

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Модернизация тормозной системы грузового автомобиля КАМАЗ путем  
разработки усовершенствованной тормозной камеры

Студент

А.С. Мясников

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Л.А. Черепанов

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

## Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Модернизация тормозной системы грузового автомобиля КАМАЗ путем разработки усовершенствованной тормозной камеры».

Пояснительная записка содержит семь разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, всего 112 страниц. Графическая часть содержит 8 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

В качестве конструкторской разработки предложена конструкция усовершенствованной тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором.

В первом разделе рассмотрено устройство тормозной системы автомобиля КАМАЗ.

Во втором разделе проведен обзор и анализ конструкций тормозных камер с пружинным энергоаккумулятором.

В третьем разделе представлена конструкция усовершенствованной тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором пневмопривода автомобилей семейства КАМАЗ.

В четвертом разделе проведен расчет усовершенствованной тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором и разработана технологическая карта технического обслуживания тормозной системы автомобилей семейства КАМАЗ.

В ВКР также разработаны вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда. Намечены мероприятия по экологической безопасности.

В последнем разделе ВКР приведена технико-экономическая эффективность пневмопривода с усовершенствованным пружинным энергоаккумулятором и в заключении сделаны выводы по ВКР.

## **Abstract**

The title of the graduation work is: «The modernization of the «KAMAZ» truck brake system by developing an improved brake system».

The explanatory note consists of 7 parts, introduction and conclusion, list of references, totally 112 pages. The graphic part is on 8 A1 sheets, which executed in the computer-aided modeling system KOMPAS-3D. The graduation project is fully consistent with the issued assignment.

As a design development we proposed the construction of improved brake chamber with a spring energy accumulator.

In the first part we overviewed the «KAMAZ» truck brake system structure.

The second part dealt with the review and constructions analysis of brake chambers with a spring energy accumulator.

The third section presented the design of an improved brake chamber with a spring energy accumulator for the pneumatic drive of «KAMAZ» family vehicles.

In the fourth part, the calculation of an improved brake chamber with a spring energy accumulator was carried out and a flow chart for the maintenance of the brake system of «KAMAZ» vehicles was developed.

Also, in the graduation work issues related to safety and labor protection were studied. The measures to ensure ecological safety were outlined.

The last section of the graduation work showed the technical and economic efficiency of the pneumatic drive with improved spring energy accumulator.

In the conclusion the results of the study were reported.

## Содержание

Введение.....	6
1 Устройство тормозной системы автомобиля КАМАЗ .....	8
1.1 Моторный вид вспомогательной тормозной системы .....	8
1.2 Воздушный привод тормозного механизма .....	9
1.3 Рабочий тормоз переднего моста .....	12
1.4 Стояночный тормоз.....	12
1.5 Моторная тормозная система .....	13
1.6 Ручник запасной тормозной системы .....	14
1.7 Пневмоцилиндры .....	14
1.8 Приборы пневмопривода.....	15
1.9 Тормозной механизм .....	45
2 Обзор и анализ конструкций тормозных камер с пружинным энергоаккумулятором .....	48
2.1 Пневмо энергоаккумулятор .....	49
2.2 Комбинированные тормозные камеры пружинных энергоаккумуляторов.....	51
3 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	57
3.1 Исходные данные для расчёта и компоновочная схема автомобиля ....	57
3.2 Внешние скоростные характеристики автомобиля .....	57
3.3 Расчет топливной экономичности автомобиля.....	70
4 Разработка конструкции усовершенствованной тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором пневмопривода автомобилей семейства КАМАЗ .....	72
4.1 Схема и принцип действия предлагаемой конструкции.....	72
4.2 Управление усовершенствованной конструкцией энергоаккумулятора .....	74
4.3 Расчет деталей усовершенствованной тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором .....	76

4.4	Разработка технологической карты технического обслуживания тормозной системы автомобилей семейства КАМАЗ.....	86
5	Производственная и экологическая безопасность проекта .....	87
5.1	Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса технического обслуживания тормозного пневмопривода.....	87
5.2	Определение профессиональных рисков.....	89
5.3	Мероприятия по снижению профессиональных рисков.....	90
5.4	Пожарная безопасность .....	96
5.5	Экологическая безопасность технологического процесса технического обслуживания тормозного пневмопривода .....	98
6	Экономическая эффективность проекта.....	100
6.1	Расчет статей затрат на внедрение конструкции .....	100
6.2	Расчет статей доходов от внедрения проекта .....	105
6.3	Расчет показателей экономической эффективности .....	107
	Заключение .....	109
	Список используемой литературы и используемых источников.....	110

## Введение

Транспорт – одна из отраслей народного хозяйства. Включает в себя различные виды транспорта, такие как автомобильный, железнодорожный, водный, воздушный. Транспорт не производит никакой продукции, но без него невозможно функционирование всех других отраслей народного хозяйства, поэтому материальным продуктом транспортного процесса следует считать вещественное перемещение грузов.

Различные виды транспорта играют различную роль в транспортном комплексе различных стран. Например, в странах Европы автомобильные перевозки из общего объёма грузоперевозок составляют более 80%. В России же, в связи с большой географической протяжённостью, автомобильный транспорт изначально, со времён СССР, формировался как обслуживающий для железнодорожного и водного. Но с началом массового строительства дорог, улучшением их качества доля автоперевозок стала существенно возрастать, в том числе значительно возросли объёмы дальних автоперевозок. Сейчас автомобильный транспорт играет существенную роль в транспортном комплексе страны.

«Дизелизация автотранспорта чрезмерно затруднила применение вакуумных тормозных усилителей. Это стало одной из причиной того, что в настоящее время многие заводы, выпускающие большегрузные автомобили и автобусы используют пневматические приводы тормозных механизмов.

Постоянный процесс усложнения конструкции автомобиля не мог не отразиться и на тормозной системе. В настоящее время подавляющее большинство грузовых автотранспортных средств выпускается с пневмоприводами второго поколения. Это так называемые многоконтурные тормозные системы удовлетворяющие Правилам № 13 ЕЭК ООН, а также отечественным требованиям по безопасности дорожного движения. Необходимость выполнения многочисленных и жестких требований привела

к тому, что привод осложнился многочисленными аппаратами, магистралями и органами управления» [2].

У дизельных грузовых автомобилей КамАЗ, воздушная магистраль делится двойным и тройным защитными клапанами, на пять самостоятельных контуров.

Первый контур работает с тормозными камерами передних колес; второй контур работает с тормозными камерами заднего моста; третий контур работает с механизмами стояночной и запасной системы, для задействования тормозов прицепных конструкций; четвертый контур работает с вспомогательными механизмами: контроль подачи топлива, сигнал, работа дворников и т. д.; пятый контур работает с аварийным растормаживанием стояночного тормоза.

«При имеющихся положительных качествах многоконтурных тормозных приводов автомобилей семейства КамАЗ наиболее частыми неисправностями являются утечки воздуха из-за нарушения герметичности уплотнительных колец, манжет, поломки пневмоприводов, замерзание влаги в приводе при отрицательных температурах. Следует обратить внимание на неисправности стояночного тормозного контура, так как от его работы зависят технико-экономические показатели автомобиля и безопасность движения» [1].

Основным назначением дипломного проекта, является получение сбалансированной, надежной конструкции пружинного энергоаккумулятора, обеспечивающей длительный срок гарантированной безотказной работы тормозной системы и автомобиля в целом. Улучшая и расширяя функционал энергоаккумулятора, вносим существенные изменения в действующую конструкцию, добавлены дополнительные элементы, расширяющие функционал энергоаккумулятора.

## **1 Устройство тормозной системы автомобиля КАМАЗ**

«Автомобили КАМАЗ оборудованы современными тормозными приборами, которые управляют рабочим (с отдельным приводом), стояночным, вспомогательным и запасным тормозами; устройствами для аварийного растормаживания стояночного тормоза, а также выводами для питания других потребителей сжатым воздухом» [1].

«Рабочий, стояночный и запасной тормоза управляют тормозными механизмами, установленными на всех колесах автомобиля. В действие тормозные механизмы приводятся с помощью тормозных камер, расположенных на передней оси, и тормозных камер, расположенных на среднем и заднем мостах и выполненных как одно целое с пружинными энергоаккумуляторами. Во время движения автомобиля силовые пружины энергоаккумуляторов сжаты под действием давления воздуха; при падении давления воздуха в цилиндрах энергоаккумуляторов силовые пружины приводят в действие тормозные механизмы колес задней тележки.

Принцип действия вспомогательного тормоза основан на использовании компрессии двигателя путем создания противодействия с помощью дроссельных заслонок в системе выпуска газов. Применение вспомогательного тормоза значительно снижает нагрузку на тормозные механизмы автомобиля и увеличивает срок их службы.

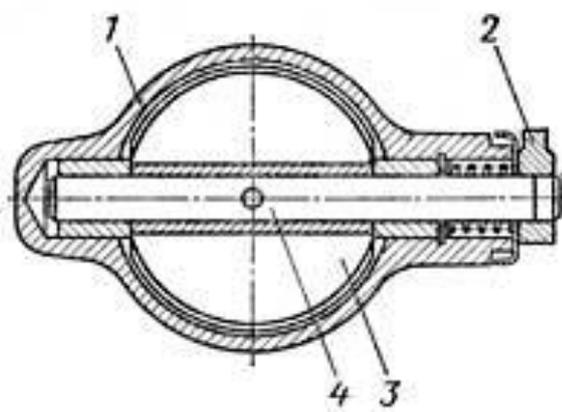
«При торможении автомобиля-тягача рабочим, стояночным, вспомогательным или запасным тормозами одновременно затормаживаются также прицеп или полуприцеп» [3].

### **1.1 Моторный вид вспомогательной тормозной системы**

«Механизмы вспомогательного тормоза (рисунок 1) установлены в приемных трубах глушителя. Каждый механизм состоит из сферического корпуса 1 и заслонки 3, закрепленной на валу 4. На валу заслонки закреплен

также поворотный рычаг 2, соединенный со штоком пневмоцилиндра. Рычаг 2 и связанная с ним заслонка 3 имеют два фиксированных положения.

При выключении вспомогательного тормоза заслонка 2 устанавливается вдоль потока отработавших газов, а при включении тормоза – поперек потока, препятствуя выходу их и тем самым обеспечивая возникновение противодавления в выпускных коллекторах. Одновременно прекращается подача топлива. Двигатель начинает работать в режиме торможения» [4].



1 – труба выпуска; 2 – тяга; 3 – спец. воздушная заслонка; 4 – ось

Рисунок 1 – Механизм моторного тормоза

## 1.2 Воздушный привод тормозного механизма

Схема воздушного привода, может отличаться наличием опций рисунок 2.

«Сжатый воздух из компрессора 10 через регулятор 12 давления, предохранитель от замерзания 14 поступает к блоку защитных клапанов. Он состоит из двойного 20 и тройного 19 клапанов, которые распределяют воздух по воздушным баллонам 16, 23, 24, 25 независимых пневмоконтуров:

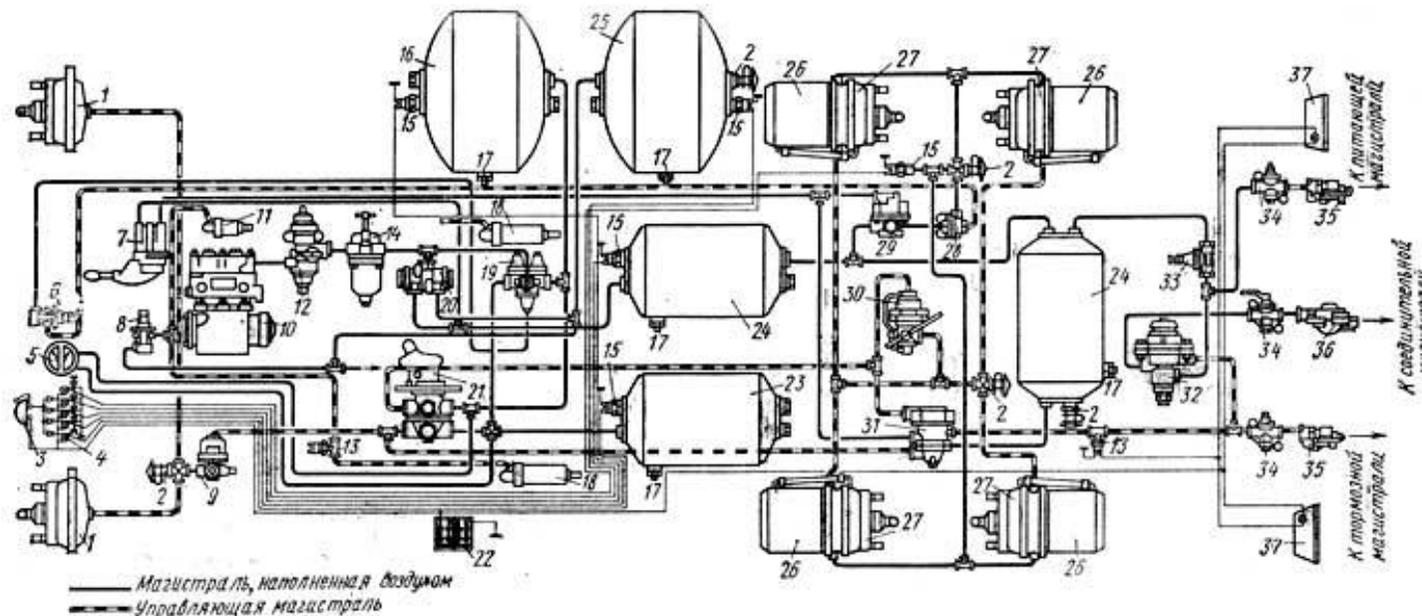
- привода тормозных механизмов колес передней оси;
- привода тормозных механизмов колес среднего и заднего мостов;

- привода механизмов стояночного и запасного тормозов, а также комбинированного привода тормозных механизмов колес прицепа или полуприцепа;
- привода механизма вспомогательного тормоза и питания прочих потребителей сжатого воздуха (стеклоочистителя, пневмосигнала и прочего);
- системы аварийного растормаживания стояночного тормоза.

Защитные клапаны 20 и 19 отрегулированы так, что сначала заполняются воздушные баллоны контура привода механизмов стояночного и запасного тормозов, а затем воздушные баллоны остальных контуров.

Все воздушные баллоны имеют краны 17 слива конденсата и пневмоэлектрические датчики 15, связанные с соответствующими сигнальными лампами на щитке приборов и звуковым сигналом, которые включаются при уменьшении давления сжатого воздуха в том или ином контуре ниже  $5 \text{ кгс/см}^2$ .

Давление в воздушных баллонах контуров привода рабочего тормоза контролируется двухстрелочным манометром 5, установленным на щитке приборов. Давление в остальных контурах тормозного привода контролируется с помощью переносных манометров, присоединяемых к клапанам контрольных выводов тормозной системы» [4].



- «1 – передняя тормозная камера; 2 – клапан контрольного привода; 3 – звуковой сигнал; 4 – контрольная лампа; 5 – двухстрелочный манометр; 6 – кран аварийного растормаживания стояночного тормоза; 7 – кран стояночного тормоза; 8 – кран вспомогательного тормоза; 9 – кран ограничения давления; 10 – компрессор; 11 – пневмоцилиндр привода рычага останова двигателя; 12 – регулятор давления; 13 – пневмоэлектрический датчик включения электромагнита пневмоклапана прицепа; 14 – предохранитель от замерзания; 15 – пневмоэлектрический датчик падения давления в контуре; 16 – воздушный баллон контура рабочего тормоза колес задней тележки и контура аварийного растормаживания; 17 – кран слива конденсата; 18 – пневмоцилиндр привода механизмов вспомогательного тормоза; 19 – тройной защитный клапан; 20 – двойной защитный клапан; 21 – двухсекционный тормозной клапан; 22 – аккумуляторные батареи; 23 – воздушный баллон контура рабочего тормоза колес передней оси и контура аварийного растормаживания; 24 – воздушные баллоны контура стояночного тормоза и контура тормозов прицепов; 25 – воздушный баллон контура вспомогательного тормоза; 26 – пружинный энергоаккумулятор; 27 – задняя тормозная камера; 28 – перепусковой клапан; 29 – ускорительный клапан; 30 – автоматический регулятор тормозных сил; 31 и 32 – клапаны управления тормозами прицепа соответственно с двухпроводным и однопроводным приводами; 33 – одинарный защитный клапан; 34 – разобщительный кран; 35 – соединительная головка типа «Палм»; 36 – соединительная головка типа А; 37 – задние фонари» [4].

Рисунок 2 – Схема воздушного привода тормоза

### **1.3 Рабочий тормоз переднего моста**

«При заполнении тормозной системы воздух из баллонов 16 и 23 емкостью 40 и 20 л поступает в соответствующие секции тормозного крана 21. При нажатии на педаль воздух из нижней секции через клапан 9 ограничения давления поступает в тормозные камеры 1, которые приводят в действие тормозные механизмы колес передней оси. Из верхней секции крана через регулятор 30 тормозных сил воздух подается в тормозные камеры 27, которые приводят в действие тормозные механизмы колес среднего и заднего мостов. Одновременно от обоих контуров рабочего тормоза по отдельным магистралям воздух поступает к клапану 31 управления тормозами прицепа с двухпроводным приводом» [4].

### **1.4 Стояночный тормоз**

Шофер решивший поставить свой автомобиль на стояночный тормоз, должен выпустить воздух из энергоаккумулятора, сравнив давление с атмосферным, стравив избыточное, открыв специальный кран, предварительно отключив питание электромагнита. Силовая пружина распрямляется, толкая цилиндр с толкателем, воздействуя на мембрану, выталкивая шток, поворачивающий разжимной кулак блокирующий вращение колес тормозными колодками.

Для выезда с парковки исправного автомобиля, шофер должен закрыть кран выхода воздуха из энергоаккумулятора, включить электромагнит, который воздействуя магнитным полем на поршень с толкателем, зарядит кинетической энергией силовую пружину. Вошедший в полость корпуса шток, вернул рычаг с разжимным кулаком, ослабив действие на тормозные колодки, позволяя колесам свободно вращаться. Вторым вариантом: закрыв кран выхода воздуха из энергоаккумулятора, завести двигатель, компрессор подаст сжатый воздух в полость А, созданное давление, воздействуя на

поршень с толкателем, зарядит кинетической энергией силовую пружину. Вошедший в полость корпуса шток, вернул рычаг с разжимным кулаком, ослабив действие на тормозные колодки, позволяя колесам свободно вращаться.

В аварийной ситуации, поломки ресивера, отсутствие давления в одном из основных автономных контуров, для разблокирования колесных тормозов автомобиля, водителю рекомендовано переключить тройной защитный клапан, он автоматически отключает неисправный, один из двух, воздушный контур, в замен подключая дополнительный, аварийного растормаживания.

Предусмотрен еще один способ растормаживания, механический с помощью специального винта, выворачивая который, передавая тяговое усилие упорному подшипнику и поршню, зарядит кинетической энергией силовую пружину. Вошедший в полость корпуса шток, вернул рычаг с разжимным кулаком, ослабив действие на тормозные колодки, позволяя колесам свободно вращаться.

### **1.5 Моторная тормозная система**

«При нажатии на кран 8 включения вспомогательного тормоза сжатый воздух из баллона 25 поступает в пневмоцилиндры 11 и 18. Шток цилиндра 11, связанный с рычагом рейки топливного насоса, переместится, и подача топлива прекратится. Штоки цилиндров 18, связанные с рычагами заслонок вспомогательного тормоза, повернут заслонки, и они перекроют приемные трубы глушителя.

Контакты пневмоэлектрического датчика 13, установленного в магистрали перед цилиндром 18, замкнутся, и включится электромагнитный клапан прицепа, который частично пропустит сжатый воздух из воздушного баллона прицепа в его тормозные камеры. Таким образом, осуществляется притормаживание прицепа, что предотвращает «складывание» автопоезда» [5].

## **1.6 Ручник запасной тормозной системы**

«Тормозной кран 7 стояночного тормоза имеет следящее устройство, которое позволяет притормаживать автомобиль с интенсивностью, зависящей от положения рукоятки тормозного крана.

При повороте крана из управляющей магистрали ускорительного клапана 29 выпускается воздух, количество которого пропорционально углу поворота рукоятки. При этом через атмосферный вывод ускорительного клапана выходит соответствующее количество воздуха из цилиндров пружинных энергоаккумуляторов. Одновременно с торможением автомобиля притормаживается прицеп или полуприцеп» [5].

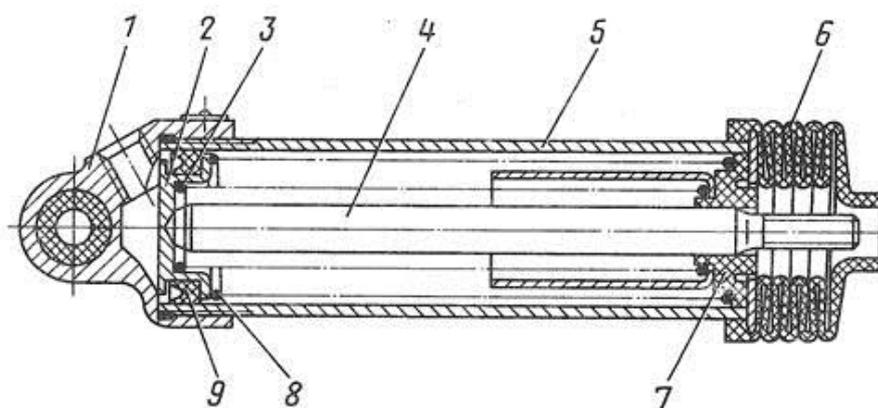
## **1.7 Пневмоцилиндры**

«Пневмоцилиндры приводят в действие механизмы вспомогательного тормоза. Используются пневмоцилиндры двух типов:

- 35×65 – управляет заслонкой вспомогательного тормозного механизма (рисунок 3);
- 30×20 – отключает подачу топлива (рисунок 4).

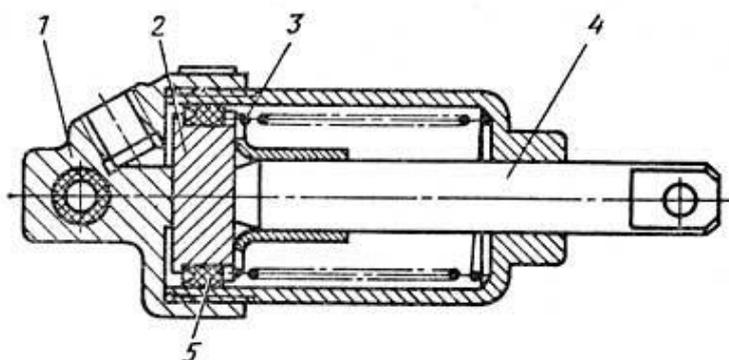
Цилиндры закреплены с помощью пальцев. Работают эти цилиндры идентично:

- при подаче сжатого воздуха поршень перемещается и выдвигает шток, связанный с исполнительным органом;
- в исходное положение поршень возвращается под действием возвратной пружины» [15].



1 – крышка цилиндра; 2 – поршень; 3, 8 – возвратные пружины; 4 – шток; 5 – корпус;  
6 – защитный чехол; 7 – уплотнитель; 9 – манжета

Рисунок 3 – Пневмоцилиндр привода рычага останова двигателя



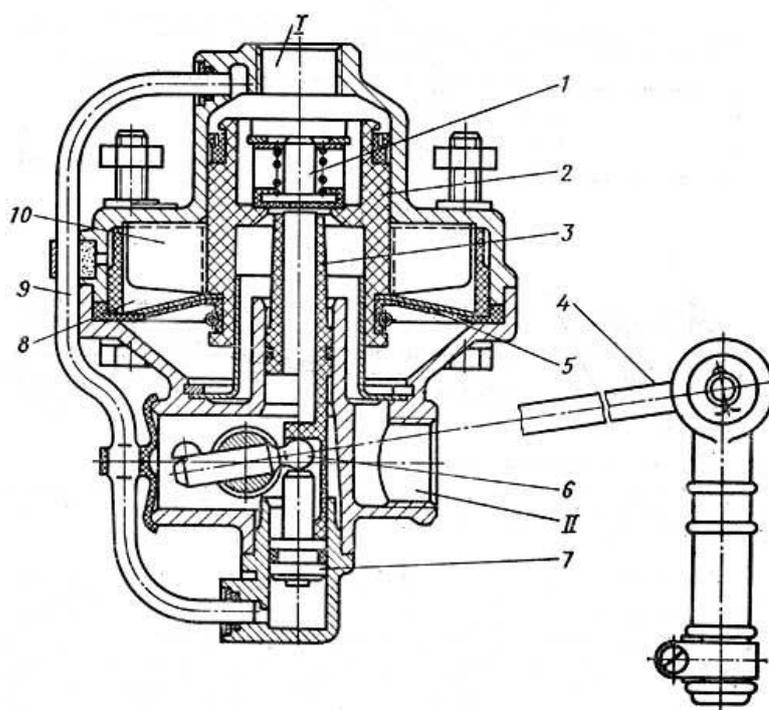
1 – корпус цилиндра; 2 – поршень; 3 – возвратная пружина; 4 – шток; 5 – манжета

Рисунок 4 – Пневмоцилиндр привода рычага останова двигателя

### 1.8 Приборы пневмопривода

«Автоматический регулятор тормозных сил (рисунок 5) изменяет давление воздуха в тормозных камерах среднего и заднего мостов в зависимости от нагрузки автомобиля. Он установлен на раме автомобиля (рисунок 6). Его рычаг 4 соединен с упругим элементом, который размещен на штанге, прикрепленной к балкам мостов. Упругий элемент (рисунок 7) защищает регулятор от повреждений при вертикальных перемещениях мостов задней тележки, а также поглощает толчки и уменьшает вибрацию, когда они превышают допустимые пределы.

