164.61.00.032 | Звено | 2 | |
| | | 33 | 23.ДП.01.164.61.00.033 | | 4 | 50x50 |
| | | | | 3,0 ГОСТ 19903-74 Лист Ст3пс ГОСТ 14637-89 | | |
| | | 34 | 23.ДП.01.164.61.00.034 | Площадка | 1 | |
| | | 35 | 23.ДП.01.164.61.00.035 | Крыша | 1 | |
| | | | | <u>Стандартные изделия</u> | | |
| | | 38 | | Болт М8-6г x 16.88.40Х ГОСТ 7805-70 | 1 | |
| | | 38 | | Болт М8-6г x 16.88.40Х ГОСТ 7805-70 | 1 | |
| | | 39 | | Болт М10-6г x 18.88.40Х ГОСТ 7805-70 | 1 | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 23.ДП.01.164.61.00.000 | |
| | | | | | | Лист 2 |

Копировал

Формат А4

Рисунок А.2 – Спецификация на пескоразбрасыватель

Продолжение Приложения А

| Формат | | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание | |
|--------|------|--------------|-------|-------------|--|------------------------|------------|-----------|
| | | | 39 | | Болт М10-6г x 18.88.40Х ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 40 | | Болт М16 x 15-6г x 45 ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 40 | | Болт М16 x 15-6г x 45 ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 40 | | Болт М16 x 15-6г x 45 ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 40 | | Болт М16 x 15-6г x 45 ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 40 | | Болт М16 x 15-6г x 45 ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 40 | | Болт М16 x 15-6г x 45 ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 40 | | Болт М16 x 15-6г x 45 ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 40 | | Болт М16 x 15-6г x 45 ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 41 | | Болт М16 x 15-6г x 45.109.40Х ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 41 | | Болт М16 x 15-6г x 45.109.40Х ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 41 | | Болт М16 x 15-6г x 45.109.40Х ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 41 | | Болт М16 x 15-6г x 45.109.40Х ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 42 | | Болт 2 М16-6г x 55 ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 42 | | Болт 2 М16-6г x 55 ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 43 | | Болт М18 x 15-6г x 55.109.40Х ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 43 | | Болт М18 x 15-6г x 55.109.40Х ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 43 | | Болт М18 x 15-6г x 55.109.40Х ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 43 | | Болт М18 x 15-6г x 55.109.40Х ГОСТ 7805-70 | 1 | | |
| | | | 44 | | Гайка М16-6Н ГОСТ 5919-73 | 1 | | |
| | | | 44 | | Гайка М16-6Н ГОСТ 5919-73 | 1 | | |
| | | | 45 | | Шайба 8 ГОСТ 6402-70 | 1 | | |
| | | | 45 | | Шайба 8 ГОСТ 6402-70 | 1 | | |
| | | | 46 | | Шайба 10 ГОСТ 6402-70 | 1 | | |
| | | | 46 | | Шайба 10 ГОСТ 6402-70 | 1 | | |
| | | | 47 | | Шайба 16 ГОСТ 6402-70 | 1 | | |
| | | | 47 | | Шайба 16 ГОСТ 6402-70 | 1 | | |
| | | | 47 | | Шайба 16 ГОСТ 6402-70 | 1 | | |
| | | | 47 | | Шайба 16 ГОСТ 6402-70 | 1 | | |
| | | | 47 | | Шайба 16 ГОСТ 6402-70 | 1 | | |
| | | | 47 | | Шайба 16 ГОСТ 6402-70 | 1 | | |
| | | | 47 | | Шайба 16 ГОСТ 6402-70 | 1 | | |
| Изм. № | лист | Чеховских ИВ | | | | 23.ДП.01.164.61.00.000 | | /лист |
| | | Тырдын ИВ | | | | | | |
| Изм. | лист | № док-м. | Подп. | Дата | Копировал | | | Формат А4 |

Рисунок А.3 – Спецификация на пескоразбрасыватель