Если автомобиль не загружен, то расстояние между мостами и регулятором тормозных сил наибольшее и рычаг 4 находится в нижнем положении. При нагрузке автомобиля это расстояние уменьшается, и рычаг 4 поворачивается из положения «Порожний» в положение «Груженный». Шаровая цапфа 6 служит опорой для толкателя 3, который удерживает клапан I в открытом положении до тех пор, пока не будет достигнуто давление в тормозных камерах колес задней тележки, соответствующее положению рычага 4» [5].

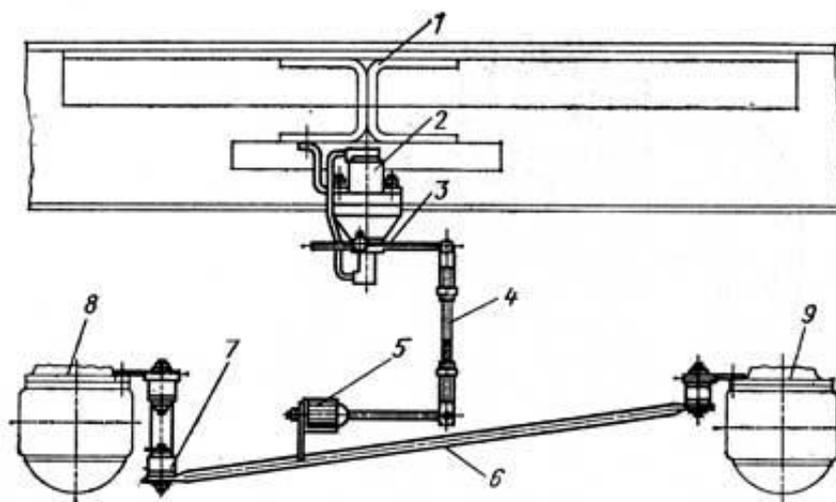


I – вывод к тормозному крану; II – вывод к тормозным камерам задних колес;  
 1 – клапан; 2 – ступенчатый поршень; 3 – толкатель; 4 – рычаг; 5 – диафрагма; 6 – шаровая цапфа; 7 – поршень; 8 – ребристый конус корпуса; 9 – соединительная трубка;  
 10 – ребристый конус поршня

Рисунок 5 – Автоматический регулятор тормозных сил

«Сжатый воздух из первой секции тормозного крана поступает в корпус регулятора через вывод I и отжимает вниз поршень 2. При этом толкатель 3 отжимается клапаном I вниз до посадки его на шаровую цапфу 6, а при дальнейшем перемещении поршня 2 толкатель открывает клапан 1. Через вывод II воздух поступает в тормозные камеры, а также в полость под

диафрагму 5. Через соединительную трубку 9 из вывода I воздух одновременно поступает под поршень 7, который; обеспечивает постоянный и мягкий контакт цапфы с толкателем 3. Положение толкателя зависит от положения рычага регулятора» [5].

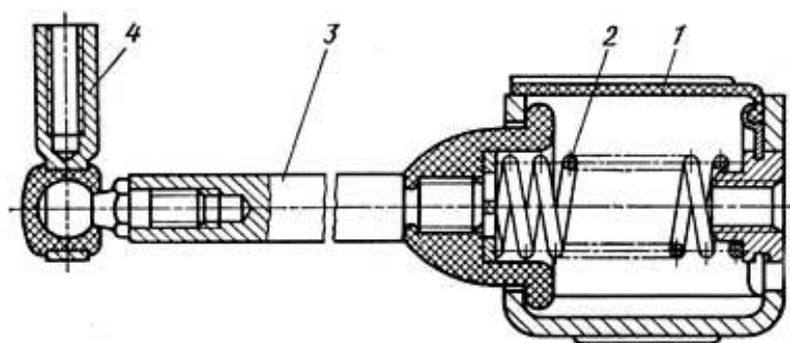


1 – лонжерон; 2 – регулятор тормозных сил; 3 – рычаг регулятора; 4 – тяга; 5 – упругий элемент; 6 – штанга; 7 – компенсатор; 8 – средний мост; 9 – задний мост

Рисунок 6 – Установка регулятора тормозных сил

«При дальнейшем движении поршня 2 вниз диафрагма 5 накладывается на ребристый конус 10 поршня 2. Эффективная площадь диафрагмы непрерывно увеличивается до тех пор, пока не превысит площадь верхней части поршня. После этого поршень 2 приподнимется и клапан I закрывается. Давление в тормозных камерах полностью нагруженного автомобиля становится равным давлению в секции тормозного крана. Если автомобиль нагружен не полностью или совсем не нагружен, то давление в тормозных камерах будет меньше давления в секции тормозного крана.

При растормаживании давление в выводе I уменьшается, ступенчатый поршень 2 перемещается вверх и закрывает впускное отверстие клапана 1. При дальнейшем движении поршня 2 клапан 1 отходит от седла толкателя 3, и сжатый воздух из тормозных камер через вывод II и полый толкатель 3 выходит в атмосферный вывод, отгибая края резинового клапана» [5].

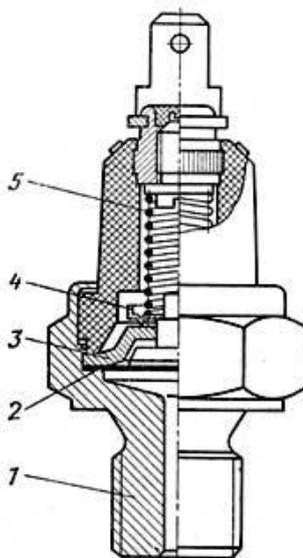


1 – корпус; 2 – пружина; 3 – штанга; 4 – соединительная муфта

Рисунок 7 – Упругий элемент

Контроль за давлением, в воздушных баллонах, осуществляет датчик контроля давления, рисунок 8.

«Датчик представляет собой пневматический выключатель, замыкающий цепи электрических ламп и звукового сигнала аварийной сигнализации при падении давления в воздушных баллонах (контрольная лампа загорается также под включении стояночного тормоза). Датчики установлены в воздушных баллонах контуров привода тормозов и в контуре привода стояночного тормоза» [5].

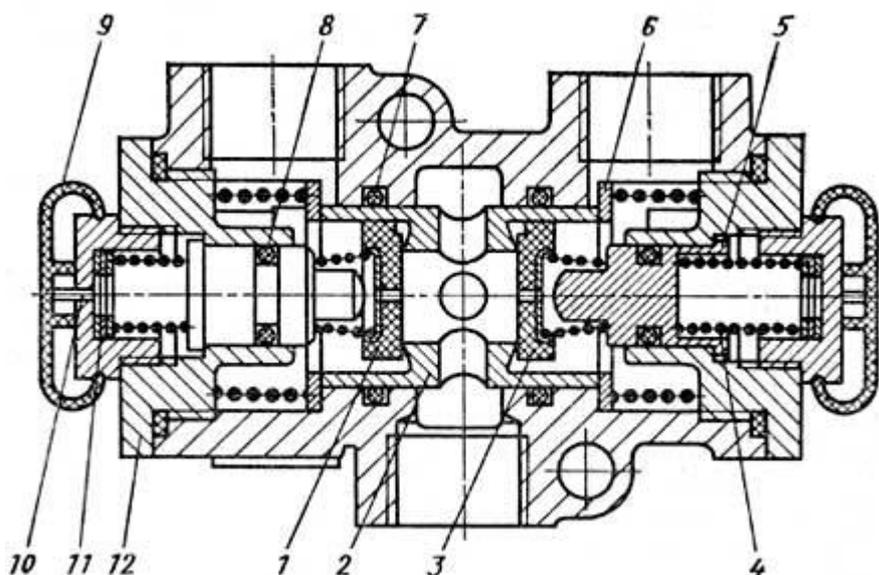


1 – корпус; 2 – диафрагма; 3 – контакт; 4 – замыкатель контактов; 5 – пружина

Рисунок 8 – Датчик контроля давления

«Контакты датчика размыкающие. При подаче сжатого воздуха под давлением от 4,8 до 5,2 кгс/см<sup>2</sup> диафрагма прогибается и размыкает контакты электрической цепи датчика. При уменьшении давления контакты датчиков замыкаются.

Двойной защитный клапан (рисунок 9) направляет подводимый поток сжатого воздуха по двум контурам и сохраняет давление в исправном контуре неизменным при повреждении другого» [5].



1 и 3 – плоские клапаны; 2 и 5 – поршни; 4 – пружина; 6 – упорное кольцо; 7 и 8 – уплотнительные кольца; 9 – защитный чехол; 10 – пробка с дренажным отверстием; 11 – регулировочная шайба; 12 – крышка

Рисунок 9 – Двойной защитный клапан

«Сжатый воздух от компрессора через регулятор давления и предохранитель от замерзания поступает в корпус клапана, отжимает плоские клапаны 1 и 3 и направляется по двум выводам в соответствующие воздушные баллоны двух контуров. Если давление в баллонах соответствует давлению, при котором регулятор отключает пневмосистему от компрессора, клапаны 1 и 3 закрываются.

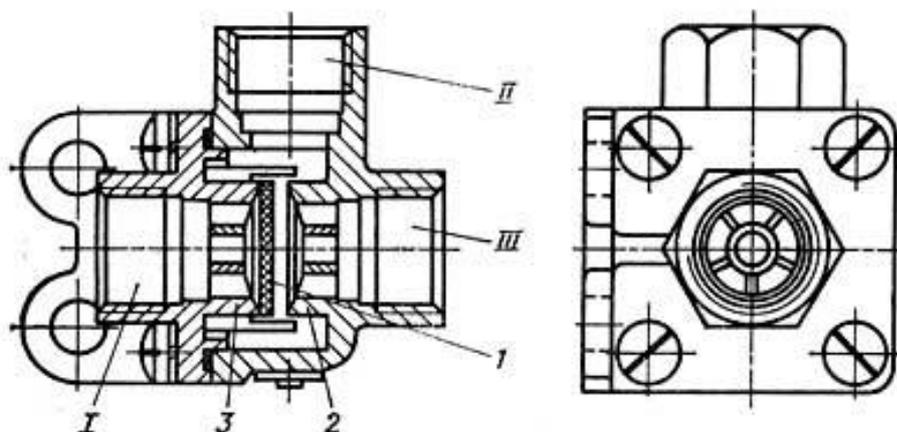
При утечке воздуха (например, из правого вывода) поршень 2 с плоским клапаном 3 под действием давления в левом выводе прижимается к

поршню 5. Ход поршня 2 ограничивается упором крышки 12. Плоский клапан 3 остается прижатым пружиной 4, вставленной в поршень 5, до тех пор, пока давление имеет определенную величину. И как только давление в крестообразном отверстии поршня 2 будет больше усилия, развиваемого пружиной 4, плоский клапан 3 отходит от поршня 2, и избыточный воздух проходит в негерметичный контур.

В случае повышенного расхода воздуха в одном из контуров действие клапана аналогично описанному выше.

Двойной защитный клапан при повреждении одного из контуров поддерживает давление сжатого воздуха в другом контуре в пределах от 5,2 до 5,4 кгс/см<sup>2</sup>» [5].

Для управления энергоаккумулятором одного из двух автономных контура, двух магистральный, перепускной клапан, рисунок 10.



I – магистраль ускорительного клапана; II – цилиндры энергоаккумулятора;  
III – магистраль аварийного растормаживания; 1 – мембрана, 2 и 3 – седла

Рисунок 10 – Двух магистральный перепускной клапан

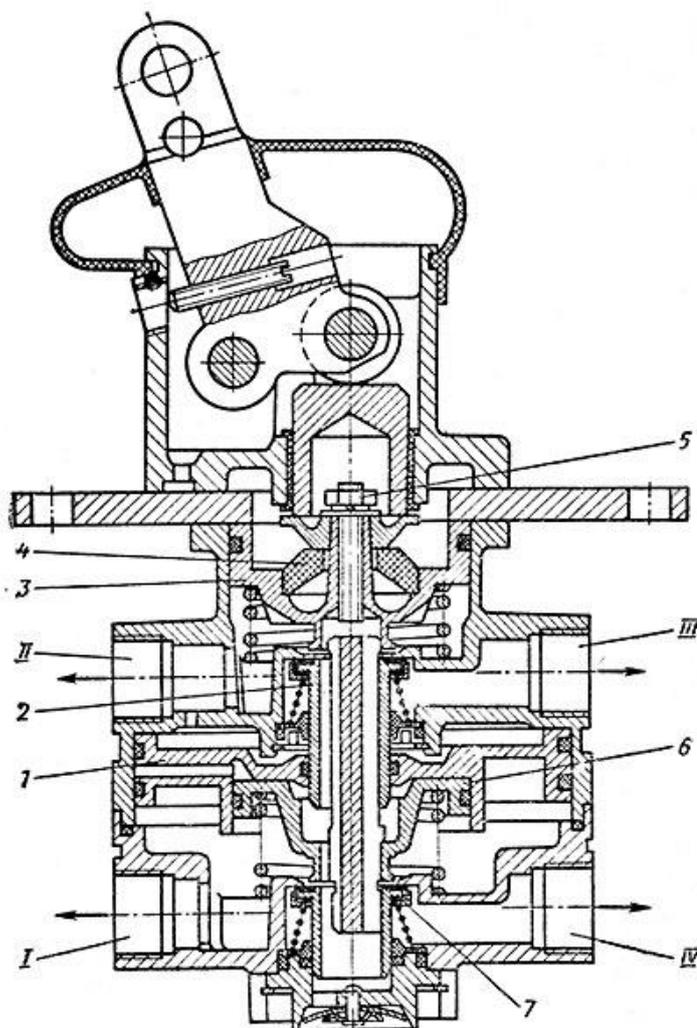
«Вывод I клапана соединяется с магистралью ускорительного клапана, вывод II – с магистралью пружинных энергоаккумуляторов, а вывод III – с магистралью крана аварийного растормаживания.

Когда автомобиль растормаживается с помощью ручного тормозного крана, сжатый воздух передвигает мембрану 1. Она прижимается к седлу 2, и

сжатый воздух через вывод II поступает в цилиндры энергоаккумуляторов. При растормаживании автомобиля с помощью крана аварийного растормаживания сжатый воздух подводится к выводу III, и мембрана 1 прижимается к седлу 3» [5].

Двухсекционный тормозной кран представлен на рисунке 11.

«Тормозной кран имеет две независимые расположенные последовательно (тандемом) секции. Выводы крана соединены с воздушными баллонами отдельного привода рабочего тормоза» [5].



I-II – выходы к тормозным камерам соответственно передних и задних колес;  
III и IV – выходы к воздушным баллонам; 1 – ускорительный поршень; 2 и 7 – клапаны;  
3 и 6 – ступенчатые поршни; 4 – упругий элемент; 5 – упорный болт

Рисунок 11 – Двухсекционный тормозной кран

«Повернув рычаг тормозного крана, пересилив препятствующее действие резинового упругого элемента, опускаем ступенчатый поршень, первая ступень поршня, закрывает выпускной клапан, продолжая опускаться, вторая ступень поршня, открывает клапан, отрывая его от седла и освобождает проход сжатого воздуха через второй вывод к тормозным камерам задних колес, до наступления равновесия между силой нажатия ноги на рычаг и давлением сжатого воздуха на ускорительный поршень.

Во второй секции, наполняемой воздухом, поступающим по каналу второго вывода, созданное давление действующее сверху на ускорительный поршень, достаточное для его опускания, тянет ступенчатый поршень, первая ступень поршня, закрывает выпускной клапан, продолжая опускаться, вторая ступень поршня, открывает клапан, отрывая его от седла и освобождает проход сжатого воздуха через второй вывод к тормозным камерам передних колес, до наступления стабилизации сил нажатия ноги на рычаг и давлением воздуха на ускорительный поршень.

В аварийной ситуации, разгерметизации контура, в условии падения давления в выводе II второй секции, сохраняется возможность сохранения функциональности в ручном режиме, создавая физическое усилие на рычаг тормозного крана, на шляпку болта 5 и на шток ступенчатого поршня 6.

В аварийной ситуации, разгерметизации другого контура, в условии падения давления в выводе 1 второй секции, первая секция работает аналогично случаю описанному выше.

Для растормаживания, отпускаем тормозную педаль, упругий элемент возвращает рычаг тормозного крана в состоянии нейтрал; ступенчатый поршень, закрывает клапан подачи воздуха 2 и садится в седло посадочного места.

Падение давления в выводе II, способствует перемещению ускорительного и ступенчатого поршней вверх, оставшееся давление воздуха из тормозной камеры передних колес стравливается в окружающую среду через выпускной клапан 7.

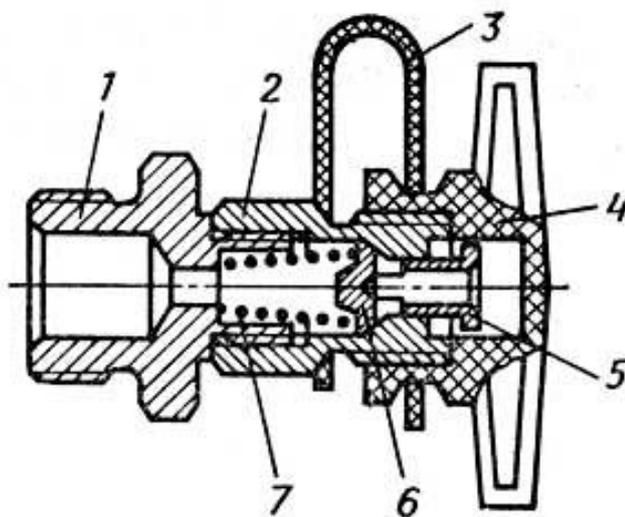
Тормозным краном, следящим устройством, управляет ножная тормозная педаль, передача положения тормозной педали осуществляется тягами и промежуточным рычагом. Найдено эффективное решение по месту установки промежуточного рычага под полом кабины, центр отверстия, к которому присоединена тяга, от рычага маятникового типа, совпадает с балансирной осью опрокидывания кабины, отсутствует зависимость положения элементов привода от положения кабины» [1].

Кинетическое расположение рычага маятникового типа, на лонжероне с водительской стороны, образуя тягами единый механизм с рычагом тормозного крана и тормозной педалью.

Строение клапана контрольного вывода, рисунок 12.

«Для проверки давления в критичных точках воздушного контура, для отбора сжатого воздуха необходимо отвернуть пластмассовый колпачок 4 клапана и навернуть на клапан наконечник шланга, присоединенного к контрольному манометру или потребителю. При этом конический клапан 6, прижимаемый пружиной 7 к седлу, под действием толкателя 5 откроется, и воздух пойдет в шланг.

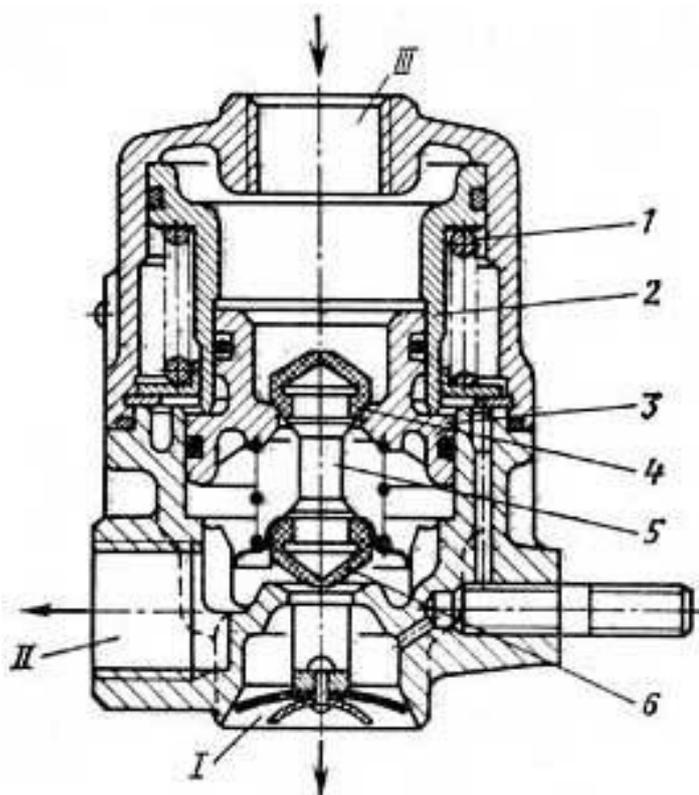
Колпачок 4 соединен с корпусом клапана пластмассовой петлей 3» [6].



1 – штуцер; 2 – корпус; 3 – петля; 4 – колпачок; 5 – толкатель; 6 – клапан; 7 – пружина

Рисунок 12 – Клапан контрольного вывода

Для комфортного замедления движения автомобиля, торможением с малой интенсивностью, давление в системе должно быть понижено, для этого, в магистраль встраивают устройство, с возможностью регулировки давления в ограниченном интервале.



«I – атмосферный вывод; II – вывод к тормозным камерам передних колес; III – вывод к тормозному крану; 1 – пружина; 2 – выравнивающий поршень; 3 – ступенчатый поршень; 4 – впускной клапан; 5 – соединитель клапанов; 6 – выпускной клапан» [10].

Рисунок 13 – Клапан ограничения давления

«Вывод III клапана соединен со второй секцией тормозного крана, вывод II – с тормозными камерами передних колес. При торможении сжатый воздух из тормозного крана через вывод III поступает в клапан, воздействует на верхний торец поршня 3 и перемещает его вместе с двойным клапаном вниз. Выпускной клапан 6 закрывается, а при дальнейшем продвижении поршня 3 открывается впускной клапан 4. При этом сжатый, воздух поступает к выводу II и далее к тормозным камерам передней оси. Одновременно, сжатый, воздух воздействует на нижний торец поршня 3.

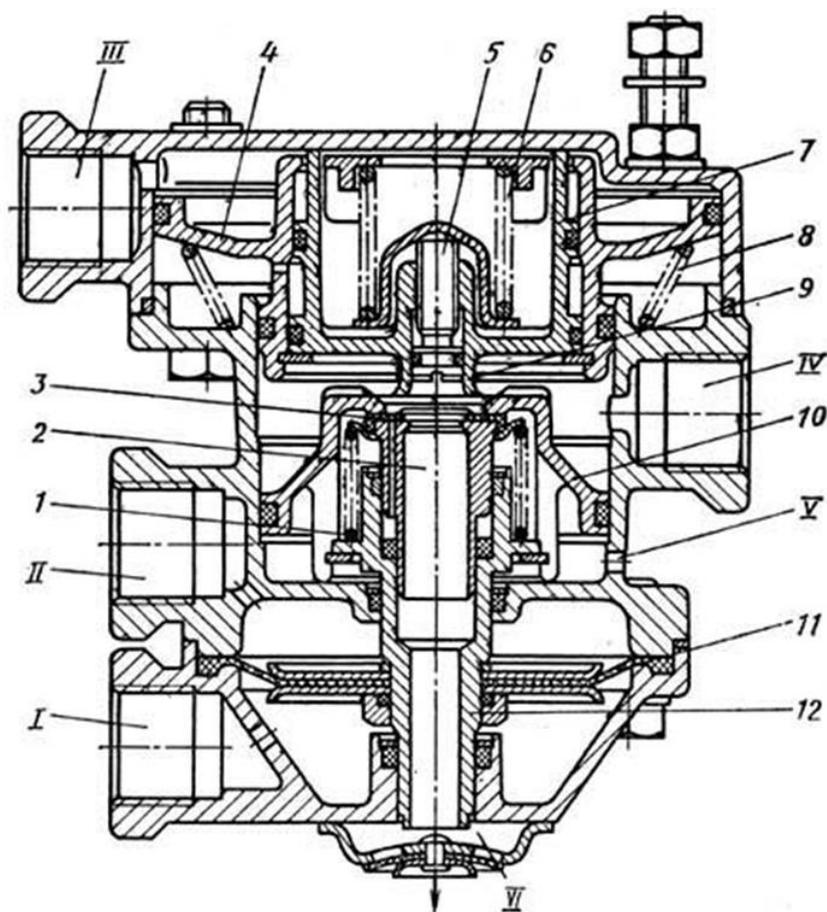
(площадь которого больше, чем у верхнего торца) и перемещает поршень вверх. Таким образом, в выводе II устанавливается давление, соответствующее соотношению площадей торцов поршня 3, то есть 1,75:1. Это соотношение сохраняется при увеличении давления в выводе III до 3,5 кгс/см<sup>2</sup>.

Если давление в выводе III становится больше 3,5 кгс/см<sup>2</sup>, то сила, действующая на верхний торец поршня 3, за счет дополнительного воздействия поршня 2 возрастает. При дальнейшем повышении его разность давлений в выводах III и II становится все меньше и, когда оно станет 6 кгс/см<sup>2</sup>, уменьшается до нуля.

С уменьшением давления в выводе III поршни 2 и 3 вместе с двойным клапаном переместятся вверх, клапан 4 закроется, откроется выпускной клапан 6, и сжатый воздух из тормозных камер выйдет в атмосферу через вывод I с резиновым грязезащитным уплотнителем. При этом ограничительный клапан будет клапаном быстрого растормаживания» [27].

Клапан управления тормозами прицепа контролирует работу двух магистралей, питающую и управляющую, изображен на рисунке 14.

«К выводам II и V подводится сжатый воздух. Сжатый воздух, действуя на диафрагму 11 сверху и на поршень 10 снизу, устанавливает шток 12 в нижнее положение. Имеющийся в верхней части корпуса двухсекционный поршень 4 под действием пружины 8 находится в верхнем положении. Вместе с ним занимает верхнее положение поршень 7 с выпускным клапаном 9. Впускной клапан 3 под действием пружины 1 закрыт, а выпускной клапан 9 открыт, вывод IV через разгрузочный клапан 2 и вывод VI соединен с атмосферой» [13].



«I – вывод к секции тормозного крана; II – вывод к крану управления стояночным тормозом; III – вывод к секции тормозного крана; IV – вывод в тормозную магистраль прицепа; V – вывод к воздушному баллону; VI – вывод в атмосферу; 1 и 8 – пружины; 2 – разгрузочный клапан; 3 – впускной клапан; 4 – двухсекционный поршень; 5 – регулировочный винт; 6 – уравнивающая пружина; 7 – следящий поршень; 9 – выпускной клапан; 10 – поршень; 11 – диафрагма; 12 – шток» [6].

Рисунок 14 – Клапан управления тормозами прицепа двух магистральный

«Замедление движения прицепа, при создании давления воздуха контура IV, который заполняется от любого из контуров I или III или от обоих одновременно; Торможение прицепа, происходит одновременно с торможением автомобиля стояночным тормозом, создавая потерю давления в контуре II.

Вследствие следящего компенсирующего действия, отношение усилия пружины 6 и давление поршня 7 равно, отношению давления в выводе IV, к давлению в выводе III с коэффициентом равным силе сжатой пружины. Чем

сильнее деформирована пружина, тем выше давление в выводе IV, в сравнении с выводом III.

Плотное прилегание клапанов 3 и 9 обеспечивается не только притертой посадкой седел и сжимающего действия пружины 1, с одной стороны, но и давлением воздуха, поступающего под опорную площадку с другой.

Растормаживая, тормозной кран стравливает сжатый воздух в атмосферу. Двухсекционный поршень и следящий, под двойным действием, пружины 8 и давления воздуха в выводе тормозной магистрали IV, поднимаясь, закрывают впускной клапан 3, одновременно открывая выпускной 9, соединяя выходы тормозной магистрали IV и VI атмосферной полостью разгрузочного клапана 2.

Наполняя воздухом тормозные камеры передних колес, диафрагма 11 со штоком 12, поднимаясь, закрывают выход воздуха выпускным клапаном 9, открывая впускной клапан 3, наполняя воздухом из баллона, вывод на тормозную магистраль прицепа. Следящее действие компенсирующее, снизу усиливает сжатого воздуха на диафрагму 11 и сверху на поршень 10.

Растормаживая, тормозной кран стравливает сжатый воздух в атмосферу. Давление под диафрагмой 11 падает, и шток 12 вместе с поршнем 10, двигаясь вниз, перекрывают впускной клапан 3, одновременно открывая выпускной 9, сжатый воздух из магистрали прицепа стравливается в атмосферу через вывод IV и полости в клапане 2 и штоке 12.

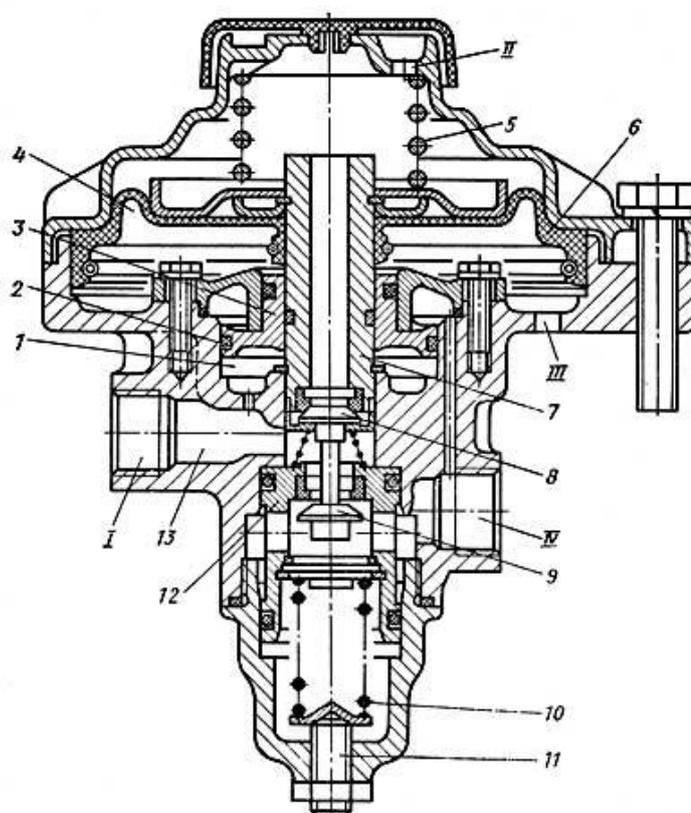
Наполняя воздухом тормозные камеры передних колес из вывода к воздушным баллонам, двухсекционный поршень 4 и следящий 7 опускаются, а шток 12 и поршень 10 поднимаются, действия торможение и растормаживание, происходят аналогично, описанным действиям выше.

Торможение прицепа, происходит одновременно с замедлением движения автомобиля стояночным тормозом, понижая давление во втором выводе к крану ручника и над диафрагмой 11. Давление воздуха из баллона

на пятом выводе, поднимает поршень 10 и шток 12, открывая впускной клапан 3, наполняя тормозную магистраль прицепа.

Следящее действие, уравнивающее усилия сжатого воздуха и пружины, диафрагмы 11 и поршня 10, соответственно.

Клапан управления тормозами прицепа с однопроводным приводом представлен на рисунке 15.



I – вывод в соединительную магистраль; II – вывод в атмосферу; III – вывод к клапану управления тормозами прицепа с двухпроводным приводом; IV – вывод к воздушному баллону; 1 – следящая камера; 2 – уплотнительное кольцо; 3 – ступенчатый поршень; 4 – рабочая камера; 5 – силовая пружина; 6 – диафрагма; 7 – шток; 8 – выпускной клапан; 9 – впускной клапан; 10 – пружина; 11 – винт; 12 – нижний поршень; 13 – соединительная камера

Рисунок 15 – Клапан управления тормозами прицепа с однопроводным приводом

«Сжатый воздух из воздушного баллона стояночного тормоза подается к выводу IV. В отторможенном состоянии пружина 5 удерживает диафрагму 6 вместе со штоком 7 в нижнем положении. При этом выпускной клапан 8

закрыт, а впускной клапан 9 открыт, и воздух проходит к выводу I, соединенному с магистралью управления тормозами прицепа. Когда давление в магистрали прицепа, а следовательно, и в камере 13 достигает определенной величины, нижний поршень 12 опускается и закрывает впускной клапан 9.

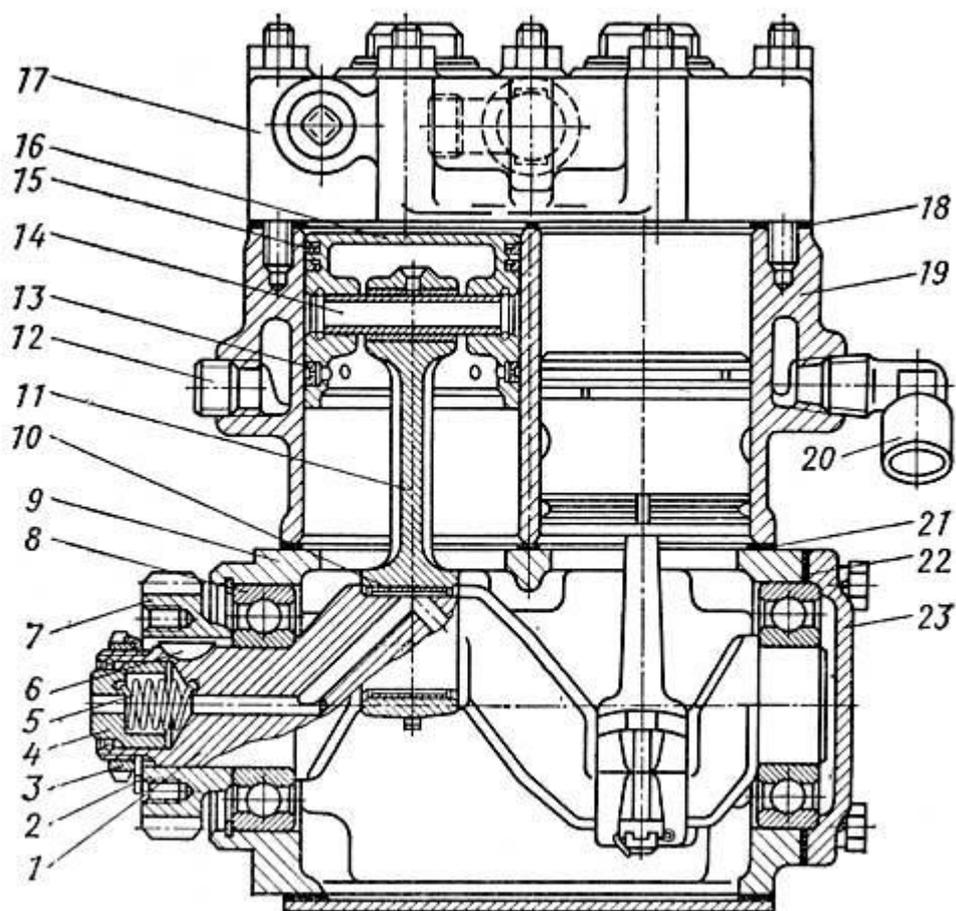
Давление в магистрали регулируют винтом 11, изменяющим предварительное усилие пружины 10.

При торможении сжатый воздух поступает к выводу III клапана, заполняя камеру 4, поднимает диафрагму со штоком 7 и открывает выпускной клапан 8. Воздух из магистрали управления тормозами прицепа через полый шток и вывод II выходит в атмосферу.

Следящее действие осуществляется ступенчатым поршнем 3, который при падении давления в выводе I и в камере 1 опускается и перемещает вниз шток 7, закрывая выпускной клапан 8. При дальнейшем повышении давления в выводе III сжатый воздух из соединительной магистрали выпускается полностью, и прицеп затормаживается» [6].

Поршневой компрессор одноступенчатого сжатия автомобиля КАМАЗ, изображен на рисунке 16.

«Компрессор поршневого типа непрямоточный, двухцилиндровый, одноступенчатого сжатия. Компрессор установлен на переднем торце задней крышки блока. Привод компрессора шестеренчатый, от блока распределительных шестерен. Поршни алюминиевые, с плавающими пальцами. От осевого перемещения пальцы в бобышках поршня фиксируются стопорными кольцами. Воздух из впускного коллектора двигателя поступает в цилиндры компрессора через пластинчатые впускные клапаны. Сжатый поршнями воздух вытесняется в пневмосистему через расположенные в головке цилиндров пластинчатые нагнетательные клапаны» [22].



«1 – коленчатый вал; 2 – замочная шайба; 3 – гайка крепления шестерни; 4 – уплотнитель; 5 – пружина уплотнителя; 6 – сегментная шпанка; 7 – шестерня привода; 8 – шарикоподшипник; 9 – картер; 10 – вкладыш; 11 – шатун; 12 – пробка; 13 – маслосъемное кольцо; 14 – поршневой палец; 15 – компрессионное кольцо; 16 – поршень; 17 – головка цилиндров; 18 – прокладка головки; 19 – блок цилиндров; 20 – штуцер; 21 – прокладка картера; 22 – регулировочные прокладки; 23 – крышка» [6].

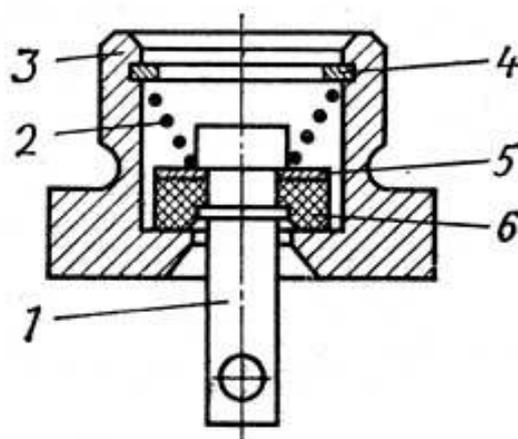
Рисунок 16 – Компрессор КамАЗ

«Блок и головка охлаждаются жидкостью, подводимой из системы охлаждения двигателя. Масло к трущимся поверхностям компрессора подается из масляной магистрали двигателя к заднему торцу коленчатого вала компрессора и далее через уплотнитель по каналам коленчатого вала к шатунным подшипникам. Коренные шарикоподшипники, поршневые пальцы и стенки цилиндров смазываются разбрызгиванием.

При достижении в пневмосистеме давления от 7,0 до 7,5 кгс/см<sup>2</sup> регулятор давления сообщает нагнетательную магистраль с атмосферой, прекращая тем самым подачу воздуха в пневмосистему.

Когда давление воздуха в пневмосистеме снизится до  $6,5 \text{ кгс/см}^2$ , регулятор перекрывает выход воздуха в атмосферу, и компрессор снова начинает нагнетать воздух в пневмосистему.

Кран слива конденсата показан на рисунке 17. Кран под действием пружины 2 и давления воздуха в воздушном баллоне постоянно закрыт. При утапливании или отключении штока 1 в боковом направлении открывается клапан 6, и сжатый воздух и конденсат выпускаются из воздушного баллона. При отпускании штока 1 клапан закрывается. Запрещается тянуть шток 1 вниз, так как это может привести к разрушению клапана крана» [6].



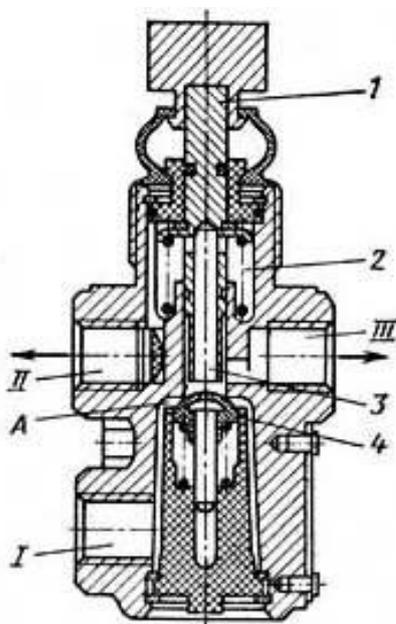
1 – шток; 2 – пружина; 3 – корпус; 4 – опорное кольцо; 5 – шайба; 6 – клапан

Рисунок 17 – Кран слива конденсата

Кран управления вспомогательным тормозом представлен на рисунке 18.

«Сжатый воздух через вывод I поступает в полость А под впускным клапаном 4. При нажатии на кнопку толкателя I впускной клапан 4 открывается, а канал 3 в толкателе закрывается, и воздух через выход III поступает в рабочий цилиндр. При отпускании кнопки под действием пружины 2 толкатель 1 возвращается в верхнее положение, а впускной клапан 4 закрывается. Из рабочего цилиндра воздух начинает выходить в атмосферу через отверстия в толкателе 1 и вывод II» [6].

Устройства кранов аварийного растормаживания и управления вспомогательным тормозом, похожи.



A – полость; I – вывод к воздушному баллону; II – атмосферный вывод; III – вывод к пневмоцилиндрам; 1 – толкатель; 2 – пружина толкателя; 3 – выпускной канал; 4 – впускной клапан

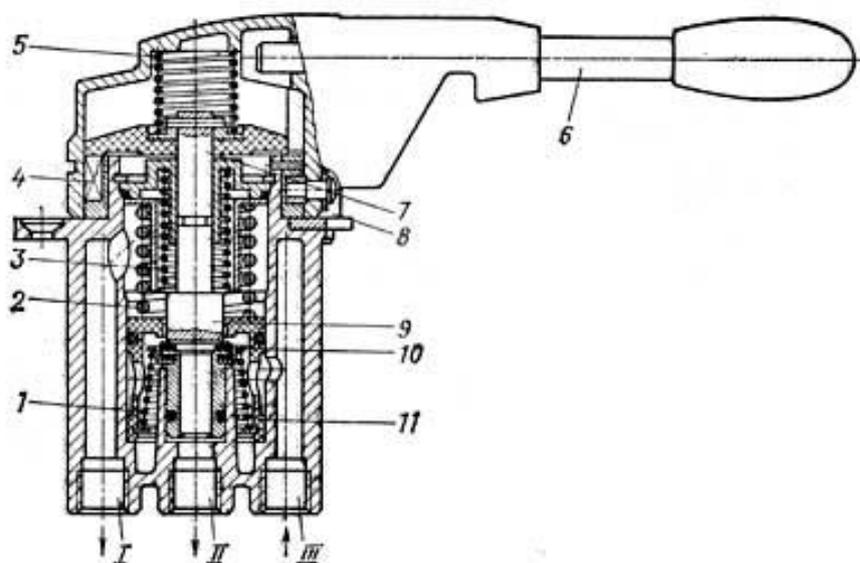
Рисунок 18 – Кран управления тормозом

Кран управления стояночным тормозом показан на рисунке 19.

«Сжатый воздух из системы подводится к выводу III крана. И вследствие того, что под действием пружин 3 и 5 шток 7 удерживается в нижнем положении, а седло 9 прижато к выпускному клапану 10 он через отверстие седла, выполненное в поршне проходит к выводу I и далее в управляющую магистраль ускорительного клапана.

При поворачивании рукоятки 6 кулачки 4 поднимают шток 7. Клапан 10 под действием дружины I также поднимается, отверстие седла поршня II закрывается, а отверстие в клапане 10 открывается, и воздух из управляющей магистрали через вывод II выходит в атмосферу. В крайних положениях рукоятка 6 удерживается фиксатором 8. Из промежуточных положений

рукоятка автоматически возвращается в нижнее положение, соответствующее выключению тормоза» [6].



I – вывод управляющей магистрали ускорительного клапана; II – атмосферный вывод; III – вывод к воздушному баллону; 1 – пружина выпускного клапана; 2 – уравнивающая пружина; 3 и 5 – пружины штока; 4 – кулачок; 6 – рукоятка крана; 7 – шток; 8 – фиксатор рукоятки; 9 – седло; 10 – выпускной клапан; 11 – поршень

Рисунок 19 – Кран управления стояночным тормозом

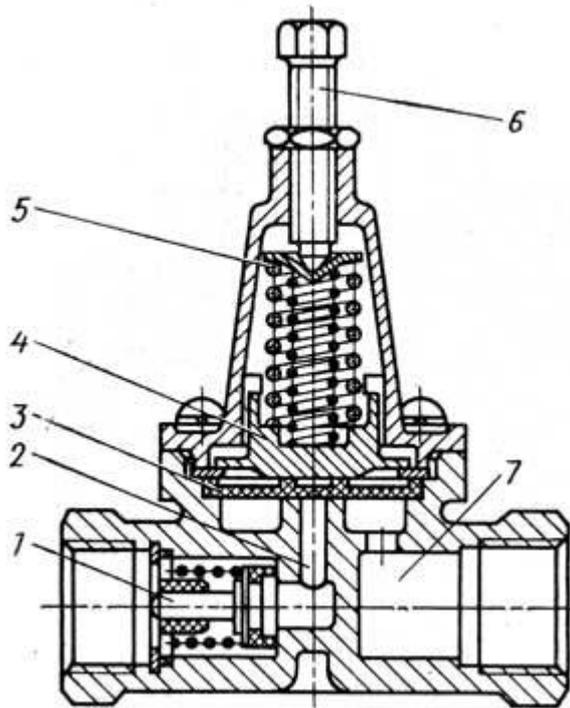
Одинарный защитный клапан изображен на рисунке 20.

«Работает одинарный защитный клапан следующим образом.

При поступлении воздуха через канал 7 под диафрагму 3, которая закрывает выходной канал 2, она прижимается к посадочному месту пружиной 5 через поршень 4. При давлении  $5,5 \text{ кгс/см}^2$  сжатый воздух, преодолевая усилие пружины 5, приподнимает диафрагму 3 и проходит в выходной канал 2, откуда через обратный клапан 1 поступает в питающую магистраль (усилие пружины 5 регулируют винтом 6). При падении давления в канале 7 ниже  $5,45 \text{ кгс/см}^2$  диафрагма под действием пружины опускается и закрывает выходной канал 2.

Таким образом, одинарный защитный клапан сохраняет давление в воздушном баллоне автомобиля-тягача при аварийном уменьшении давления

в питающей магистрали прицепа, а также предохраняет тормозную систему прицепа от самозатормаживания при внезапном падении давления в баллоне тягача, так как в этом случае при растормаживании тягача невозможно растормозить прицеп с места водителя» [19].



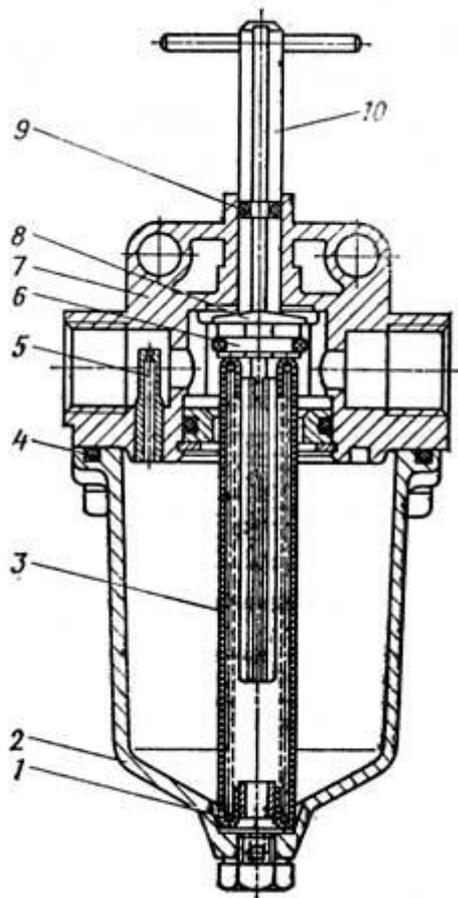
«1 – обратный клапан; 2 – выходной канал; 3 – диафрагма; 4 – поршень; 5 – пружина; 6 – регулировочный винт; 7 – входной канал» [6]

Рисунок 20 – Одинарный защитный клапан

Предохранитель от замерзания представлен на рисунке 21.

«Предохранитель от замерзания защищает трубопроводы и приборы пневматического тормозного привода от замерзания. Корпус 2 закрыт крышкой 7. Между крышкой и корпусом установлено уплотнительное кольцо 4. В крышку вмонтировано выключающее устройство, которое состоит из штока 10 с рукояткой, запирающего штифта 8, уплотнителя и пробки 6 с уплотнительной обоймой. Между дном корпуса и пробкой 6 штока 10 размещен фитиль 3, растягиваемый пружиной 1. Резьбовая пробка наливного отверстия крышки имеет щуп для измерения уровня залитого спирта. Пробка уплотнена прокладкой. В дно корпуса ввернута сливная

пробка. В крышке имеется жиклер 5 для выравнивания давления воздуха в магистрали и корпусе предохранителя при закрытом положении. Емкость резервуара 200 или 1000 см<sup>3</sup>» [6].



1 – пружина фитиля; 2 – корпус; 3 – фитиль; 4 и 9 – уплотнительные кольца; 5 – жиклер; 6 – пробка с уплотнительным кольцом; 7 – крышка; 8 – запирающий штифт; 10 – шток с рукояткой

Рисунок 21 – Предохранитель от замерзания

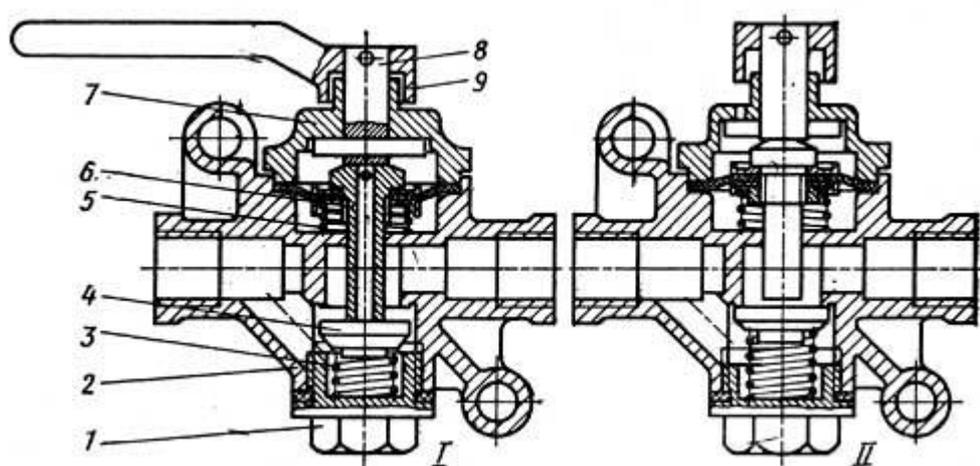
«Когда рукоятка штока находится в верхнем положении, воздух, нагнетаемый компрессором в воздушные баллоны, проходит мимо фитиля испарителя и обогащается парами спирта. Конденсат образовавшейся смеси водяных паров и паров спирта имеет достаточно низкую температуру замерзания.

При температуре окружающего воздуха выше плюс 5°С шток следует установить в нижнее положение, повернув рукоятку. При этом пробка 6 с

уплотнителем утапливает фитиль 3 с пружиной 1, и резервуар разобщается с пневматической магистралью» [6].

Разобщительный кран представлен на рисунке 22.

«Разобщительный кран закрыт, если его рукоятка 9 расположена поперек корпуса крана. При повороте рукоятки 9 толкатель 8 воздействует на шток 6 с уплотнительной диафрагмой. Шток, двигаясь вниз, отжимает клапан 4, и сжатый воздух от клапана управления поступает в магистраль прицепа» [6].

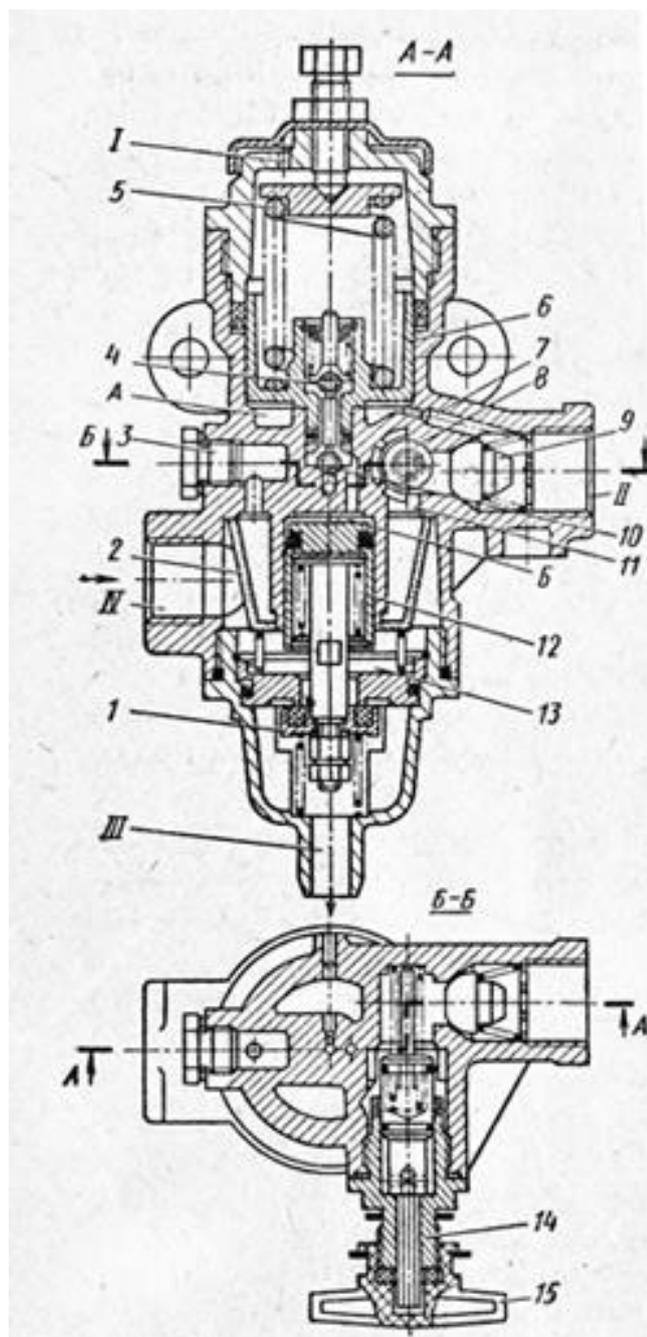


I – кран открыт; II – кран закрыт;  
1 – пробка; 2 – корпус; 3 – пружина клапана; 4 – клапан; 5 – возвратная пружина; 6 – шток с диафрагмой; 7 – крышка; 8 – толкатель; 9 – рукоятка

Рисунок 22 – Разобщительный кран

Регулятор давления (рисунок 23) устройство пневматической системы, при необходимости включающее или выключающее компрессор тем самым регулируя давление и производя аварийное стравливание давления, при достижении аварийного порога давления, чреватого поломками механизмов.

«Сжатый компрессором воздух, работу которого контролирует регулятор давления, пройдя механическую воздухоподготовку фильтром, по каналам, через открытый обратный клапан 9 и вывод 11 накачивает давлением воздушные баллоны. Параллельно наполняется воздухом вся система.



А – полость под следящим поршнем; Б – полость над разгрузочным поршнем; I и III – атмосферные выходы; 11 – вывод в пневматическую систему; IV – ввод от компрессора; 1 – разгрузочный клапан; 2 – фильтр; 3 – пробка канала отбора воздуха; 4 – выпускной клапан; 5 – уравнивающая пружина; 6 – следящий поршень; 7 в 11 – каналы; 8 – кольцевой канал; 9 – обратный клапан; 10 – впускной клапан; 12 – разгрузочный поршень; 13 – седло разгрузочного клапана; 14 – клапан для накачки шин; 15 – колпачок

Рисунок 23 – Регулятор давления

В накаченной воздухом системе для сохранения работоспособности и удаления конденсата из полостей, сжатым воздухом давим на разгрузочный поршень 12 опуская, открываем разгрузочный клапан 1, пройдя кольцевой

канал воздух под давлением, вместе со скопившимся в полости конденсатом выбрасывается в окружающую среду, давление в кольцевом канале 8 резко падает, и обратный клапан 9 закрывается.

Понижение давления в полости А ниже номинального значения, дает команду компрессору на включение, клапан 1 под действием пружины закроется, и начнется нагнетание воздуха в баллоны.

Назначение разгрузочного клапана, подстраховка работы регулятора давления, если регулятор давления, по каким либо причинам не сработает на давлении, превышающем установленный предел, то клапан разгрузки, преодолев регулируемое сопротивление своей пружины откроется. Открытие, усилие пружины регулируется установкой дополнительных шайб под пружину» [6].

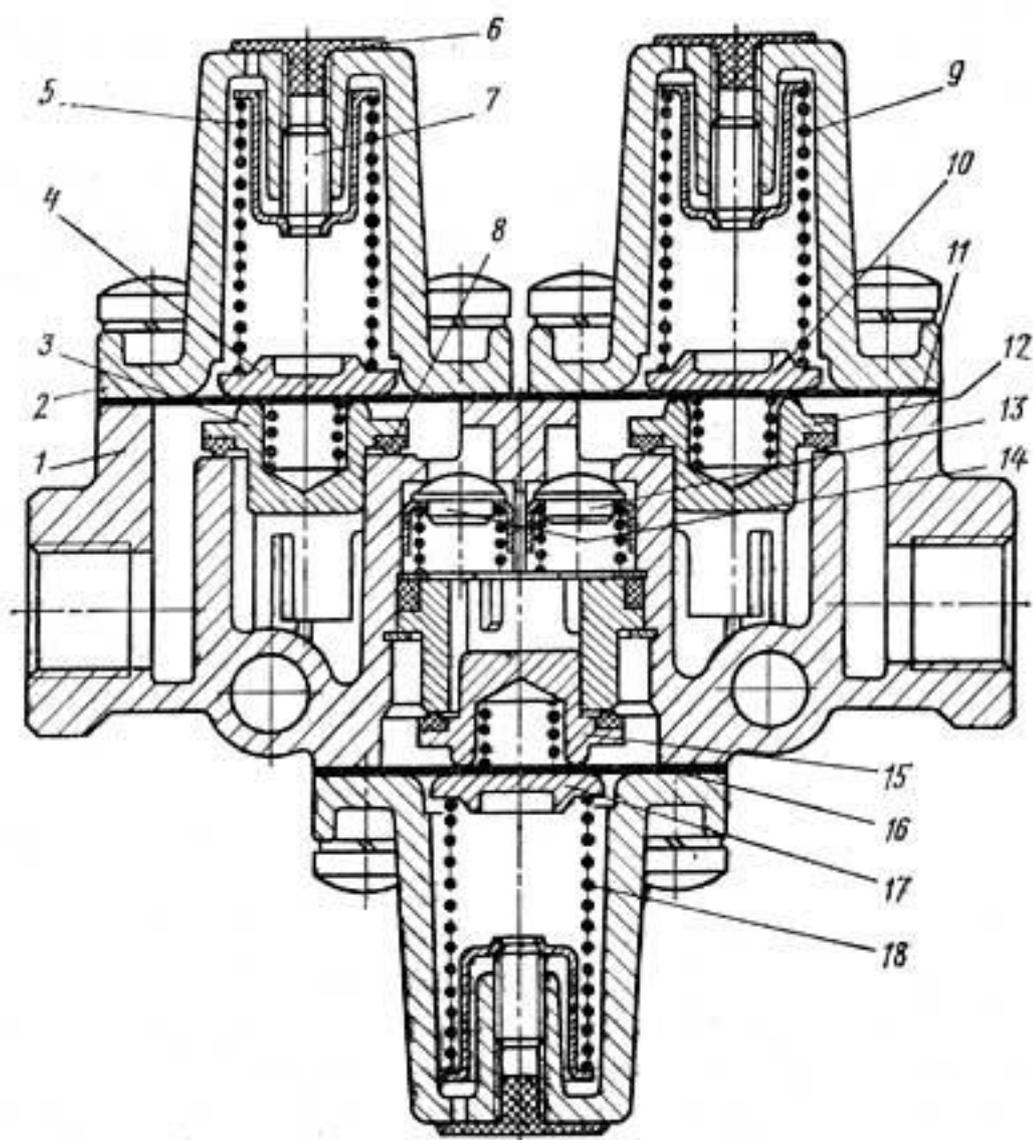
«Для присоединения специальных устройств регулятор давления имеет вывод, который соединен с выводом IV через фильтр 2. Этот вывод закрыт резьбовой пробкой 3. Кроме того, предусмотрен клапан отбора воздуха для накачки шин, который закрыт колпачком 15. При навинчивании штуцера шланга для накачки шин клапан утапливается, открывая доступ сжатому воздуху в шланг и преграждая проход сжатого воздуха в тормозную систему. Перед накачиванием шин давление в воздушных баллонах следует понизить до давления, соответствующего включению регулятора, так как во время холостого хода нельзя произвести отбор воздуха» [12].

Тройной защитный клапан представлен на рисунке 24.

«Тройной защитный клапан направляет поток сжатого воздуха в три контура и сохраняет давление неизменным при повреждении одного из контуров.

Сжатый воздух от компрессора через ввод корпуса поступает в полости под клапанами 3 и 12. При этом клапаны преодолевают усилие уравновешивающих пружин 5 и 9, которые через диски 4 и 10 воздействуют на диафрагмы 8 и 11 и открываются. Сжатый воздух через два вывода направляется в баллоны контура привода тормозных механизмов колес

передней оси и контура привода тормозных механизмов колес задней тележки. Одновременно с наполнением воздушных баллонов открываются клапаны 13 и 14, и воздух поступает в полость над клапаном 15. При достижении определенного давления клапан 15, преодолевая усилие пружины 18, открывается, и воздух заполняет контур аварийного растормаживания стояночного тормоза» [6].



1 – корпус; 2 – колпак; 3, 12 и 15 – магистральные клапаны; 4, 10, 17 – опорные диски; 5, 9 и 18 – пружины; 6 – заглушка; 7 – регулировочный винт; 8, 11 и 16 – диафрагмы; 13 и 14 – клапаны

Рисунок 24 – Тройной защитный клапан

«Клапаны 3 и 12 открываются при давлении 5,2 кгс/см<sup>2</sup>, а клапан 15 – при давлении 5,1 кгс/см<sup>2</sup>. Предварительное усилие пружин, воздействующих через диски и диафрагмы, клапаны, регулируют винтами 7. Между диафрагмами и клапанами установлены буферные пружины.

При исправных контурах пневмопривода диафрагмы 8, 11 и 16 прогибаются под действием давления воздуха, поступающего под клапаны и находящегося в баллонах. Поэтому клапаны открываются даже и тогда, когда давление в полостях под ними ниже указанного» [6].

«В случае выхода из строя одного из контуров давление во внутренних полостях корпуса клапана уменьшается, и под действием пружин все клапаны закрываются. Но поскольку в полости вод клапаны продолжает поступать воздух от компрессора, а на диафрагмы воздействует сжатый воздух, проходящий из исправных контуров, клапаны, через которые пополняются воздухом исправные контуры, открываются при давлении, меньшем, чем давление открытия клапана в неисправном контуре.

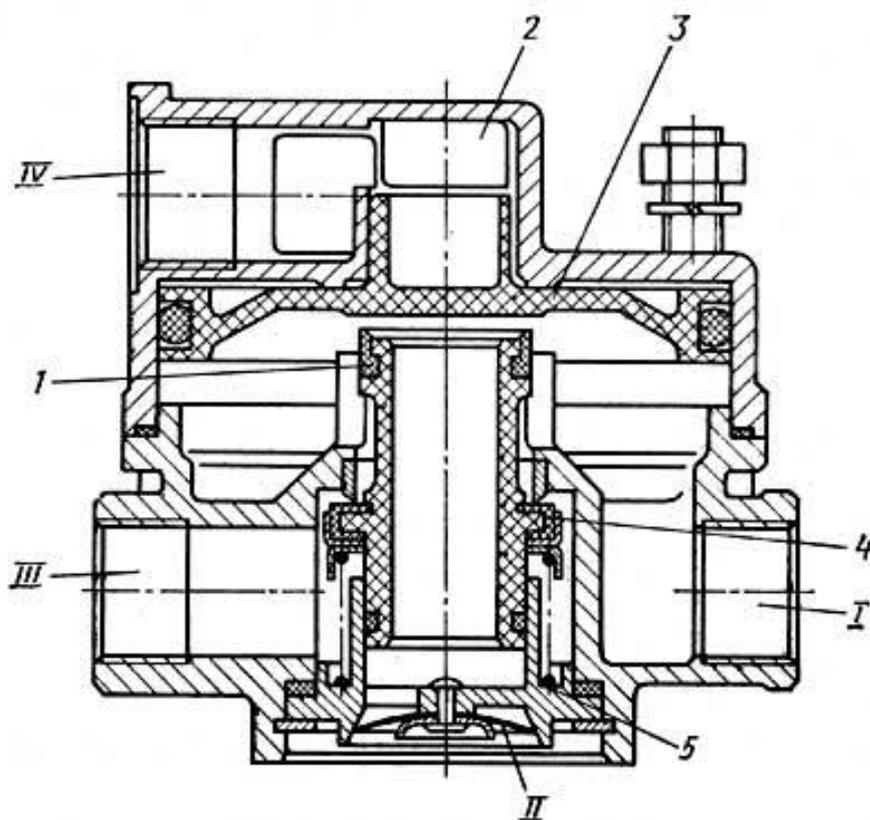
При выходе из строя магистрали, идущей от компрессора, клапаны под действием оружия закрываются, и давление в контурах пневмопривода сохраняется» [14].

Как видно из названия, ускорительный клапан (рисунок 25) ускоряет заполнение воздухом цилиндров и выпуск воздуха из энергоаккумуляторов.

«Вывод III подсоединяется магистраль от воздушного баллона. При падении давления в магистрали ручного тормозного крана, присоединенного к выводу IV, впускной клапан 4 закрыт, выпускной клапан 1 открыт, из цилиндров пружинных энергоаккумуляторов через вывод I воздух выходит в атмосферный вывод II. Как только сжатый воздух из ручного тормозного крана попадает в камеру 2, поршень 3 опускается вниз, закрывая гари этом клапан 1 и открывая клапан 4. Сжатый воздух проходит из воздушного баллона в пружинные энергоаккумуляторы и действует на поршень 3 снизу. Как только давление, действующее на поршень снизу, становится несколько больше давления, действующего на поршень сверху, поршень

приподнимается, клапан 4 закрывается, и давление в пружинных энергоаккумуляторах не повышается. Аналогичное следящее действие поршня 3 проявляется и при понижении управляющего давления. При этом сжатый воздух из пружинных энергоаккумуляторов выходит в атмосферу через открывшийся выпускной клапан 1 и атмосферный вывод II

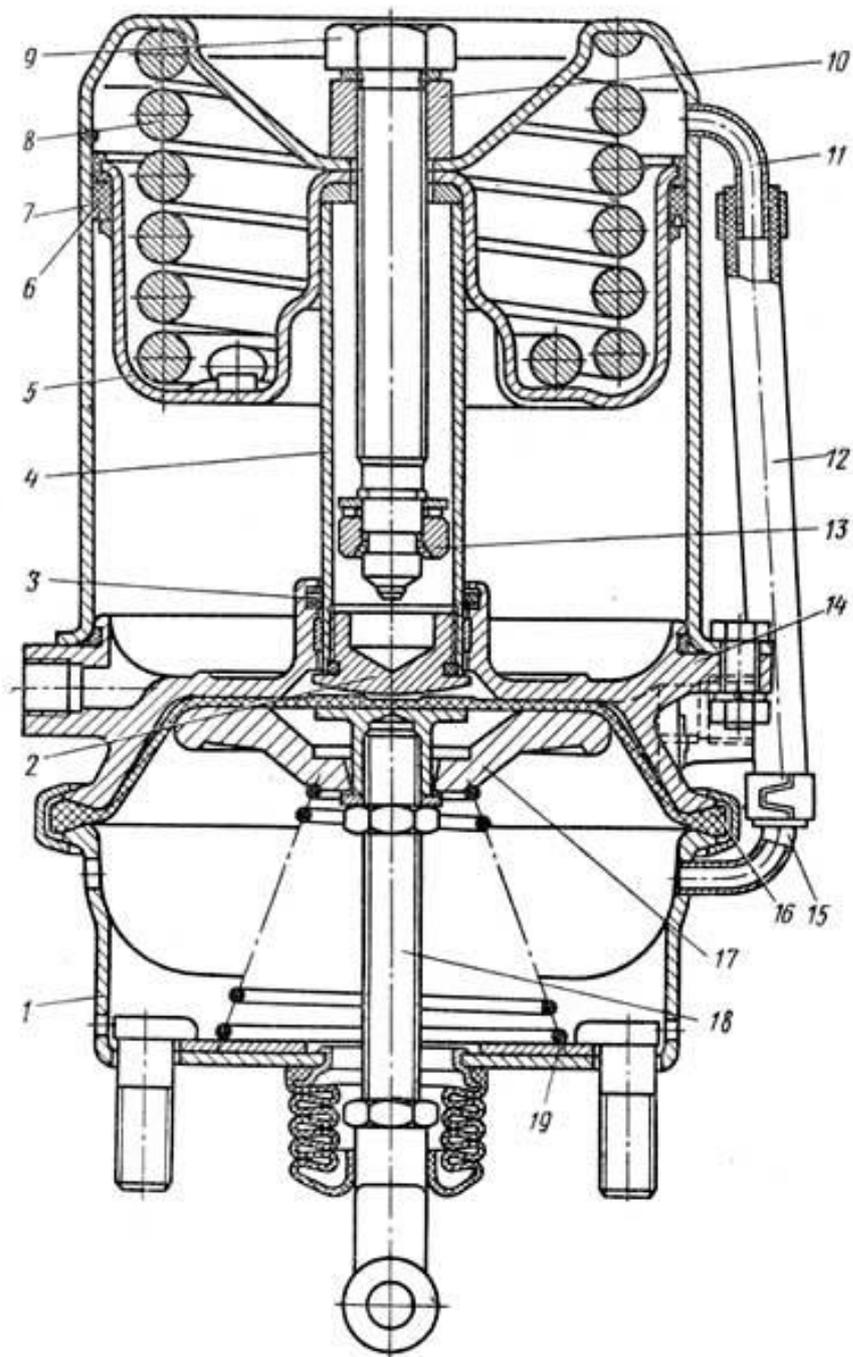
Для обеспечения ускоряющего действия клапана магистраль, соединяющая баллон с ускорительным клапаном и пружинными энергоаккумуляторами, выполнена в виде короткой трубки большого диаметра. Управляющая магистраль, идущая от ручного тормозного крана, представляет собой более длинную трубку меньшего диаметра, так как заполняемый воздухом объем над поршнем 3 невелик» [6].



«I – вывод к цилиндрам энергоаккумуляторов; II – вывод в атмосферу; III – вывод к воздушному баллону; IV – вывод к крану управления стояночным тормозом  
1 – выпускной клапан; 2 – управляющая камера; 3 – поршень; 4 – впускной клапан;  
5 – пружина» [6].

Рисунок 25 – Ускорительный клапан

Тормозная камера с пружинным энергоаккумулятором тип 20 представлена на рисунке 26.



- 1 – корпус тормозной камеры, 2 – подпятник; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – толкатель;  
 5 – поршень; 6 – уплотнение поршня; 7 – цилиндр энергоаккумулятора; 8 – силовая пружина; 9 – винт механизма аварийного растормаживания; 10 – упорная гайка;  
 11 – патрубок цилиндра; 12 – дренажная трубка; 13 – упорный подшипник; 14 – фланец;  
 15 – патрубок тормозной камеры; 16 – диафрагма тормозной камере; 17 – опорный диск;  
 18 – шток; 19 – возвратная пружина

Рисунок 26 – Тормозная камера типа 20

«Тормозная камера данного типа предназначена для приведения в действие тормозных механизмов колес среднего и заднего мостов при включении рабочего, стояночного и запасного тормозов.

Камера прикреплена к кронштейну разжимного кулака двумя болтами. Шток 18 тормозной камеры связан с регулировочным рычагом тормозного механизма.

При торможении рабочим тормозом сжатый воздух подается в полость над диафрагмой 16. Диафрагма воздействует на шток 18 тормозной камеры, который выдвигается и приводит в действие тормозной механизм колеса. При выпуске воздуха шток и диафрагма возвращаются в исходное положение с помощью возвратной пружины 19» [6].

«При включении Стояночного тормоза сжатый воздух выпускается из полости под поршнем 5. Поршень под действием силовой пружины 8 движется вниз и перемещает толкатель 4, который через подпятник 3 воздействует на диафрагму 16 и шток 18 тормозной камеры, и автомобиль затормаживается.

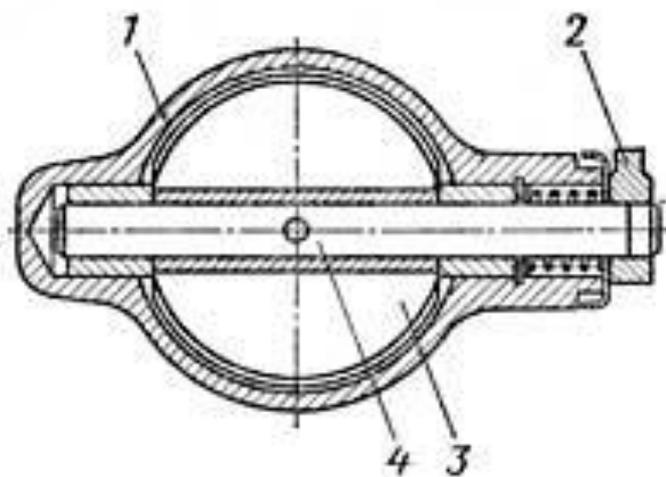
При выключении стояночного тормоза воздух подается в цилиндр энергоаккумулятора, под поршень 5, который, поднимаясь, сжимает силовую пружину. При этом поднимается толкатель и освобождает диафрагму и шток тормозной камеры, которые под действием возвратной пружины поднимаются вверх.

В случае торможения запасным тормозом воздух частично выпускается из цилиндров энергоаккумуляторов. Количество воздуха, выпускаемого из цилиндров, зависит от положения рукоятки тормозного крана» [6].

Механизм вспомогательного тормоза представлен на рисунке 27.

«Механизм вспомогательного тормоза установлены в приемных трубах глушителя. Каждый механизм состоит из сферического корпуса 1 и заслонки 3, закрепленной на валу 4. На валу заслонки закреплен также поворотный рычаг 2, соединенный со штоком пневмоцилиндра. Рычаг 2 и связанная с ним заслонка 3 имеют два фиксированных положения.

При выключении вспомогательного тормоза заслонка 2 устанавливается вдоль потока отработавших газов, а при включении тормоза – поперек потока, препятствуя выходу их и тем самым обеспечивая возникновение противодавления в выпускных коллекторах. Одновременно прекращается подача топлива. Двигатель начинает работать в режиме торможения» [6].



1 – корпус; 2 – рычаг; 3 – дроссельная заслонка; 4 – вал заслонки

Рисунок 27 – Механизм вспомогательного тормоза

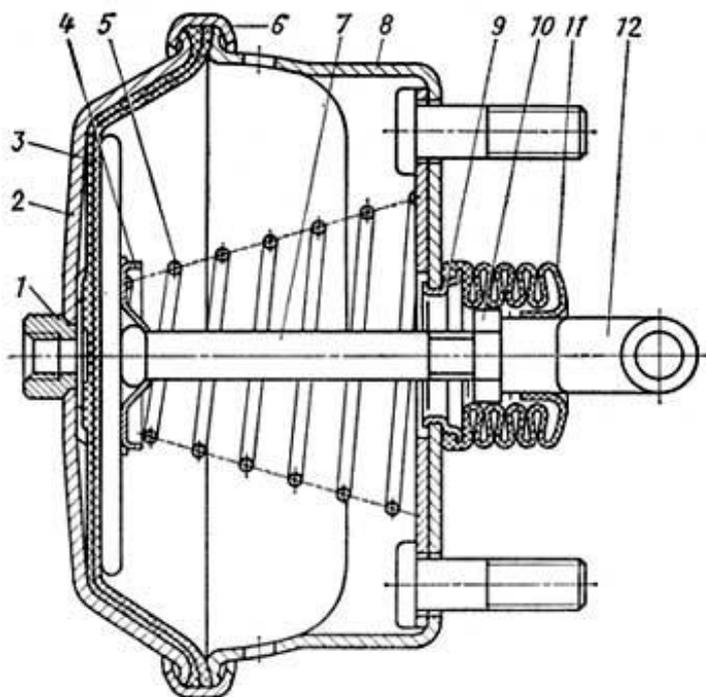
Тормозная камера типа 24 представлена на рисунке 28.

«Тормозная камера данного типа предназначена для приведения в действие тормозных механизмов передних колес автомобиля. Цифра 24 указывает размер активной площади диафрагмы в квадратных дюймах.

Диафрагма зажата между корпусом 5 камеры и крышкой 2 стяжным хомутом 6, состоящим из двух полуколец.

Камера к кронштейну разжимного кулака прикреплена двумя болтами, приваренными к фланцу, который вставлен в корпус камеры изнутри. Шток камеры заканчивается резьбовой вилкой 12, соединенной с регулировочным рычагом. Поддиафрагменная полость связана с атмосферой через дренажные отверстия, выполненные в корпусе 8 камеры.

При подаче сжатого воздуха в полость над резиновой диафрагмой 3 последняя перемещается и воздействует на шток 7. При растормаживании шток, а вместе с ним и диафрагма под действием возвратной пружины 5 возвращаются в исходное положение» [6].



1 – штуцер; 2 – крышка корпуса; 3 – диафрагма; 4 – опорный диск; 5 – возвратная пружина; 6 – хомут; 7 – шток; 8 – корпус камеры; 9 – кольцо; 10 – контргайка; 11 – защитный чехол; 12 – вилка

Рисунок 28 – Тормозная камера типа 24

### 1.9 Тормозной механизм

Тормозной механизм грузового автомобиля КАМАЗ представлен на рисунке 29.

«Тормозные механизмы установлены на всех шести колесах автомобиля. Основной узел тормозного механизма смонтирован на суппорте, жестко связанном с фланцем моста. На эксцентриковые оси 1, закрепленные в суппорте, свободно опираются две тормозные колодки 4 с прикрепленными к ним фрикционными накладками 6, выполненными по серповидному



На конце вала разжимного кулака находится регулировочный рычаг 11 червячного типа, соединенный со штоком тормозной камеры при помощи вилки и пальца. Щиток 14 тормоза, прикрепленный болтами к суппорту, защищает тормозной механизм от грязи» [6].

Вывод по разделу.

В данном разделе рассмотрено устройство тормозной системы грузового автомобиля КАМАЗ с подробным описанием всех ее элементов и механизмов, по результату, которого принято решение более подробно рассмотреть устройство, достоинства и недостатки конструкции тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором, с целью дальнейшего улучшения функционала.

Следующий раздел посвящен мониторингу и анализу существующих конструкций тормозных камер с энергоаккумулятором.

## **2 Обзор и анализ конструкций тормозных камер с пружинным энергоаккумулятором**

«Тормозная камера с пружинным энергоаккумулятором предназначена для осуществления торможения транспортного средства в рабочем режиме и удержания автомобиля в режиме стоянки. Кроме рабочего и стояночного режимов энергоаккумулятор может выполнять функцию запасного тормоза, при выходе из строя рабочего тормозного контура. Среди различных конструкций и типов энергоаккумуляторов есть одна особенность – практически у всех источником, накапливающим механическую энергию, является упругий элемент, выполненный в виде витой пружины. В рабочем состоянии (расторможенном) пружина сжата и удерживается в таком положении при помощи давления поршня оказываемым на него сжатым воздухом. Если же необходимо включить стояночный тормоз, то необходимо выпустить сжатый воздух, удерживающий деформированную пружину. Основные типы энергоаккумуляторов отличаются друг от друга способом механического растормаживания стояночного тормоза.

Тормозные камеры с аккумулятором механической энергии явились следствием перехода отечественного и европейского автомобилестроения к пневматическим тормозным приводам второго поколения. Пружинные энергоаккумуляторы пришли на смену центральному трансмиссионному тормозу, неспособному удерживать на уклонах потяжелевшие автотранспортные средства. Применение новых тормозных приборов позволило в несколько раз повысить надежность, безопасность и конъюнктурность транспортных средств, но это также отразилось на усложнении конструкции тормозного пневмопривода. С усложнением тормозного привода возросли требования к эксплуатации, качеству проведения ТО и ремонта пневмопривода» [35].

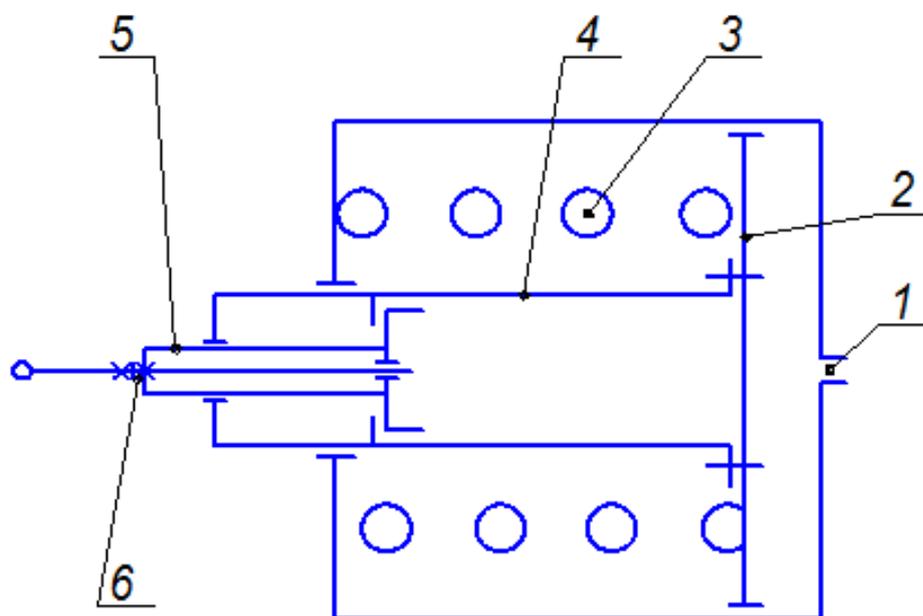
Таблица 1 – Отсортированные типовые размеры исполнительных механизмов

Тип	Активная площадь, см <sup>2</sup>	Объем, см <sup>3</sup>	Диаметр, мм			Ход штока, мм		Толщина мембраны, мм	Применяется на автомобилях
			наружный	заделки мембраны	опорного диска	максимальный	рабочий		
9	58	330	146	110	80	45	35	4	КАЗ
12	77	430	150	126	80	45	35	4	ЛиАЗ
16	103	640	160	140	100	57	45	4	ЗИЛ
20	129	800	172	150	110	57	45	4	ЗИЛ
24	155	970	184	160	120	57	45	4	ЗИЛ,
30	195	1310	206	182	140	64	57	4	КамАЗ
36	232	1880	235	–	–	76	64	–	–

## 2.1 Пневмо энергоаккумулятор

«Данный вид ПЭА относится к начальному этапу внедрения тормозных систем второго поколения. Конструкция такого устройства представляла собой систему, состоящую из мощной силовой пружины и подвижного пневматического элемента» [7].

Конструкция ПЭА показана на рисунке 30.



1 – вход для подвода сжатого воздуха; 2 – поршень; 3 – пружина; 4 – шток; 5 – толкатель; 6 – гайка растормаживания

Рисунок 30 – Энергоаккумулятор воздушный

«В расторможенном состоянии на вход 1 подается сжатый воздух. Воздействуя на поршень 2, сжатый воздух воздействует на силовую пружину 3, вследствие чего шток 4 вместе с толкателем 5 находятся в крайнем левом положении, сила на нем отсутствует и приводимый ПЭА тормоз растормаживается. При выпуске сжатого воздуха из входа 1 шток 4 под усилием пружины 3 перемещается вправо и толкателем 5, вставленным в отверстие штока, приводит в действие тормозной механизм. Таким образом, сила на штоке ПЭА создается силовой пружиной, а пневматический элемент ПЭА используется для удержания пружины в сжатом исходном состоянии при растормаживании. Для растормаживания при отсутствии сжатого воздуха следует отвернуть гайку 6 с контргайкой» [20].

Линейная зависимость усилия силовой пружины от хода штока на рисунке 31.

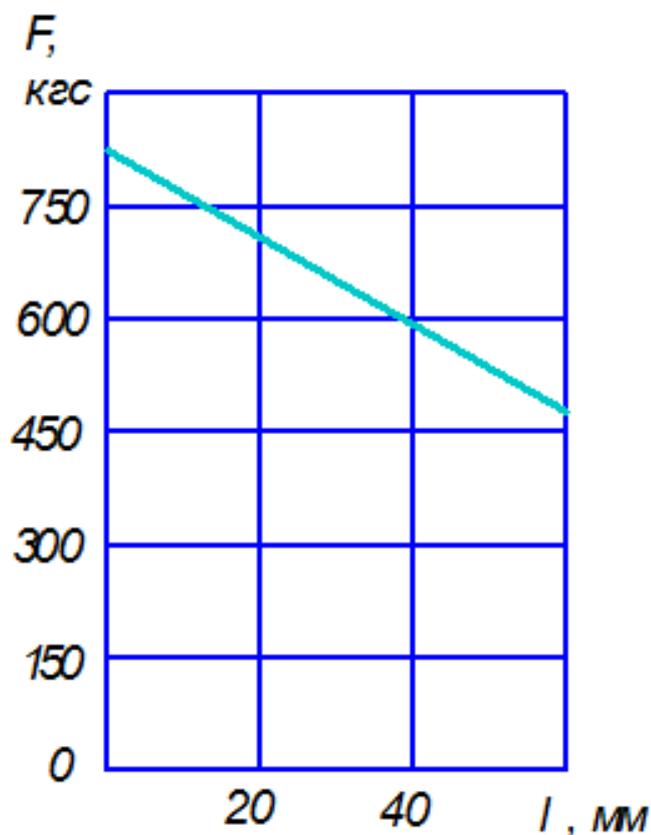


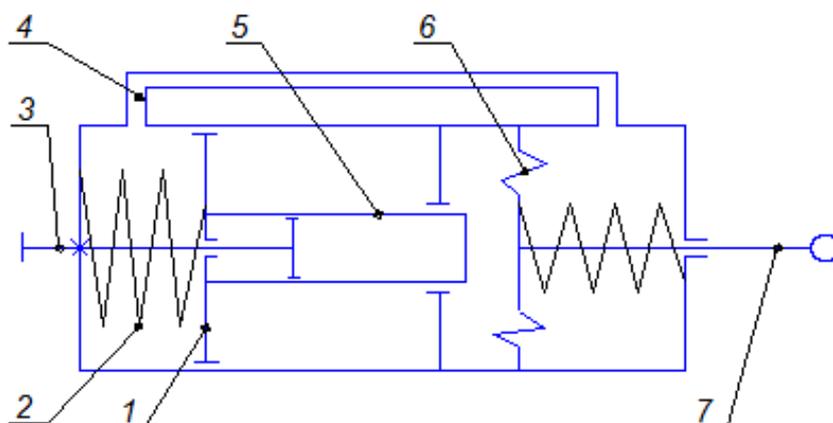
Рисунок 31 – Статическая характеристика ПЭА

## 2.2 Комбинированные тормозные камеры пружинных энергоаккумуляторов

«Наибольшее распространение получили в последние годы комбинированные исполнительные органы, состоящие из тормозной камеры и пружинного энергоаккумулятора. Такая комбинация позволила одним пневмоаппаратом выполнять функции исполнительного органа трех тормозных систем – рабочей, запасной и стояночной (в связи с этим один из вариантов этой комбинации получил название «тристоп»).

Конструктивно обе части такого пневмоаппарата могут быть выполнены в виде цилиндра или в виде камеры, которые располагаются последовательно, так как действуют на один шток» [7].

Схема тормозной камеры с поршневым ПЭА показана на рисунке 32.



1 – поршень; 2 – силовая пружина; 3 – винт механического растормаживания;  
4 – патрубок цилиндра; 5 – толкатель; 6 – диафрагма; 7 – шток

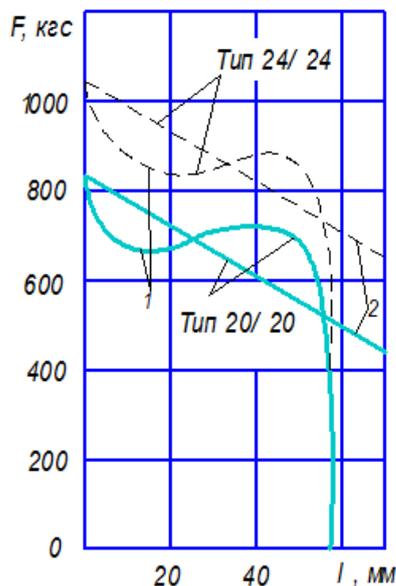
Рисунок 32 – Тормозная камера с поршневым ПЭА

«При выключенной стояночной тормозной системе сжатый воздух постоянно подводится в поршневое пространство пружинного энергоаккумулятора. Поршень 1 с толкателем 5 находятся в крайнем левом положении, силовая пружина полностью сжата.

При торможении рабочей тормозной системы сжатый воздух от тормозного крана подается в полость над мембраной 6. Мембрана прогибаясь, воздействует через шток 7 на тормозной механизм. Таким образом торможение происходит так же, как с обычной тормозной камерой.

При включении запасной или стояночной тормозной системы, то есть при выпуске воздуха в атмосферу с помощью ручного крана из-под поршня 1, пружина 2 возвращается в исходное положение, и поршень 1 перемещается вправо. Толкатель 5 воздействуя через мембрану на шток 7, который перемещаясь поворачивает рычаг тормозного механизма. Происходит затормаживание автомобиля.

ПЭА имеет встроенный механизм аварийного растормаживания. При вывертывании винт 3 перемещается вверх и воздействует на поршень 1. Поршень вместе с толкателем 5 перемещается в крайнее левое положение и сжимает пружину 2, вследствие чего ПЭА растормаживается» [7].



1 – тормозные камеры; 2 – пружинные энергоаккумуляторы

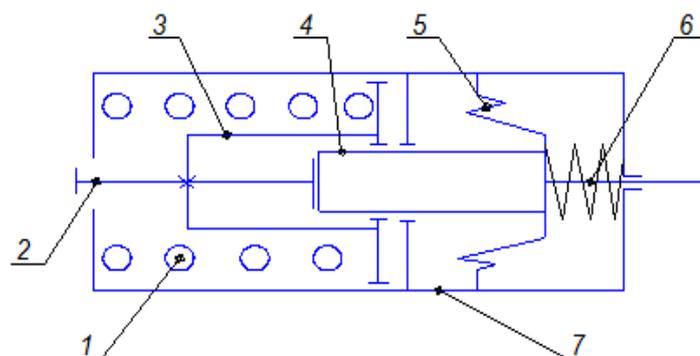
Рисунок 33 – Силовые характеристики тормозных камер с ПЭА, применяемых на автомобилях ЗИЛ и КамАЗ

Конструктивных вариантов решения задачи растормаживания много, рассмотрим один из вариантов механического растормаживания.

### 2.2.1 Пружинный энергоаккумулятор с устройством механического растормаживания без деформации силовой пружины

Конструкция ПЭА, с ручным винтовым приспособлением для растормаживания энергоаккумулятора в условиях отсутствия давления в пневмосистеме.

Принципиальная схема с ручным винтовым растормаживанием изображена на рисунке 34.



1 – силовая пружина; 2 – винт механического растормаживания; 3 – поршень пружины;  
4 – штанга поршня; 5 – диафрагма; 6 – шток; 7 – корпус

Рисунок 34 – Схема пружинного энергоаккумулятора с устройством механического растормаживания

«В случае отсутствия давления воздуха в пневмосистеме оттормаживание штока 6 становится невозможным. В таком случае энергоаккумулятор можно растормозить при помощи винтового приспособления. Для оттормаживания необходимо выкрутить винт 2, вследствие чего штанга поршня 4 смещается влево. Это обеспечивает оттормаживание штока 6.

Такой способ механического растормаживания позволяет ускорить растормаживание ПЭА вследствие облегчения процесса выкручивания винта 2. Эта цель достигается тем, что усилие пружины 1, передающееся через винт 2, способствует его выкручиванию из поршня 3. Однако такой тип камер имеет ряд недостатков. К ним относятся усложнение конструкции,

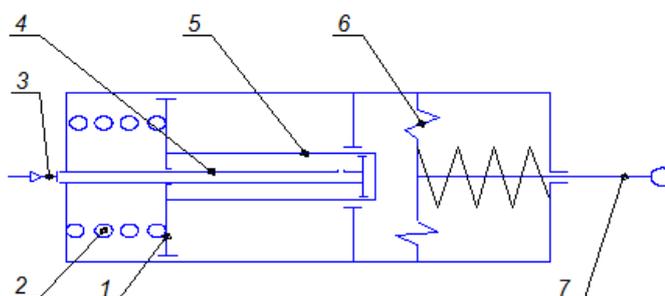
увеличение металлоемкости, повышенные требования к прочности резьбового узла» [7].

### 2.2.2 Пружинный энергоаккумулятор с устройством гидравлического растормаживания

Еще один конструктивный вариант решения задачи растормаживания, устройство гидравлического растормаживания.

«Одним из недостатков камер с ПЭА является затруднительный процесс механического растормаживания. Целью изобретения является облегчение растормаживания путем исключения необходимости отдельного ручного управления устройствами растормаживания каждой тормозной камеры транспортного средства. На рисунке 35 показано устройство ПЭА с гидравлическим растормаживанием.

В случае отказа пневматического тормозного привода давление под поршнем 1 отсутствует и шток 7 через полый цилиндр 5 и поршень 1 удерживается пружиной 2 в заторможенном положении. Для оттормаживания жидкость из открытого гидропривода через полый шток 4 подается в полость цилиндра 5. Под действием давления жидкости полый цилиндр 5 смещается влево и через поршень 1 сжимает пружину 2. Это обеспечивает оттормаживание штока 7» [8].



1 – поршень пружины; 2 – силовая пружина; 3 – поток из гидропривода; 4 – полый шток;  
5 – полый цилиндр; 6 – диафрагма; 7 – шток

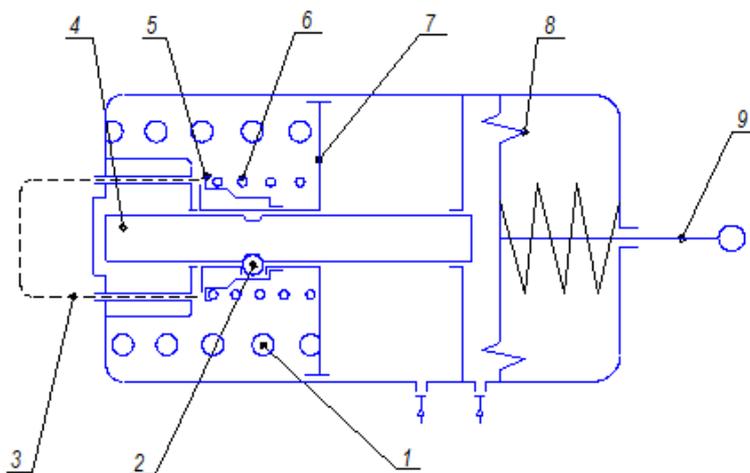
Рисунок 35 – Схема пружинного энергоаккумулятора с устройством гидравлического растормаживания

Предлагаемая идея усложняет конструкцию энергоаккумулятора, требует подключение дополнительной гидравлической системы, дорогой способ облегчения процесса растормаживания автомобиля в ситуации аварийности пневмо системы.

### 2.2.3 Тормозная камера с пружинным энергоаккумулятором КАМАЗ

На автобусах устанавливаются тормозные камеры типа 12/20. Схема энергоаккумулятора, изображена на рисунке 36.

«При включении стояночного или запасного тормоза, т.е. при выпуске воздуха с помощью ручного тормоза из полости под поршнем 7, пружина разжимается и через поршень 7 и шарики 2 перемещает толкатель 4 энергоаккумулятора. В свою очередь толкатель 4 и диафрагму 8 давит на шток 9. Происходит затормаживание автобуса» [7].



1 – силовая пружина; 2 – шарик; 3 – вилка механического растормаживания;  
4 – толкатель; 5 – втулка фиксатора; 6 – пружина фиксатора; 7 – поршень; 8 – диафрагма;  
9 – шток

Рисунок 36 – Схема пружинного энергоаккумулятора типа 12/20

«В аварийном случае, если в пневматической системе (пневмоконтуре привода стояночных тормозов) упало давление, например, при разгерметизации системы, пружина 1 разожмется, и произойдет автоматическое затормаживание автобуса. Для того чтобы растормозить такой неисправный автобус (например, для буксировки), предусмотрено

устройство механического растормаживания, состоящее из толкателя поршня 7, соединенного с толкателем 4 энергоаккумулятора с помощью трех шариков 2. Шарики удерживаются в отверстиях корпуса поршня и в канавке толкателя фиксирующей втулкой 5, поджатой пружиной 6. Отверстие втулки выполнено ступенчатым таким образом, что при смещении втулки вдоль корпуса поршня шарики освобождаются и могут выйти из канавки толкателя, разъединив толкатель с поршнем. Пружина 6 удерживает фиксирующую втулку 5 от самопроизвольного смещения.

Данная конструкция пружинного энергоаккумулятора, в случае отсутствия сжатого воздуха, позволяет в короткое время произвести растормаживание автобуса. Недостатком конструкции является то, что для механического растормаживания ПЭА используется дополнительное приспособление в виде съемной вилки 3. Это создает дополнительные неудобства при механическом растормаживании. В тормозных системах автомобилей и автобусов с пневматическим приводом в качестве исполнительных устройств применяются тормозные камеры с ПЭА. Вариантов конструкций комбинированных исполнительных органов с ПЭА выпускалось довольно много, так как доводка уязвимых мест конструкции шла различными путями. В процессе эксплуатации были выявлены такие недостатки, как растормаживание ПЭА при отсутствии сжатого воздуха в приводе, предотвращение одновременного срабатывания обеих частей комбинированного исполнительного органа, необходимость постоянной подачи в энергоаккумулятор сжатого воздуха во время движения транспортного средства» [7].

Выводы по разделу.

В данном разделе работы был проведен обзор и анализ конструкций тормозных камер с энергоаккумуляторами пневматического и комбинированного типа. Оценены их достоинства и недостатки для выбора оптимальной конструкции тормозной камеры и дальнейшей её модернизации.

### 3 Тягово-динамический расчет автомобиля

#### 3.1 Исходные данные для расчёта и компоновочная схема автомобиля

Для того чтобы произвести тягово-динамический расчет автомобиля необходимо иметь основные характеристики рассчитываемого автомобиля.

Все необходимые для расчета данные, заносим в таблицу 2.

Таблица 2 – Характеристики основных параметров

Параметр, размерность, обозначение	Значение
Модель грузового автомобиля	КамАЗ-65225
Колёсная формула	6×4
Собственная масса, кг	11150
в том числе: на переднюю/ заднюю ось	5200/5950
Полная масса, кг	28300
в том числе: на переднюю/заднюю ось	6900/21400
База, м	3515
Габаритные размеры, длина/ширина/высота, м	7280/2900/3510
Дорожный просвет, мм	308
Внешний габаритный радиус поворота, м	11,5
Максимальная скорость, км/ч	80/100
Контрольный расход топлива, при 60 км/ч, л/100км	35
Двигатель	дизельный с турбонаддувом
Число и расположение цилиндров	V-образный, 8 цилиндров
Максимальная мощность двигателя, кВт	265
Максимальный крутящий момент, Н·м	1570

#### 3.2 Внешние скоростные характеристики автомобиля

Исходные данные для расчёта внешних характеристик двигателя представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для расчёта внешних характеристик двигателя

Параметр	Единицы измерения	Обозначение	Значение
Автомобиль (марка)	-	-	КАМАЗ-65225
Максимальная мощность	кВт (л/с)	$N_{max}$	154,4 (210)

Продолжение таблицы 3

Параметр	Единицы измерения	Обозначение	Значение
Коэффициенты в уравнении мощности	-	<i>a</i>	0,53
		<i>b</i>	1,56
		<i>c</i>	1,09
Минимальная частота вращения	об/мин	$n_{\min}$	600
Максимальная частота вращения	об/мин	$n_{\max}$	2600

Внешние скоростные (стендовые) характеристики двигателя, представляющие собой зависимости от частоты вращения коленчатого вала мощности и крутящего момента, рассчитываются для всего возможного диапазона оборотов и наносятся на график.

«Расчёт выполняется по формулам:

$$N_e = N_{\max} \cdot \left[ a \cdot \frac{n_e}{n_{\max}} + b \cdot \left( \frac{n_e}{n_{\max}} \right)^2 - c \cdot \left( \frac{n_e}{n_{\max}} \right)^3 \right], \quad (1)$$

$$M_e = \frac{N_e}{n_e} \cdot 9554. \quad (2)$$

где  $n_e$  – текущее значение частоты вращения коленчатого вала;

$N_e$  – текущие мощности двигателя;

$N_{\max}$  – максимальное значение мощности двигателя;

$a, b, c$  – коэффициенты, учитывающие тип двигателя, форму камеры сгорания, для дизельных двигателей коэффициенты равны 1» [4].

Данные расчетов заносим в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчётные значения внешних скоростных характеристик

Параметр	Значение частоты вращения коленчатого вала при оборотах, об/мин						
	600	1000	1500	2000	2600	3000	3500
Отношение текущей и максимальной частоте вращения	0,23	0,38	0,6	0,8	1	1,2	1,4

Продолжение таблицы 4

Параметр	Значение частоты вращения коленчатого вала при оборотах, об/мин						
	600	1000	1500	2000	2600	3000	3500
Отношения текущей и максимальной частоте вращения в квадрате	0,05	0,14	0,3	0,6	1	1,3	1,8
Отношение текущей и максимальной частоте вращения в кубе	0,001	0,05	0,2	0,5	1	1,5	2,5
Мощность двигателя, кВт	22,7	51,5	77,3	98,3	110,3	106,4	134,8
Крутящий момент, Н·м	361,8	410,1	410,1	391,2	329,3	282,3	368

### 3.2 Тягово-скоростные характеристики автомобиля

«Тягово-скоростные характеристики, к которым относятся скорость движения, тяговые усилия на ведущих колесах и динамический фактор автомобиля, определяются по рассчитанным внешним скоростным характеристикам. Расчет выполняется для всех передач, и на основании полученных результатов делается заключение о тяговых и динамических свойствах автомобиля» [5].

Таблица 5 – Исходные данные для расчета тягово-скоростных характеристик автомобиля

Параметр	Значение
Радиус качения	0,488
Передаточное число главной передачи	5,94
Передаточное число трансмиссии	-
Первичная передача	7,82
Вторичная передача	4,03
Третья передача	2,5
Четвертая передача	1,53
Пятая передача	1,00
КПД трансмиссии	0,85

Тягово-скоростные (стендовые) характеристики автомобиля рассчитываются по формулам:

$$V_a = \frac{0,378 \cdot n_B \cdot r_K}{i_{КПП} \cdot i_{ГЛ.ПЕР.}}, \quad (3)$$

$$P_T = \frac{M_e \cdot i_{TP} \cdot i_O}{r_K} \cdot \eta. \quad (4)$$

Производим расчеты характеристик автомобиля на передачах и заносим в таблицу 6:

Таблица 6 – Расчётные значения тягово-скоростных характеристик

Передача	Значение при оборотах $n_e$ , об/мин							
	$n_e$ , об/мин	600	1000	1500	2000	2600	3000	3500
Первая	$M_e$ , Н·м	467,19	545,82	609,74	627,17	567,36	521,2	370,9
	$V_a$ , км/ч	2,38	3,97	5,96	7,94	10,32	11,91	13,9
Вторая	$P_T$ , Н	37799	44161	49333	50743	45904	42169	30009
	$V_a$ , км/ч	4,63	7,71	11,57	15,42	20,05	23,13	26,99
Третья	$P_T$ , Н	19480	22759	25424	26150	23657	21732	15465
	$V_a$ , км/ч	7,45	12,42	18,63	24,84	32,29	37,26	43,47
Четвертая	$P_T$ , Н	12086	14120	15774	16225	14678	13483	9224
	$V_a$ , км/ч	12,18	20,3	30,45	40,59	52,77	60,89	71,04
Пятая	$P_T$ , Н	7396	8640	9652	9928	8980	8251	5871
	$V_a$ , км/ч	18,63	31,06	45,58	62,11	80,74	93,17	108,69
	$P_T$ , Н	4835	5649	6311	6491	5872	5394	3839

Сила сопротивления качения определяется по формуле (5).

$$P_K = G \cdot f, \quad (5)$$

$$P_K = 149989 \cdot 0,015 = 2249,84.$$

Сила сопротивления дороги определяется по формуле (6).

$$P_D = G \cdot (f + i), \quad (6)$$

$$P_D = 149989 \cdot (0,015 + 0) = 2249,84 \text{ Н.}$$

Сила сопротивления воздуха определяется по формуле (7).

$$P_B = \frac{k_B \cdot F_B \cdot V^2}{13}, \quad (7)$$

где  $k_B$  – коэффициент обтекаемости, принимаем  $0,6 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ ;

$F_B$  – лобовая площадь,  $7,39 \text{ м}^2$ .

Сила сопротивления воздуха рассчитываем для различных скоростей:

$$P_{B10} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 10^2}{13} = 34,1 \text{ Н},$$

$$P_{B30} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 30^2}{13} = 307,0 \text{ Н},$$

$$P_{B50} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 50^2}{13} = 852,7 \text{ Н},$$

$$P_{B70} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 70^2}{13} = 1671,3 \text{ Н},$$

$$P_{B90} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 90^2}{13} = 2762,7 \text{ Н},$$

$$P_{B110} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 110^2}{13} = 4127,0 \text{ Н}.$$

Сила сопротивления дороги определяется по формуле (8).

$$P_D = G \cdot f \cdot \left( 1 + \frac{V^2}{259200} \right), \quad (8)$$

$$P_{D10} = 2250,7 \text{ Н},$$

$$P_{D30} = 2257,6 \text{ Н},$$

$$P_{D50} = 2271,5 \text{ Н},$$

$$P_{D70} = 2292,4 \text{ Н},$$

$$P_{D90} = 2320,1 \text{ Н},$$

$$P_{д110} = 2354,9 \text{ Н.}$$

Мощность, подводимая к ведущим колёсам автомобиля, определяется по формуле (9):

$$N_T = N_E \cdot \eta, \quad (9)$$

$$N_{T1} = 29,34 \cdot 0,85 = 24,94 \text{ кВт},$$

$$N_{T2} = 57,25 \cdot 0,85 = 48,66 \text{ кВт},$$

$$N_{T3} = 95,73 \cdot 0,85 = 81,37 \text{ кВт},$$

$$N_{T4} = 131,24 \cdot 0,85 = 111,55 \text{ кВт},$$

$$N_{T5} = 154,4 \cdot 0,85 = 131,24 \text{ кВт},$$

$$N_{T6} = 163,66 \cdot 0,85 = 139,11 \text{ кВт},$$

$$N_{T7} = 135,87 \cdot 0,85 = 115,49 \text{ кВт}.$$

Мощность, затрачиваемая на силу сопротивления дороги, определяется по формуле (10).

$$N_D = \frac{P_D \cdot V}{3600}, \quad (10)$$

$$N_{D10} = 6,25 \text{ кВт},$$

$$N_{D30} = 18,81 \text{ кВт},$$

$$N_{D50} = 31,55 \text{ кВт},$$

$$N_{D70} = 44,57 \text{ кВт},$$

$$N_{D90} = 58 \text{ кВт},$$

$$N_{D110} = 68,78 \text{ кВт}.$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха, определяется по формуле (11):

$$N_B = \frac{P_B \cdot V}{3600}, \quad (11)$$

$$N_{B10} = 0,095 \text{ кВт},$$

$$N_{B30} = 2,56 \text{ кВт},$$

$$N_{B50} = 11,84 \text{ кВт},$$

$$N_{B70} = 32,49 \text{ кВт},$$

$$N_{B90} = 69,05 \text{ кВт},$$

$$N_{B110} = 126,08 \text{ кВт}.$$

Сила сопротивления воздуха для каждой передачи определяется по формуле (12):

$$P_{Bi}^{nc} = \frac{k_B \cdot F_B \cdot V^2}{13}, \quad (12)$$

$$P_{B1}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 2,38^2}{13} = 1,93 \text{ Н},$$

$$P_{B2}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 4,63^2}{13} = 7,29 \text{ Н},$$

$$P_{B1}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 3,97^2}{13} = 5,36 \text{ Н},$$

$$P_{B2}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 7,71^2}{13} = 20,21 \text{ Н},$$

$$P_{B1}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 5,96^2}{13} = 12,06 \text{ Н},$$

$$P_{B2}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 11,57^2}{13} = 45,51 \text{ Н},$$

$$P_{B1}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 7,94^2}{13} = 21,43 \text{ H},$$

$$P_{B2}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 15,42^2}{13} = 80,84 \text{ H},$$

$$P_{B1}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 10,32^2}{13} = 36,22 \text{ H},$$

$$P_{B2}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 20,05^2}{13} = 136,68 \text{ H},$$

$$P_{B1}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 11,91^2}{13} = 48,23 \text{ H},$$

$$P_{B2}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 23,13^2}{13} = 181,9 \text{ H},$$

$$P_{B1}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 13,9^2}{13} = 65,64 \text{ H},$$

$$P_{B2}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 26,99^2}{13} = 247,68 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 7,45^2}{13} = 18,87 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 12,18^2}{13} = 50,44 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 12,42^2}{13} = 52,45 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 20,3^2}{13} = 140,11 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 18,63^2}{13} = 118 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 30,45^2}{13} = 315,25 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 24,84^2}{13} = 209,79 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 40,59^2}{13} = 560,17 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 32,29^2}{13} = 354,5 \text{ Н},$$

$$P_{B4}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 52,77^2}{13} = 946,79 \text{ Н},$$

$$P_{B3}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 37,26^2}{13} = 472 \text{ Н},$$

$$P_{B4}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 60,89^2}{13} = 1260,58 \text{ Н},$$

$$P_{B3}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 43,47^2}{13} = 642,48 \text{ Н},$$

$$P_{B4}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 71,04^2}{13} = 1715,87 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 18,63^2}{13} = 118 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 31,06^2}{13} = 328 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 45,58^2}{13} = 706,36 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 62,11^2}{13} = 1315,75 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 80,74^2}{13} = 2216,44 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 93,17^2}{13} = 2951,42 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 108,69^2}{13} = 4016,6 \text{ Н}.$$

Рассчитываем динамическую характеристику автомобиля по формуле:

$$D = \frac{P_T^i \cdot P_{Bi}^{n_e}}{G_0 \cdot 9,8}, \quad (13)$$

где  $P_T$  – тяговая сила на  $i$  передачи;

«Рассчитаем силу сцепления с дорогой по формуле (14).

$$D_{сц.}^i = \frac{\varphi_x \cdot m_p^i \cdot G_2}{G_a}, \quad (14)$$

где  $G_2$  – часть массы приходящейся на ведущие колеса автомобиля с полной нагрузкой,

$G_a$  – полная масса автомобиля,

$\varphi_x$  – коэффициент предельного сцепления, принимается от 0,1 до 0,7 [6];

$m_p^i$  – коэффициент перераспределения массы, для задней, ведущей оси автомобиля» [7].

### 3.3 Разгон и ускорение автомобиля

«К характеристикам разгона и ускорения, подлежащим расчету, относятся следующие: ускорения автомобиля на разных передачах; скорости, при которых происходит переключение передач; время и путь разгона до предельной скорости» [7].

«Рассчитаем ускорения проектируемого автомобиля:

$$J_m = \frac{(D - \psi) \cdot g}{\delta_{врт.}}, \quad (15)$$

где  $\delta_{врт.}$  – коэффициент учета вращающихся масс на  $m$ -ой передаче.

$$\delta_{врт.} = 1,03 + 0,05 \cdot i_{TP}^2, \quad (16)$$

где  $i_{TP}^2$  – передаточное отношение на  $m$ -ой передаче» [7].

Подставляем значения в формулы (13, 14, 15 16), рассчитываем и заносим результаты в таблицу 7.

Таблица 7 – Расчетные данные

Передача	Обозначение	Значение при оборотах $n_e$ , об/мин						
		600	1000	1500	2000	2600	3000	3500
Первая	$D$	0,54	0,64	0,71	0,73	0,66	0,61	0,43
	$V_a$ , км/ч	2,38	3,97	5,96	7,94	10,32	11,91	13,9
	$J_m$ , м/с <sup>2</sup>	1,27	1,51	1,68	1,73	1,56	1,44	1
	$\psi$	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Вторая	$D$	0,28	0,33	0,37	0,38	0,34	0,31	0,22
	$V_a$ , км/ч	4,63	7,71	11,57	15,42	20,05	23,13	26,99
	$J_m$ , м/с <sup>2</sup>	1,41	1,68	1,89	1,95	1,73	1,57	1,09
	$\psi$	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Третья	$D$	0,17	0,2	0,23	0,23	0,21	0,19	0,12
	$V_a$ , км/ч	7,45	12,42	18,63	24,84	32,29	37,26	43,47
	$J_m$ , м/с <sup>2</sup>	1,13	1,35	1,57	1,57	1,43	1,28	0,77
	$\psi$	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Четвертая	$D$	0,11	0,12	0,13	0,14	0,12	0,1	0,06
	$V_a$ , км/ч	12,18	20,3	30,45	40,59	52,77	60,89	71,04
	$J_m$ , м/с <sup>2</sup>	0,81	0,89	0,98	1,07	0,89	0,72	0,38
	$\psi$	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Пятая	$D$	0,07	0,08	0,08	0,07	0,05	0,004	–
	$V_a$ , км/ч	18,63	31,06	45,58	62,11	80,74	93,17	–
	$J_m$ , м/с <sup>2</sup>	0,5	0,59	0,59	0,5	0,32	0,23	–
	$\psi$	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	–

Расчет времени разгона проектируемого автомобиля.

При проведении расчетов принимается, что разгон на каждой передаче производится при открытой дроссельной заслонке от  $n_{\min}$  до  $n_{\max}$  частоты вращения коленчатого вала.

$$J_{CP,i} = \frac{J_i + J_{i+1}}{2}, \quad (17)$$

где  $J_i$  – ускорение в начале интервала скорости;

$J_{i+1}$  – ускорение в конце интервала скорости.

Расчет средней скорости проектируемого автомобиля:

$$V_{CP} = \frac{V_i + V_{i+1}}{2 \cdot 3,6}. \quad (18)$$

Определяем время разгона проектируемого автомобиля на каждом участке:

$$\Delta t_i = \frac{\Delta V_i}{J_{CP,i}}. \quad (19)$$

где  $\Delta V_i$  – разница скоростей в начале и в конце  $i$  передачи.

Путь разгона автомобиля определяется по формуле:

$$\Delta S = V_{CP,i} \cdot \Delta t_i. \quad (20)$$

Производим расчеты по формулам (17, 18, 19, 20) и для каждой передачи и заносим в таблицу 8.

Таблица 8 – Разгон автомобиля

Передача	$n_i$ , об/мин	$V_i$ , км/ч	$V_{i+1}$ , км/ч	$V_{CP}$ , м/с	$J_i$	$J_{i+1}$	$J_{CP,i}$	$\Delta t_i$	$\Delta S$
Первая	600	2,38	3,97	0,88	1,27	1,51	1,39	1,14	1
	1000	3,97	5,96	1,38	1,51	1,68	1,6	1,24	1,71
	1500	5,96	7,94	1,93	1,68	1,73	1,71	1,16	2,4
	2000	7,94	10,32	2,54	1,73	1,56	1,65	1,44	3,66
	2600	10,32	11,91	3,09	1,56	1,44	1,5	1,06	3,28
	3000	11,91	13,9	3,59	1,44	1	1,22	1,63	5,85
	3500	13,9	–	–	1	–	–	–	–
Вторая	600	4,63	7,71	1,71	1,41	1,68	1,55	1,99	3,4
	1000	7,71	11,57	2,68	1,68	1,89	1,79	2,16	5,79
	1500	11,57	15,42	3,76	1,89	1,95	1,92	2,01	7,54
	2000	15,42	20,05	4,93	1,95	1,75	1,85	2,5	12,33
	2600	20,05	23,13	4	1,73	1,57	1,65	1,87	7,47
	3000	23,13	26,99	6,96	1,57	1,09	1,33	2,9	20,18
	3500	26,99	–	–	1,09	–	–	–	–
Третья	600	7,45	12,42	2,76	1,13	1,35	1,24	4,01	11,07
	1000	12,42	18,63	4,31	1,35	1,57	1,46	4,25	18,32
	1500	18,63	24,84	6,04	1,57	1,57	1,57	3,96	23,92

Продолжение таблицы 8

Передача	$n_i$ ,	$V_i$ ,	$V_{i+1}$ ,	$V_{CP}$ ,	$J_i$	$J_{i+1}$	$J_{CP,i}$	$\Delta t_i$	$\Delta S$
----------	---------	---------	-------------	------------	-------	-----------	------------	--------------	------------

	об/мин	км/ч	км/ч	м/с					
	2000	24,84	32,29	7,94	1,57	1,43	1,5	4,97	39,46
	2600	32,29	37,26	9,66	1,43	1,28	1,36	3,65	35,26
	3000	37,26	43,47	11,21	1,28	0,77	1,03	6,03	67,6
	3500	43,47	–	–	0,77	–	–	–	–
Четвертая	600	12,18	20,3	4,51	0,81	0,89	0,85	9,55	43,07
	1000	20,3	30,45	7,05	0,89	0,98	0,94	10,8	76,14
	1500	30,45	40,59	9,87	0,98	1,07	1,03	9,84	97,12
	2000	40,59	52,77	12,97	1,07	0,89	0,98	12,43	161,22
	2600	52,77	60,89	15,79	0,89	0,72	0,81	10,02	158,22
	3000	60,89	71,04	18,33	0,72	0,38	0,55	18,45	338,19
	3600	71,04	–	–	0,38	–	–	–	–
Пятая	600	18,63	31,06	6,9	0,5	0,59	0,55	22,6	155,94
	1000	31,06	45,58	10,64	0,59	0,59	0,59	24,61	261,85
	1500	45,58	62,11	14,96	0,59	0,5	0,55	30,05	449,55
	2000	62,11	80,74	19,84	0,5	0,32	0,41	45,44	901,53
	2600	80,74	93,17	24,16	0,32	0,23	0,28	44,39	1072,5
	3000	93,17	–	–	0,23	–	–	–	–
	3500	–	–	–	–	–	–	–	–

«Путь, пройденный автомобилем за время переключения передач определяется по формуле:

$$\Delta S_{II} = (V_H - 17 \cdot t_{II}) \cdot t_{II}, \quad (21)$$

где  $V_H$  – скорость в начале переключения передач, определяется по формуле (23)» [7].

$$V_H = V_{CP} - V_{II}, \quad (22)$$

$$V_H = 5,28 - 2,58 = 2,7 \text{ м/с},$$

$$V_H = 9,08 - 5,43 = 3,65 \text{ м/с},$$

$$V_H = 14,77 - 8,69 = 6,08 \text{ м/с},$$

$$V_H = 21,25 - 14,56 = 6,69 \text{ м/с}.$$

### 3.3 Расчет топливной экономичности автомобиля

«Топливная экономическая характеристика представляет собой график зависимости путевого расхода топлива от скорости движения для различных дорожных условий. Путевой расход топлива определяется формуле:

$$q_{\text{п}} = \frac{g_e \cdot N_e}{10 \cdot V \cdot \rho_T} \quad (23)$$

где  $\rho_T$  – плотность топлива для бензина  $740 \text{ кг/м}^3$  ( $0,74 \text{ кг/л}$ ), для дизельного топлива  $800 \text{ кг/м}^3$  ( $0,8 \text{ кг/л}$ )» [18].

«Удельный расход топлива зависит от числа оборотов коленчатого вала и степени использования мощности и определяется по формуле:

$$g_e = g_N \cdot K_{\text{об.}} \cdot K_{\text{и.}} \quad (24)$$

где  $g_N$  – удельный расход топлива при максимальной мощности двигателя, для дизельного топлива равен  $258,4 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$ ;

$K_{\text{и.}}$  – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива от степени использования мощности» [18].

Известно, что рациональным режимом движения с точки зрения топливной экономичности является  $0,8$  от максимальной мощности, соответственно, удельный и путевой расход топлива для данных режимов движения определяется по формуле:

$$g_e = 258,4 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 144,7 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}.$$
$$q_{\text{п}} = \frac{144,7 \cdot (154,4 \cdot 0,8)}{10 \cdot (80 \cdot 0,8) \cdot 0,8} = 34,9 \text{ л/100км.} \quad (25)$$

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунках (37, 38).

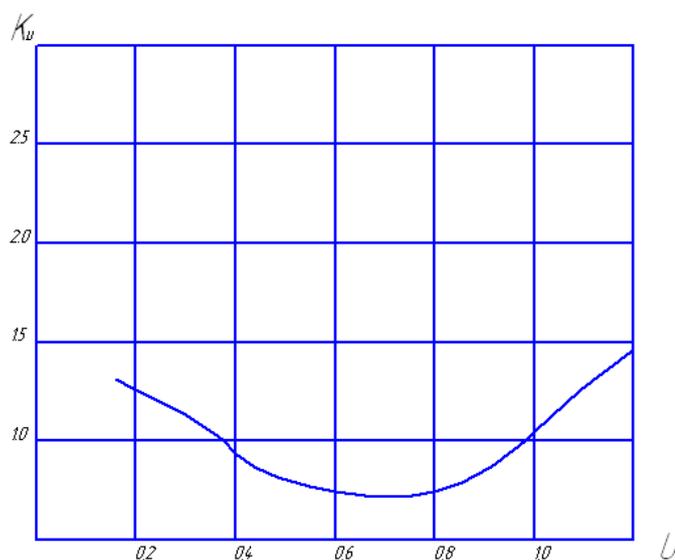


Рисунок 37 – График зависимости коэффициента, учитывающего изменение удельного расхода топлива от степени использования мощности

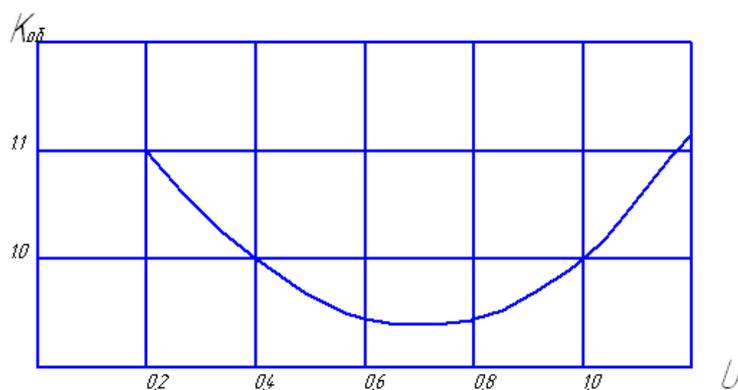


Рисунок 38 – График зависимости коэффициента, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности

Выводы по разделу.

В данном разделе определены исходные данные для расчета и компоновочная схема автомобиля. Также проведен тягово-динамический расчет автомобиля и построены соответствующие графики (внешне-скоростная характеристика, динамический фактор, топливной экономичности и так далее).

## **4 Разработка конструкции усовершенствованной тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором пневмопривода автомобилей семейства КАМАЗ**

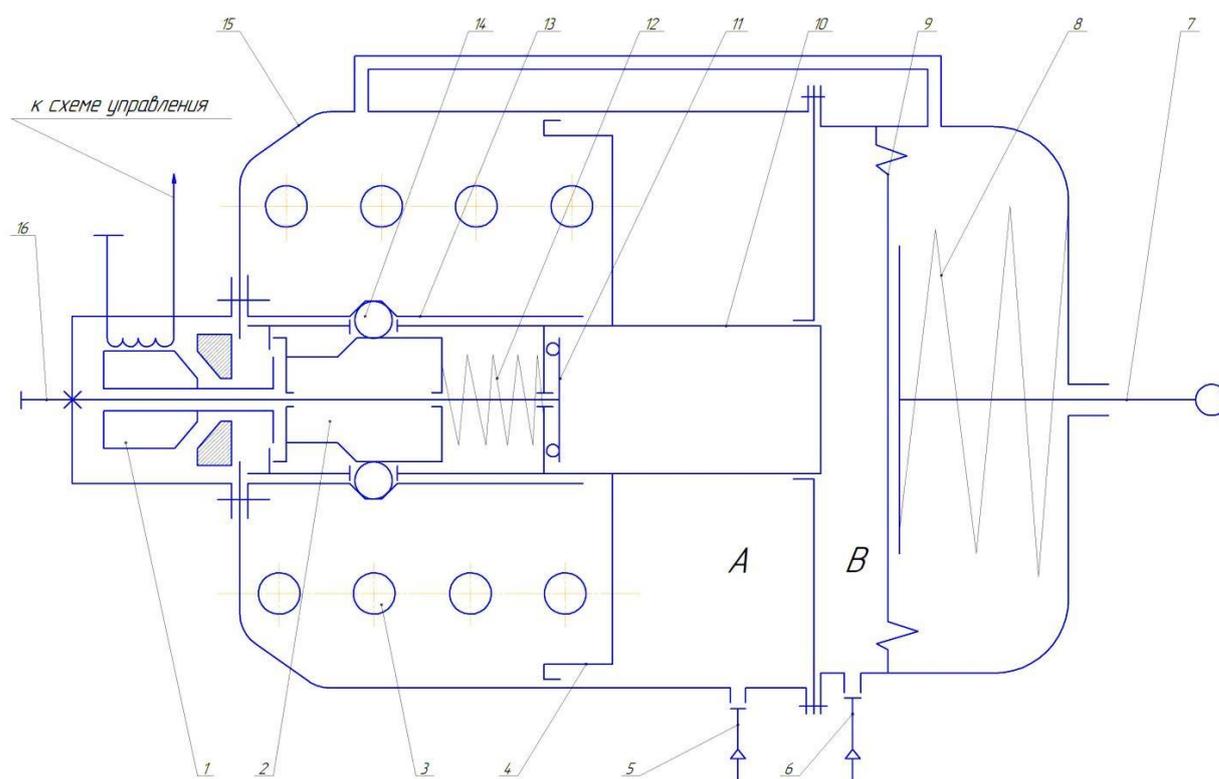
### **4.1 Схема и принцип действия предлагаемой конструкции**

За время эксплуатации автомобиля, не редко возникает необходимость стоянки на наклонной поверхности дороги, для избегания самопроизвольного скатывания, на крупных автобусах и грузовиках массой более восьми тонн, управляет работой колодок, посредством пружины, энергоаккумулятор. У грузовиков марки КАМАЗ применена подобная тормозная система с пружинным энергоаккумулятором поршневого типа, надежная конструкция пружинного энергоаккумулятора, разработана и внедрена в производство в пятидесятых годах девятнадцатого века.

Целью дипломного проекта является получение сбалансированной, надежной конструкции пружинного энергоаккумулятора, которая позволит обеспечить длительный срок гарантированной и безотказной работы тормозной системы и автомобиля в целом.

Рассмотрим энергоаккумулятор (рисунок 39) перечислив основные элементы: стальной корпус 15, мощная силовая пружина 3, распрямляясь, создает усилие не менее двух тонн на днище поршня 4 с толкателем 10, сдвигают тормозную диафрагму 9 со штоком 7, деформируя возвратную пружину 8; в механизме фиксации происходят свои процессы: обесточенный электромагнит 1, теряет электромагнитное поле, удерживающее распорный золотник 2, пружина фиксатора 12 смещает его относительно втулки фиксатора 13, освобождая из фиксации упорные стальные шарики 14; в конструкции предусмотрен винт ручного отключения тормоза 15 и снижающий осевые нагрузки на вал, однорядный упорный подшипник, подпятник, воспринимающий одностороннюю, осевую нагрузку 11.

Улучшая и расширяя функционал энергоаккумулятора, вносим существенные изменения в действующую конструкцию, добавлены дополнительные элементы, расширяющие функционал энергоаккумулятора. Для ручной разблокировки механизма фиксатора применяется винт ручного отключения тормоза, вкручивающийся по нарезанной резьбе, осевого отверстия в цилиндре энергоаккумулятора, смещая распорный золотник 2, вытягивающим сердечником управляющего электромагнита 1. На стенке направляющего поршня 4, цилиндра, радиально выполнено шесть сферических углублений, равных диаметру упорных шариков 14. В поршень вмонтирован механизм фиксации силовой пружины, состоящий из шести упорных стальных шариков.



1 – электромагнит; 2 – распорный золотник; 3 – силовая пружина; 4 – поршень; 5 – поток из стояночного контура; 6 – поток из рабочей тормозной системы; 8 – тормозная диафрагма; 7 – шток; 9 – пружина возвратная; 10 – толкатель; 11 – упорный подшипник; 12 – пружина фиксатора; 13 – втулка фиксатора; 14 – упорные шарики; 15 – сталь корпус

Рисунок 39 – Улучшенная тормозная камера энергоаккумулятора с электромагнитом.

Встроенный электромагнит призван для дублирования действий по сжатию силовой пружины давлением воздуха, или полного замещения, в аварийных ситуациях, поломки компрессора или разгерметизации тормозного контура. Утечка воздуха из системы или полная поломка компрессора, приведет к резкому срабатыванию энергоаккумулятора, распрямлению силовой пружины и как следствие, блокировке колес, тормозными колодками, создав неожиданно, аварийную ситуацию на проезжей части. Встроенный электромагнит, во время движения автомобиля, дублируя функциональные обязанности компрессора по поддержанию рабочего давления в тормозной системе и удерживая пружину в сжатом состоянии, предотвратит потенциальное дорожное происшествие.

#### **4.2 Управление усовершенствованной конструкцией энергоаккумулятора**

Физические процессы энергоаккумулятора, с электромагнитом в ситуации:

- для снижения скорости движения автомобиля, водитель нажимает педаль тормоза, направляя поток сжатого воздуха, стремящегося выровнять давление, из воздушных ресиверов и правый цилиндр, диафрагма деформируется, выдавливая шток наружу, поворачивая рычаг с устройством, прижимающим тормозные колодки к колесным барабанам, замедляя автомобиль. Если не отпустить педаль тормоза, то автомобиль остановится;
- при движении исправного автомобиля, сжатый воздух поступает в полость А, созданное давление давит на поршень, поддерживая силовую пружину в сжатом состоянии, толкатель переместившись влево, освободил место диафрагме со штоком выдавленным пружиной. Вошедший в полость корпуса шток, вернул рычаг с

разжимным кулаком, ослабив действие на тормозные колодки, позволяя колесам свободно вращаться.

Действия водителя в различных ситуациях:

- для выезда с парковки исправного автомобиля, шофер должен закрыть кран выхода воздуха из энергоаккумулятора, включить электромагнит, который сжимая силовую пружину поршнем, переместит толкатель влево, освободив место диафрагме со штоком выдавленным пружиной. Вошедший в полость корпуса шток, вернул рычаг с разжимным кулаком, ослабив действие на тормозные колодки, позволяя колесам свободно вращаться. Второй вариант: закрыв кран выхода воздуха из энергоаккумулятора, завести двигатель, компрессор подаст сжатый воздух в полость А, созданное давление, сожмет силовую пружину поршнем, переместит толкатель влево, освободив место диафрагме со штоком выдавленным пружиной. Вошедший в полость корпуса шток, вернул рычаг с разжимным кулаком, ослабив действие на тормозные колодки, позволяя колесам свободно вращаться;
- шофер решивший поставить свой автомобиль на стояночный тормоз, должен выпустить воздух из энергоаккумулятора, сравнив давление с атмосферным, стравив избыточное, открыв специальный кран, предварительно отключив питание электромагнита. Силовая пружина распрямляется, толкая цилиндр с толкателем, воздействуя на мембрану, выталкивая шток, поворачивающий разжимной кулак блокирующий вращение колес тормозными колодками;
- запасной тормозной контур является дублером штатной тормозной системы и может помочь водителю затормозить автомобиль в аварийной ситуации. Водитель закрывает кран подачи сжатого воздуха в цилиндры энергоаккумуляторов, порционно стравливая из них давление, распрямляем постепенно силовую пружину, перемещая поршень выдавливающий шток, через мембрану,

- наружу, поворачивая разжимные кулаки, отвечающие за работу тормозных колодок, замедляя автомобиль до полной остановки;
- в аварийной ситуации, поломки ресивера, отсутствие давления в одном из основных автономных контуров, для разблокирования колесных тормозов автомобиля, водителю рекомендовано переключить тройной защитный клапан, он автоматически отключает неисправный, один из двух, воздушный контур, в замен подключая дополнительный, аварийного растормаживания.

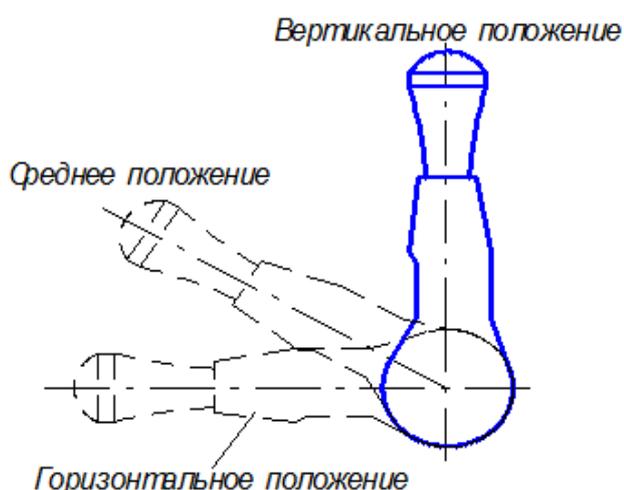


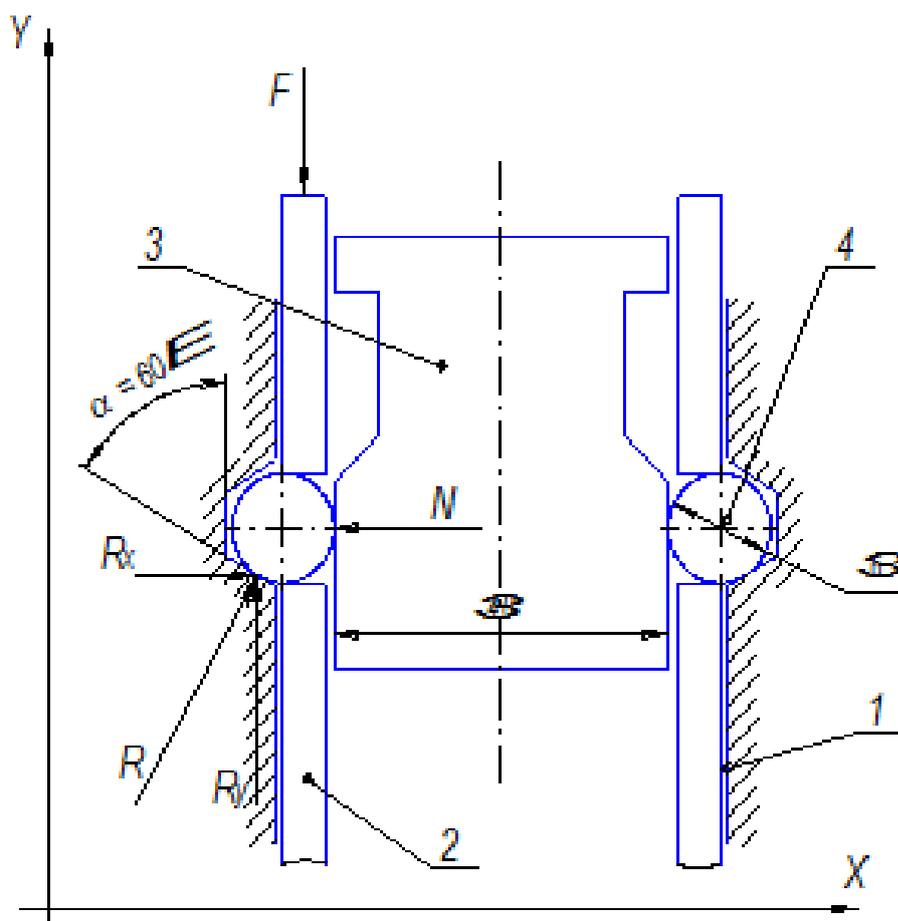
Рисунок 40 – Схема фиксированных положений трехпозиционного крана стояночного тормоза

### **4.3 Расчет деталей усовершенствованной тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором**

#### **4.3.1 Расчет прочности фиксирующего механизма**

«Фиксирующий механизм служит для удержания силовой пружины в сжатом положении. Таким образом, детали механизма фиксирования должны выдерживать значительные нагрузки в течение длительного времени. Детали фиксатора включают в себя цилиндрические и сферические поверхности, что приводит к образованию высоконагруженных звеньев» [30].

Расчетная схема фиксирующего механизма приведена на рисунке 41.



1 – направляющая поршня (неподвижная деталь фиксатора); 2 – поршень; 3 – распорный золотник; 4 – распорный шарик

Рисунок 41 – Расчетная схема фиксирующего механизма

«Прочность и долговечность контактирующих поверхностей оценивают по контактным напряжениям. Расчетные контактные напряжения при касании в точке определяются по формуле:

$$\sigma_H = 0,55 \cdot \sqrt{\frac{F_n \cdot E_{np}^2}{\rho_{np}^2}} \leq [\sigma], \quad (26)$$

где  $F_n$  – сила прижатия, нормальная к поверхности контакта, в сжатом состоянии, принимается равной 800 кг или 7840 Н;

$E_{np}$  – модуль упругости для стали, принимается равным  $2 \times 10^5$  МПа;

$\rho_{np}$  – радиус кривизны поверхности контакта» [16].

«Радиус кривизны поверхности:

$$\rho_{np} = \frac{1}{\frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2}}, \quad (27)$$

где  $r_1, r_2$  – радиусы поверхностей» [16].

Определим силы, действующие в механизме фиксатора. Для этого рассмотрим рисунок 41. Рассмотрим уравнения равновесия системы в проекциях на оси ОХ и ОУ:

$$\Sigma OX : R_x - N = 0, \quad (28)$$

$$R \cdot \cos \alpha - N = 0,$$

$$\Sigma OY : R_y - F = 0, \quad (29)$$

$$R \cdot \sin \alpha - F = 0.$$

Подставляя численные значения в выражения получим:

$$R = \frac{7840}{\sin 60^\circ} = 9052 \text{ Н},$$

$$N = 9052 \cdot \cos 60^\circ = 4526 \text{ Н}.$$

Условие прочности для кинематической пары 1 – 4:

$$\sigma_H = 0,55 \cdot \sqrt[3]{\frac{R \cdot E_{np}^2}{n \cdot \rho_{np}^2}} \leq [\sigma], \quad (30)$$

где  $n$  – число опорных шариков.

$$\rho_{np} = \frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1}{\infty}} = 3 \text{ мм},$$

$$\sigma_H = 0,55 \cdot \sqrt[3]{\frac{9052 \cdot 10^{-3} \cdot (2 \cdot 10^5)^2}{6 \cdot 3^2}} = 827 \text{ МПа}.$$

#### 4.3.2 Расчет винтовой пары приспособления для механического растормаживания

«Основным видом разрушения крепежной резьбы является срез витков. В соответствии с этим основным критерием работоспособности и расчета для крепежной резьбы являются прочность, связанная с напряжениями среза. Винт в соединении находится нагруженным растягивающей силой. Следовательно, винт необходимо рассчитать по нормальным напряжениям растяжения. Тогда условие прочности при центральном растяжении примет вид:

$$\delta = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \delta_{\max}, \quad (31)$$

где  $F$  – усилие растяжения (усилие пружины в сжатом состоянии);

$d$  – диаметр винта;

$\delta_{\max}$  – максимальные напряжения растяжения» [7].

«Показатель максимального напряжения растяжения показывает максимально допустимые нагрузки с учетом коэффициента запаса прочности.

$$\delta_{\max} = \frac{[\delta]}{k}, \quad (32)$$

где  $[\delta]$  – предельные напряжения при растяжении, для стали Ст.3 принимаются равными 100 МПа;

$k$  – коэффициент запаса, при переменной нагрузке принимается равным 1,5» [6].

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5 \cdot 7840}{3,14 \cdot 100 \cdot 10^6}} \approx 0,012 \text{ м.}$$

Принимаем диаметр винта равным 12 мм.

«Расчет длины резьбы в крышке электромагнита ведем по условию прочности резьбы на срез:

$$\tau = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot H \cdot K \cdot K_m} \leq \tau_{\max}, \quad (33)$$

где  $d$  – диаметр резьбы;

$H$  – длина резьбы;

$K$  – коэффициент полноты резьбы, для прямоугольной резьбы принимается равным 0,87;

$K_m$  – коэффициент неравномерности нагрузки, для прямоугольной резьбы принимается равным 0,65;

$\tau_{\max}$  – максимальные напряжения сдвига» [9].

«Максимальные напряжения сдвига определяется по формуле:

$$\tau_{\max} = \frac{[\tau]}{K_1}, \quad (34)$$

где  $[\tau]$  – предельное напряжение среза, для стали Ст3 100 МПа;

$K_1$  – коэффициент запаса прочности, принимается равным 2» [6].

Подставляя выражение (9) в (8) получим:

$$H \geq \frac{2 \cdot 7840}{3,14 \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 0,87 \cdot 0,65 \cdot 100 \cdot 10^6} \approx 0,008 \text{ м.}$$

### 4.3.3 Расчет заклепочного соединения направляющей поршня

«Направляющая поршня соединена с цилиндром энергоаккумулятора при помощи заклепочного соединения. В расторможенном положении поршень энергоаккумулятора передает направляющей поршня усилие от сжатой силовой пружины. При этом заклепочное соединение будет испытывать растягивающие нагрузки, следовательно, заклепки необходимо рассчитывать по нормальным напряжениям растяжения. Тогда условие прочности при центральном растяжении примет вид:

$$\delta = \frac{4 \cdot N}{\pi \cdot d^2} \leq \delta_{\max}, \quad (35)$$

где  $N$  – усилие, приходящееся на одну заклепку;

$d$  – диаметр заклепки» [7].

«Усилие, приходящееся на одну заклепку, определяется отношением усилия силовой пружины в деформированном состоянии к числу заклепок в соединении:

$$N = \frac{F}{n}, \quad (36)$$

где  $F$  – усилие пружины в сжатом состоянии, принимается равным

800 кг = 7840 Н;

$n$  – число заклепок» [1].

Подставив выражения (36) в (35) и приняв число заклепок равным 5, коэффициент запаса равным 2 имеем:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 7840}{3,14 \cdot 5 \cdot 100 \cdot 10^6}} = 0,0059 \text{ м.}$$

Окончательно принимаем диаметр заклепок равным 6 мм.

#### 4.3.4 Расчет заклепочного соединения корпуса электромагнита

Корпус электромагнита нагружен и воспринимает периодические нагрузки, в виде момента сопротивления от вывинчивания винта механического растормаживания. Заклепочное соединение в собранном состоянии воспринимает нагрузку аналогично болтовому соединению поставленному без зазора. При расчете прочности соединения не учитывают силы трения в стыке. Стержень рассчитывают по напряжениям среза.

«Условие прочности по напряжениям среза:

$$\tau = \frac{F_t}{\frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot i} \leq \tau_{\max}, \quad (37)$$

где  $F_t$  – окружная сила;

$d$  – диаметр заклепки;

$i$  – число заклепок.

$$F_t = \frac{T_T}{r_3}, \quad (38)$$

где  $T_T$  – момент сопротивления вывинчиванию от сил трения;

$r_3$  – осевой радиус заклепок» [6].

«Момент сопротивления вывинчиванию от сил трения определяется по формуле:

$$T_T = 0,5 \cdot F \cdot d_2 \cdot \left[ \frac{D_{cp}}{d_2} \cdot f + tg(\psi + \varphi) \right], \quad (39)$$

где  $F$  – осевое усилие от силовой пружины, Н;

- $f$  – коэффициент трения;
- $d_2$  – средний диаметр резьбы, мм;
- $\psi$  – угол подъема резьбы, для крепежной резьбы –  $3^\circ$ ;
- $\varphi$  – угол трения в резьбе, для крепежной резьбы –  $10^\circ$ » [6].

Подставляя численные значения в выражение (39) получаем:

$$T_T = 0,5 \cdot 7840 \cdot 11,5 \cdot 10^{-3} \cdot \left[ \frac{10,5}{11,5} \cdot 0,2 + \operatorname{tg}(3 + 10) \right] = 19,6 \text{ Н.}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 19,6}{3,14 \cdot 5 \cdot 38 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^6}} = 0,0035 \text{ м.}$$

Принимаем диаметр заклепок равным 4 мм.

#### 4.3.5 Расчет пружины фиксирующего устройства

Для расчета параметров пружины первоначально задаемся начальными условиями. Рабочий ход пружины 6,5 мм, усилие пружины при рабочей деформации 20 Н, усилие при предварительной деформации 12 Н, с учетом диаметра золотника принимаем внутренний диаметр пружины 16 мм.

Предварительно по таблице 11.1 [11] принимаем пружину I класса, разряда 1. Учитывая, что средний диаметр пружины больше 16 мм, и ориентируясь на диаметр проволоки 1,5 мм, принимаем  $c=15$ ,  $k=1,16$  [11].

«Тогда сила пружины при максимальной деформации:

$$F_3 = \frac{F_2}{1 - \delta}, \quad (40)$$

где  $\delta$  – относительный зазор, принимаемый в зависимости от класса пружины и характера воспринимаемой нагрузки, принимается равным 0,1» [11].

$$F_3 = \frac{20}{1-0,1} = 22,2 \text{ Н}$$

Находим диаметр проволоки по формуле:

$$d = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{k \cdot c \cdot F}{[\tau]}}, \quad (41)$$
$$d = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{1,16 \cdot 15 \cdot 22,2}{750}} = 1,15 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр равным 1,2 мм.

Определяем наружный и внутренний диаметры пружины:

$$D_H = D + d, \quad (42)$$

$$D_B = D - d. \quad (43)$$

Средний диаметр пружины:

$$D = d \cdot c, \quad (44)$$

$$D = 1,2 \cdot 15 = 18 \text{ мм,}$$

$$D_H = 18 + 1,2 = 19,2 \text{ мм,}$$

$$D_B = 18 - 1,2 = 16,8 \text{ мм.}$$

«Жесткость пружины определяется по формуле:

$$z = \frac{F_2 - F_1}{h} = \frac{F_2}{\lambda_2} \quad (45)$$

где  $F_1$  – сила пружины при предварительной деформации, Н;

$h$  – рабочий ход, мм;

$F_2$  – рабочая деформация, мм» [6].

$$z = \frac{20-12}{6,5} = 1,2 \text{ Н/мм.}$$

Производительная деформация:

$$\lambda_1 = \frac{F_1}{z}, \quad (46)$$

$$\lambda_1 = \frac{12}{1,2} = 10 \text{ мм.}$$

Рабочая деформация:

$$\lambda_2 = \frac{F_2}{z}, \quad (47)$$

$$\lambda_2 = \frac{20}{1,2} = 16,7 \text{ мм.}$$

Максимальная деформация:

$$\lambda_3 = \frac{F_3}{z}, \quad (48)$$

$$\lambda_3 = \frac{22,2}{1,2} = 18,5 \text{ мм.}$$

«Жесткость одного витка:

$$z_1 = \frac{G \cdot d}{8 \cdot c^3} = \frac{10^4 \cdot d}{c^3}, \quad (49)$$

где  $G$  – модуль сдвига материала проволоки, для стали равняется  $8 \cdot 10^4$  МПа» [6].

$$z_1 = \frac{10^4 \cdot 1,2}{15^3} = 3,6 \text{ Н/мм.}$$

По таблице 11.3 [17] принимаем пружину №239 ГОСТ 13767-86 с силой при максимальной деформации (до соприкосновения витков):  $F_{max}=24$  Н;  $d=1,2$  мм;  $D_n=20$  мм;  $D=18$  мм;  $z_f=7,5$  Н/мм; наибольший прогиб одного витка 3,052 мм.

#### **4.4 Разработка технологической карты технического обслуживания тормозной системы автомобилей семейства КАМАЗ**

В связи с ограничением объема пояснительной записки операционно-технологическая карта технического обслуживания тормозной системы грузового автомобиля КАМАЗ вынесена на отдельный графический лист (А1), на основании которого были сделаны следующие выводы: исполнитель: 2 слесаря, 3 и 4 разрядов; общая трудоемкость: 0,92 чел.ч.

Выводы по разделу.

В данном разделе работы была предложена схема, принцип действия и управление предлагаемой конструкции тормозной камеры с энергоаккумулятором. Далее проведен расчет деталей, модернизированной тормозной камеры (прочностной расчет фиксирующего механизма, расчет винтовой пары приспособления для механического растормаживания, расчет заклепочного соединения корпуса электромагнита, расчет пружины фиксирующего устройства.

Также была разработана технологическая карта технического обслуживания тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором.

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

### **5.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса технического обслуживания тормозного пневмопривода**

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

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

В мире, особенно в последние годы, наблюдается интенсивный рост опасных процессов. С одной стороны, это опасные природные явления и стихийные бедствия, с другой стороны – техногенные аварии и катастрофы. За последние полвека число опасных стихийных бедствий увеличилось примерно в три раза, а ущерб от них – десять. При этом следует отметить, что процессы опасных природных явлений во многом связаны с деятельностью человека: деградация природной среды в результате сокращения лесного покрова, выбросов, изменения режимов природной воды, загрязнение воды и так далее. Сокращение числа профессиональных заболеваний, контролируя возрастные пороги ограничений, перемещая персонал по смежным профессиям, согласно графику, информированность персонала и разбор причин повлекших аварию, развитие профессиональной (легкий труд), и медицинской реабилитации пострадавших на производстве, первоочередные задачи руководства предприятием и правительства страны, в целом. Безопасность жизнедеятельности, это основа всех аспектов безопасности (пожарная безопасность, безопасность на воде, безопасность при общении с электричеством, экономическая безопасность, безопасность труда и так далее). Изучение и систематизация окружающих нас

потенциальных опасностей формирует рефлекторно безопасное поведение, общую грамотность в вопросе безопасности, привычку к безопасному поведению. Дальнейшее развитие данного вопроса, призвано изменить отношение руководителей разного звена и исполнителей, к требованиям и рекомендациям охраны труда, сохраняющей нам жизнь и здоровье.

В автомобильном транспорте данная проблема весьма актуальна, так как автомобиль сам по себе является транспортным средством повышенной опасности. Обслуживание же и ремонт автомобиля так же требуют концентрации внимания на технике безопасности.

«В целях обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности применения, хранения, транспортирования и утилизации материалов, изделий, устройств, а также их использования в бытовых целях для каждого товара/услуги разрабатывается паспорт безопасности» [21].

В таблице 9 представлен паспорт безопасности на технологический процесс технического обслуживания тормозного пневмопривода.

Таблица 9 – Паспорт безопасности на технологический процесс технического обслуживания тормозного пневмопривода

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс	Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
Техническое обслуживание тормозного пневмопривода	1 Установка автомобиля на подъемник. 2 Техническое обслуживание тормозного пневмопривода согласно технологической картой. 3 Снять автомобиль с подъемника	Слесарь по ремонту автомобилей 4 разряда	Электрооборудование: – подъемник, – прибор ДТ-8300, – стенд КИ-8925; Ключи по размеру крепежных элементов: – рожковые, – накидные, – с трещоткой. Отвертки по размеру крепежных элементов: – плоские, – крестообразные. Линейка	Защитные хлопчатобумажные перчатки, спецодежда, спецобувь

## 5.2 Определение профессиональных рисков

«Процесс определения профессиональных рисков включает в себя процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов (далее – О и ВПФ) согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и установления их временных, количественных и других характеристик, в целях разработки комплекса предупреждающих мероприятий в целях обеспечения безопасности труда» [23].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе технического обслуживания тормозного пневмопривода представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
1 Установка автомобиля на подъемник. 2 Техническое обслуживание тормозного пневмопривода согласно технологической карты. 3 Снять автомобиль с подъемника	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Детали, узлы, агрегаты автомобиля, подъемника
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Детали, узлы, агрегаты автомобиля, подъемника
	Повышенный уровень шума	Подъемник, автомобили, обслуживаемые на участке
	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта
	Возможность поражения электрическим током	Подъемник
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	

### 5.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [29].

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации О и ВПФ производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

Типовой перечень ежегодно реализуемых работодателем за счет указанных средств мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда.

Основные мероприятия:

- а) «проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ). СОУТ позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
  - 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья,

- предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
- 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
  - 3) установить работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [23];
- 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 соответствии 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 (классов) по охране труда компьютерами, 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» [26].

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	<p>Организационно-технические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–инструктажи по охране труда;</li> <li>–содержание технических устройств в надлежащем состоянии</li> </ul>	<p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты)</p>
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	<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"> <li>–обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами;</li> <li>–предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования</li> <li>–знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015</li> <li>–обеспечение дистанционного управления оборудованием</li> </ul>	<p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов)</p>

Продолжение таблицы 11

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
Повышенный уровень шума	<ul style="list-style-type: none"> <li>–уменьшение величины шума на пути его распространения;</li> <li>–снижение шума в источнике;</li> <li>–проведение лечебно-профилактических мероприятий;</li> <li>–организационно-технические мероприятия (использование современных менее шумных технологических процессов и машин, – оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля;</li> <li>–контроль за уровнем шума и своевременное устранение его причин;</li> <li>–введение целесообразных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях);</li> <li>–архитектурно-планировочные меры – уменьшение шума еще на стадии проектирования промышленных зданий сооружений;</li> <li>–формирование зон защищенных от шума, целесообразное размещение оборудования рабочих мест;</li> <li>–акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов</li> </ul>	<p>Противошумные: наушники, закрывающие ушную раковину снаружи, вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход.</p> <p>Противошумные шлема и каски; противошумные костюмы</p>
Возможность поражения электрическим током	<p>К техническим мерам защиты от действия электрического тока относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–изоляция токопроводящих элементов,</li> <li>–зануление,</li> <li>–заземление,</li> <li>–защитное отключение.</li> </ul> <p>К организационным мерам защиты от действия электрического тока относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–оформление нарядов или распоряжений с полным указанием места и времени</li> </ul>	<p>Диэлектрические перчатки, изолирующие клещи и штанги, слесарный инструмент с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, диэлектрические калоши, боты, подставки, коврики, предохранительные пояса, «когти», лестницы, защитные щитки, каски и очки, рукавицы из трудновоспламеняемых</p>

Продолжение таблицы 11

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	<p>работы, ответственных лиц, мер безопасности;</p> <p>–обучение персонала и оформление допуска;</p> <p>–надзор над проведением работ.</p> <p>Технические средства защиты от действия электрического тока:</p> <p>–изолирующие (диэлектрические перчатки, изолирующие клещи и штанги, слесарный инструмент с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, диэлектрические калоши, боты, подставки, коврики);</p> <p>–предохранительные – специальные средства индивидуальной защиты, обеспечивающие безопасность во время проведения электромонтажных работ в особо сложных условиях: на высоте, при световом, тепловом и механическом воздействии электрической дуги (предохранительные пояса, «когти», лестницы, защитные щитки, каски и очки, рукавицы из трудновоспламеняемых материалов, спецодежда, спецобувь, противогазы);</p> <p>–ограждающие для обеспечения коллективной безопасности (щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие и шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты)</p>	<p>материалов, спецодежда, спецобувь, противогазы; щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие и шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты</p>
Отсутствие или недостаток естественного света	<p>Устройство световых проемов в стенах производственного помещения, световых фонарей на крыше здания, устройство дополнительного освещения на рабочем месте рабочего.</p> <p>Контроль за параметрами освещенности при помощи специального прибора люксметра-пульсметра</p>	–

Продолжение таблицы 11

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
<p>Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой</p>	<p>Для предупреждения развития утомления, функционального перенапряжения и функциональных скелетно-мышечных нарушений работающих факторы трудового процесса, характеризующие тяжесть физического труда, не должны превышать допустимые величины и отвечать требованиям Руководства Р2.2.2006-05.</p> <p>В целях профилактики развития утомления, перенапряжения и развития скелетно-мышечных заболеваний существенное значение имеет соответствие конструкции используемого производственного оборудования, ручного инструмента и так далее современным требованиям эргономики, антропометрическим данным, физиологическим и психологическим возможностям работающего человека.</p>	<p>—</p>
<p>Монотонность труда, вызывающая монотонию</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>–расширение круга обязанностей;</li> <li>–усложнение работы или обогащение такими функциями и обязанностями, которые способны сыграть роль стимулов для того или иного сотрудника;</li> <li>–руководитель должен установить режим и график работы сотрудников. Принципы и методология определения количества и продолжительности перерывов на отдых, независимо от регламентированного периода работы, являются едиными. С сокращением рабочего дня потребность в отдыхе может возрасти, поскольку, как правило, увеличивается интенсивность труда;</li> <li>–обратить внимание на социальные и физические условия труда: уровень шума в помещении, цветовая гамма помещения, освещение.</li> </ul>	

## 5.4 Пожарная безопасность

«Пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Требования пожарной безопасности – специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом» [27].

Каждый работник обязан:

- «знать и соблюдать требования правил пожарной безопасности и инструкций о мерах пожарной безопасности, действующих на предприятии;
- при приеме на работу пройти вводный противопожарный инструктаж;
- до начала самостоятельной работы пройти первичный противопожарный инструктаж на рабочем месте;
- не реже одного раза в полугодие проводить повторный противопожарный инструктаж;
- при необходимости проводить внеплановый и целевой противопожарные инструктажи;
- соблюдать меры предосторожности при использовании средств бытовой химии, газовых приборов, проведении работ с легковоспламеняющимися и горючими веществами, материалами и оборудованием;
- при возникновении пожара немедленно сообщить об этом в пожарную охрану, непосредственному или вышестоящему руководителю, принять все меры к эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей;

- при нарушениях пожарной безопасности на участке работы, использовании не по прямому назначению пожарного оборудования, указать об этом нарушителю и сообщить лицу, ответственному за пожарную безопасность» [24].

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при техническом обслуживании тормозного пневмопривода представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при техническом обслуживании тормозного пневмопривода

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия
Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [27].
«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» [34].
«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» [32].
«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, средств пожаротушения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия
Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность Общие требования»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах» [31].
«Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [33].

## 5.5 Экологическая безопасность технологического процесса технического обслуживания тормозного пневмопривода

Сводная информация по идентификации экологических факторов при техническом обслуживании тормозного пневмопривода представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Идентификация экологических факторов

Структурные составляющие процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Техническое обслуживание тормозного пневмопривода	Мелкодисперсные частицы пыли в окружающем воздухе, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей, а также в результате ее пролива, утечки	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [28].

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия при техническом обслуживании тормозного пневмопривода представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса технического обслуживания тормозного пневмопривода

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

Выводы по разделу.

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»:

- разработан паспорт безопасности на технологический процесс технического обслуживания тормозного пневмопривода с энергоаккумулятором (таблица 9);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе технического обслуживания тормозного пневмопривода (таблица 10) и определены пути их снижения (таблица 11);
- рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе технического обслуживания тормозного пневмопривода (таблицы 12, 13);
- определены мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного воздействия технологического процесса технического обслуживания тормозного пневмопривода (таблица 14).

Далее предлагается рассмотреть раздел, посвященный экономической эффективности от разработки.

## 6 Экономическая эффективность проекта

Экономический эффект от конструкторской разработки усовершенствованной тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором достигается:

- за счет снижения расходуемой мощности двигателя на привод компрессора;
- за счет увеличения ресурса компрессора;
- в результате уменьшается время простоя автомобиля в неисправном состоянии.

### 6.1 Расчет статей затрат на внедрение конструкции

Для определения экономической эффективности внедрения в производство конструктивной разработки необходимо рассчитать затраты на изготовление.

«Рассчитываем затраты на изготовление конструкции усовершенствованной тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором по формуле:

$$C_{ц}^{и} = C_{к.д} + C_{о.д} + C_{н.д} + C_{сб.н} + C_{он}, \quad (50)$$

где  $C_{к.д}$  – стоимость изготовления корпусных деталей;

$C_{о.д}$  – затраты на изготовление оригинальных деталей;

$C_{н.д}$  – цена покупных деталей;

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

$C_{он}$  – общепроизводственные расходы» [26].

«Рассчитываем стоимость изготовления корпусных деталей по формуле:

$$C_{к.д} = Q_{к} \cdot C_{з.д}, \quad (51)$$

где  $Q_{к}$  – масса материала на изготовление корпусных деталей;

$C_{з.д}$  – средняя стоимость одного килограмма готовых деталей» [26].

$$C_{к.д} = 0,53 \cdot 6,5 + 0,47 \cdot 7,5 = 9,97 \text{ р.}$$

«Рассчитываем затраты на изготовление оригинальных деталей по формуле:

$$C_{о.д} = C_{нр.н} + C_{м}, \quad (52)$$

где  $C_{нр.н}$  – полная заработная плата рабочих, занятых на изготовлении оригинальных деталей;

$C_{м}$  – стоимость материала заготовок» [26].

«Рассчитываем полную заработную плату рабочих, занятых на изготовлении оригинальных деталей по формуле:

$$C_{нр.н} = C_{нр} + C_{д} + C_{соц}, \quad (53)$$

где  $C_{нр}$  – заработная плата рабочих, занятых на изготовлении оригинальных деталей;

$C_{д}$  – дополнительная заработная плата;

$C_{соц}$  – начисления по социальному страхованию» [26].

$$C_{нр} = t + C_{у} \cdot k_{т}, \quad (54)$$

где  $t$  – трудоемкость изготовления оригинальных деталей,  $t_1=1,3$  чел.-ч.,  $t_2=0,8$  чел.-ч.;

$C_i$  – часовая ставка рабочих по среднему разряду. Тарифную ставку считаем из расчёта минимального размера заработной платы по Самарской области на 2021 год, которая составляет 12792 р. в соответствии с законом № 82-ФЗ.

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

$k_i$  – коэффициент, учитывающий дополнительную оплату к основной заработной плате, принимается равным 1,03.

$$C_{np} = (1,3 + 0,8) \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 267,26 \text{ р.}$$

$$C_o = \frac{(5 \dots 12) \cdot C_{np}}{100}, \quad (55)$$

$$C_o = \frac{7 \cdot 267,26}{100} = 18,7 \text{ р.},$$

$$C_{соц} = \frac{1,38 \cdot (C_{np} + C_o)}{100}, \quad (56)$$

$$C_{соц} = \frac{1,38 \cdot (267,26 + 18,7)}{100} = 3,94 \text{ р.}$$

Рассчитываем полную заработную плату рабочих, занятых на изготовлении оригинальных деталей:

$$C_{np.n} = 267,26 + 18,7 + 3,94 = 289,9 \text{ р.}$$

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

$$C_m = C_1 \cdot Q_3, \quad (57)$$

где  $C_1$  – цена 1 кг материала заготовки;

$Q_3$  – масса заготовок» [26].

$$C_m = 0,74 \cdot 7,5 + 0,25 \cdot 6,5 = 7,2 \text{ р.}$$

$$C_{o.o} = 42,6 + 7,2 = 49,8 \text{ р.}$$

Цена покупных изделий берется по прейскуранту.

К покупным изделиям относим: электромагнит – 150 р., блок управления – 250 р., болт – 6 р., заклепка – 0,8 р., пружина большая – 16 р., пружина малая – 3 р., выключатель – 10 р.

$$C_{n.o} = 120 \cdot 4 + 190 + 6 \cdot 16 + 0,8 \cdot 9 + 16 + 3 + 10 \cdot 5 = 842,2 \text{ р.}$$

Рассчитываем заработную плату рабочих, занятых на сборке, по формуле:

$$C_{сб.н} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (58)$$

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_ч \cdot k_t,$$

где  $T_{сб}$  – нормативная трудоемкость на сборочных работах.

$$T_{сб} = k_c \cdot t_{сб}, \quad (59)$$

где  $k_c$  – коэффициент учитывающий соотношение между полным трудом и оперативным временем сборки, принимается равным 1,08;

$t_{сб}$  – трудоемкость составных частей конструкции, 0,8 чел.-ч.

$$T_{сб} = 1,08 \cdot 0,5 = 0,84 \text{ чел. - ч.}$$

$$C_{сб} = 0,84 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 106,9 \text{ р.}$$

Рассчитываем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{д.сб} = \frac{(5...12) \cdot C_{сб}}{100}, \quad (60)$$

$$C_{д.сб} = \frac{10 \cdot 106,9}{100} = 10,69 \text{ р.,}$$

$$C_{соц} = \frac{1,38 \cdot (C_{сб} + C_{д.сб})}{100}, \quad (61)$$

$$C_{соц} = \frac{1,38 \cdot (106,9 + 10,69)}{100} = 1,62 \text{ р.}$$

Рассчитываем полную заработную плату:

$$C_{сб.п} = 106,9 + 10,69 + 1,62 = 119,21 \text{ р.}$$

«Рассчитываем общепроизводственные накладные расходы на изготовление по формуле:

$$C_{он} = \frac{C'_{np} \cdot k_{он}}{100}, \quad (62)$$

где  $C'_{np}$  – основная заработная плата производственных рабочих;

$k_{он}$  – коэффициент общепроизводственных расходов, принимается равным 18%» [26].

$$C'_{np} = C_{np} + C_{сб}, \quad (63)$$

$$C'_{np} = 267,26 + 106,9 = 374,16 \text{ р.}$$

$$C_{on} = \frac{374,16 \cdot 18}{100} = 67,34 \text{ р.}$$

$$C_u^u = 9,97 \cdot 4 + 49,8 \cdot 4 + 842,2 + 289,9 \cdot 4 + 67,34 = 2308,22 \text{ р.}$$

## 6.2 Расчет статей доходов от внедрения проекта

Экономия топлива одним автомобилем за один год составит:

$$Q = \frac{t_p}{20} \cdot g_e \cdot T_{cm} \cdot c \cdot D_{pz}, \quad (64)$$

где  $T_{cm}$  – время смены;

$c$  – число смен;

$D_{pz}$  – число рабочих дней в году.

$$Q = \frac{0,5}{20} \cdot 225 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 255 = 22950 \text{ г} \approx 23 \text{ кг.}$$

Рассчитываем сумму средств, сэкономленных от снижения расхода топлива за год по парку автомобилей по формуле:

$$C_T = Q \cdot \rho \cdot C_0 \cdot A_u, \quad (65)$$

где  $\rho$  – плотность топлива, для дизельного топлива,  $0,85 \text{ кг/м}^3$ ;

$C_0$  – стоимость одного литра дизельного топлива, при розничной торговле, по состоянию на 01.03.2021 г. стоимость 1 л дизельного топлива составляет 45,5 р.;

$A_u$  – списочное количество автомобилей.

$$C_T = 23 \cdot 0,825 \cdot 45,5 \cdot 68 = 58708,65 \text{ р.}$$

После внедрения предлагаемой конструкции снижение времени работы компрессора составит:

$$T = 3 \cdot t_p \cdot T_{cm} \cdot c \cdot D_{p2}, \quad (66)$$
$$T = 3 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 255 = 102 \text{ ч.}$$

Среднегодовое время работы компрессора будет составлять 1020 часов.

В процентном соотношении среднее время работы компрессора снизится на:

$$\Delta = 1 - \frac{1122 - 1020}{1122} = 0,09.$$

Следовательно, годовая потребность в компрессорах составит:

$$N = \Delta \cdot N_0, \quad (67)$$
$$N = 0,09 \cdot 36 = 33.$$

Рассчитываем годовую экономию от снижения количества замен отказавших компрессоров по формуле (79):

$$C_k = C_0 \cdot (N_0 - N), \quad (68)$$

где  $C_0$  – затраты связанные с ремонтом одного компрессора;

$$C_k = 620 \cdot 3 = 1860 \text{ р.} \quad (69)$$

Примем для условного предприятия среднесуточный пробег равным 120 км, при средней грузоподъемности автомобиля 8 тонн и тарифной ставке 150 р., убыток от простоя одного автомобиля за час составит:

$$P = \frac{l_{cc} \cdot q \cdot C_{TKM}}{T_{CM} \cdot c}, \quad (70)$$

$$P = \frac{120 \cdot 8 \cdot 150}{8 \cdot 2} = 9000 \text{ р.}$$

Простой автомобиля, связанный с заменой компрессора равен 3,2 часа, следовательно, годовая экономия от сокращения простоев автомобилей рассчитываем по формуле:

$$C_{np} = T_{np} \cdot P \cdot (N_0 - N), \quad (71)$$

$$C_{np} = 9000 \cdot 3,2 \cdot (36 - 33) = 83700 \text{ р.}$$

### 6.3 Расчет показателей экономической эффективности

Рассчитываем капитальные вложения по формуле:

$$K = C_y^u \cdot A_u, \quad (72)$$

$$K = 2308,22 \cdot 68 = 156958,96 \text{ р.}$$

Рассчитываем приведенные затраты по формуле:

$$\Pi_3 = C_y^u + 0,15 \cdot K \quad (73)$$

$$\Pi_3 = 2308,22 \cdot 68 + 0,15 \cdot 156958,96 = 180502,8 \text{ р.}$$

Рассчитываем срок окупаемости по формуле:

$$T = \frac{K}{\sum C_i}, \quad (74)$$

где  $\sum C_i$  – сумма экономии от внедрения усовершенствованной конструкции.

$$T = \frac{156958,96}{58708,65 + 1860 + 83700} = 1,08 \text{ лет.}$$

Выводы по разделу.

В результате проведенных расчетов были вычислены основные статьи расходов и доходов, связанные с внедрением усовершенствованной конструкции тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором.

Стоимость данной модернизации составит около 2300 р, а срок окупаемости проекта составляет 1,08 лет. В качестве источника капитальных вложений предприятие может использовать заемные и собственные денежные средства.

## Заключение

В данном дипломном проекте на тему: «Модернизация тормозной системы грузового автомобиля КАМАЗ путем разработки усовершенствованной тормозной камеры» была обоснована тема дипломного проекта, поставлены цель и задачи.

В работе был проведен обзор тормозной системы грузового автомобиля КАМАЗ с подробным описанием всех ее элементов и механизмов, обзор и анализ конструкций тормозных камер с энергоаккумуляторами пневматического и комбинированного типа.

В результате проделанной работы спроектирована усовершенствованная тормозная камера с пружинным энергоаккумулятором пневмопривода автомобиля КамАЗ.

В усовершенствованной тормозной камере с пружинным энергоаккумулятором применено устройство фиксирования поршня. Применение устройства фиксирования поршня позволяет снизить в пневмоприводе потери сжатого воздуха, разгрузить компрессор и увеличить его ресурс, снизить расход топлива и повысить безопасность движения транспортного средства.

Относительная простота разрабатываемой конструкции позволяет изготовить конструкцию усовершенствованного энергоаккумулятора в условиях ремонтных мастерских автотранспортных предприятий.

В ходе работы была предложена технология проведения технического обслуживания тормозного пневмопривода применительно к разработанной конструкции.

Расчеты экономической эффективности показывают, что стоимость данной модернизации составит около 2300 р, а срок окупаемости проекта составляет 1,08 лет.

Из вышесказанного следует, что внедрение данного проекта целесообразно и выгодно.

## Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Вахламов В.К. Автомобили конструкция и элементы расчета. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 480 с.
- 2 Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта". Учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с.
- 3 Гуревич Л.В., Меламуд Р.А. Пневматический тормозной привод автотранспортных средств: Устройство и эксплуатация. – М.: Транспорт, 1988. – 224 с.: ил.
- 4 Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. Учебник для втузов. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 1975. – 654 с.: ил.
- 5 Демкин В.В., Дремкин А.П., Зацепилов К.И. Грузовой транспорт КАМАЗ и его модификации. Руководство по эксплуатации. – М.: Атласы автомобилей, 2001. – 512 с.: ил.
- 6 Зимелев Г.В. Теория автомобилей. – М.: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1957 - 455 с.
- 7 Иванов М.Н. Детали машин: Учеб. для студентов высш. техн. учеб. Заведений. – 5-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1991. – 383 с.: ил.
- 8 Карагодин В.И., Карагодин Д.В. Автомобили КамАЗ: устройство, техническое обслуживание и ремонт. – М.: Транспорт, 2001. – 342 с.
- 9 Кузнецов Е.С. Сядельный тягач КАМАЗ. Устройство и техническая эксплуатация. – М.: Транспорт, 1976. –288 с.: ил.
- 10 Маевская Е. Б. Экономика организации : учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 351 с.
- 11 Марченко, П. Ф. Теория и конструкция лесных колесных и гусеничных / П. Ф. Марченко. – Архангельск: РИО АЛТИ, 1990. – 37 с .

- 12 Мащенко А.Ф., Розанов В.Г. Тормозные системы автотранспортных средств. – М.: Транспорт, 1972. – 144 с.
- 13 Методические указания по изучению конструкции пневмопривода тормозных механизмов автомобиля КамАЗ. – Уфа: БГАУ, 2002. – 25 с.
- 14 Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Физика: Молекулярная физика. Термодинамика: Учеб. – М.: Дрофа, 1996. – 352 с.: ил.
- 15 Мясищев Д. Г. Лесотранспортные машины: Методические указания к выполнению курсовой работы / Д. Г. Мясищев. – Архангельск: РИО АГТУ, 1994. – 32 с.
- 16 Обливин В. Н. Безопасность жизнедеятельности в лесопромышленном производстве и лесном хозяйстве: Учебник / В. Н. Обливин. – М.: МГУЛ, 2002. – 496 с.
- 17 Перевязкин, Ю. Д. Расчет закрытых зубчатых и червячных передач: Методические указания к курсовому проектированию / Ю. Д. Перевязкин. - Архангельск: РИО АГТУ, 1995. – 32 с.
- 18 Полетайкин В.Ф. Проектирование лесопромышленного оборудования. Учебное пособие. – Красноярск: Издательство Краснояр. ун-та, 1988-176с.
- 19 Прокофьев Г. Ф. Валы и оси. Муфты. Шпоночные и шлицевые соединения : Учебное пособие / Г. Ф. Прокофьев. – Архангельск : Изд-во Арх. гос. техн. ун-та, 2003. - 104 с.
- 20 Прокофьев Г. Ф. Основы конструирования: учебное пособие / Г. Ф. Прокофьев. - Архангельск: Изд-во АГТУ, 2006. – 187 с.
- 21 Сердечный, В. Н. Нормы расхода топлива – смазочных материалов в лесной промышленности: Справочник / В. Н. Сердечный. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 432 с.
- 22 Смирнов Н. Н. Проектирование и расчет специальных лесных машин: Методические указания к выполнению контрольных работ / Н. Н. Смирнов. - Архангельск: Изд-во АЛТИ, 1986. – 36 с.

23 Смирнова, И. В. Планирование ремонтного обслуживания лесозаготовительной техники и затрат на её содержание / И. В. Смирнова. – Архангельск: РИО АГТУ, 1996. – 33 с.

24 Справочник технолога- машиностроителя. В 2-х т. Т. II / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986 – 496 с., ил.

25 Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.

26 Федотов А.В. Расчет и проектирование индуктивных измерительных устройств. Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1990. – 185 с.: ил.

27 Чернавский С. А. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие/ С. А. Чернавский. – М.: Машиностроение, 1988. – 416 с.

28 Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.

29 Эрдеди А.А. Детали машин: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Академия, 2012. - 106 с.

30 Ярьсько П.С., Филиппов С.В. Тормозные системы большегрузных автомобилей КамАЗ. Ярославль, учебно-производственная фирма «КамАЗ», 1989. – 124 с.: ил.

31 David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.

32 Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.

33 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.

34 Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.

35 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.