

УДК 629.113:62-592

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ АППАРАТОВ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТОРМОЗНОГО ПРИВОДА АВТОМОБИЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. И. Федотов / С. М. Гергенов

ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет»

Современный пневматический тормозной привод (ПТП) автомобиля имеет сложную конструкцию. В состав современного ПТП входит более трёх десятков аппаратов, которые объединены в независимые контуры [1, 2]. ПТП автопоезда может насчитывать свыше семидесяти функционально связанных друг с другом пневмоаппаратов.

В процессе эксплуатации параметры технического состояния аппаратов ПТП изменяются под действием целого ряда факторов [1, 2, 3]. Это негативно отражается на работоспособности и функциональных свойствах пневматического тормозного привода.

Для анализа изменения параметров технического состояния управляющих аппаратов ПТП в процессе эксплуатации были использованы пневмоаппараты автомобилей КамАЗ, поступающие в потоке отказов в Бурятский автоцентр КамАЗ с предприятий и от частных владельцев [1].

Управляющие пневмоаппараты, имеющие трещины корпусных деталей, нарушения резьбовых соединений, поломки органов управления, легко выявлялись в ходе эксперимента визуально и сразу отбраковывались. Пневмоаппараты, имеющие негерметичности уплотнений, легко выявлялись по шипению сжатого воздуха и также отбраковывались.

На следующем этапе производилась разборка управляющих пневмоаппаратов, их осмотр и измерение параметров технического состояния. Измерялись те параметры технического состояния пневмоаппаратов, которые определяют их функциональные свойства. По каждому типу управляющих аппаратов ПТП составлялись таблицы микрометража.

Объёмы выборок пневмоаппаратов определялись методом статистических гипотез. В соответствии с требованиями, предъявляемыми к элементам активной безопасности автомобилей, допустимая наперёд заданная погрешность эксперимента задавалась на уровне $\delta_{\alpha} = 5\%$. Для статистической обработки экспериментальных данных использовалась

стандартная программа Microsoft Excel. В ходе статистической обработки результатов микрометража были получены теоретические распределения параметров технического состояния аппаратов ПТП, определяющих их работоспособность.

Ниже на диаграммах приведена статистика неисправностей, влияющих на работоспособность и функциональные свойства основных аппаратов ПТП КамАЗ.

Её анализ показывает, что параметрами технического состояния пневмоаппаратов, определяющими их работоспособность, являются: силы трения между подвижными элементами; нарушения герметичности уплотнений клапанов, поршней и корпусных деталей; вариация жёсткости и нарушения преднатягов (поломки) упругих элементов; нарушения геометрических параметров деталей; нарушение регулировок (наличие регулировочных шайб), регулировочных зазоров; изменение рабочих и свободных ходов подвижных элементов.

Путём статистической обработки результатов микрометража были получены диаграммы распределения параметров технического состояния, определяющих функциональные свойства управляющих аппаратов ПТП.

Близость эмпирических и теоретических распределений оценивалась по критерию согласия Пирсона. При проверке основной гипотезы о нормальности эмпирических распределений выявилось достаточно хорошее их согласование с законом распределения Гаусса. Далее для каждого типа аппаратов ПТП были получены основные статистические характеристики параметров технического состояния для работоспособных и неработоспособных пневмоаппаратов (табл. 1 и 2).

Анализ табл. 1 и 2 показывает, что из рассматриваемых параметров технического состояния управляющих пневмоаппаратов в процессе эксплуатации ПТП наибольшее влияние на их функциональные

Таблица 1. Статистические характеристики параметров технического состояния работоспособных управляющих аппаратов ПТП

№ п/п	Параметр технического состояния	Среднее значение, \bar{X}	Стандартное отклонение, σ	Коэффициент вариации, ν	Вероятность согласия с законом Гаусса, $P(\chi_2)$	Относительная ошибка измерения, δ (%)	
Двухсекционный тормозной кран (ДСТК)							
1	Сила трения большого поршня, Н	247,2	34,91	0,14	0,41	2,51	
2	Сила трения малого поршня, Н	87,38	8,74	0,10	0,18	3,94	
3	Сила трения верхнего поршня, Н	157,0	18,84	0,12	0,50	3,74	
4	Сила трения клап. верхн. секц., Н	24,43	3,90	0,16	0,33	2,86	
5	Преднатяг верхней пружины, Н	43,03	3,45	0,08	0,54	1,39	
6	Снижен. упругости резин. элемента, %	12,3	2,10	0,17	0,21	1,56	
7	Зазор между толкателем и шпилькой, мм	0,8	0,012	0,015	0,17	1,21	
Кран управления стояночным тормозом (КУС)							
1	Сила трения поршня, Н	86	12,04	0,14	127	0,37	3,89
2	Сила трения клапана, Н	39	6,63	0,17	127	0,29	4,56
3	Жёсткость пружины поршня, кН·м	75	8,33	0,11	127	0,32	2,09
4	Жёсткость пружины клапана, кН·м	2,135	0,043	0,02	127	0,17	2,11
5	Преднатяг пружины штока, Н	84	2,51	0,03	127	0,23	2,92

Таблица 2. Статистические характеристики параметров технического состояния неработоспособных управляющих аппаратов ПТП

№ п/п	Параметр технического состояния	Среднее значение, \bar{X}	Стандартное отклонение, σ	Коэффициент вариации, ν	Объём выборки, шт.	Вероятность согласия с законом Гаусса, $P(\chi_2)$	Относительная ошибка измерения, δ (%)
Двухсекционный тормозной кран (ДСТК)							
1	Сила трения большого поршня, Н	834,4	275,35	0,33	168	0,32	3,78
2	Сила трения малого поршня, Н	461,08	133,71	0,29	159	0,16	3,32
3	Сила трения верхнего поршня, Н	657,24	197,72	0,30	152	0,52	2,11
4	Сила трения клап. верхн. секц., Н	137,43	35,73	0,26	141	0,33	4,02
5	Преднатяг верхней пружины, Н	32,15	3,21	0,10	67	0,21	1,29
6	Снижен. упругости резин. элемента, %	62	15,18	24,5	84	0,26	2,36
7	Зазор между толкателем и шпилькой, мм	1,12	0,168	0,15	45	0,39	3,43
Кран управления стояночным тормозом (КУС)							
1	Сила трения поршня, Н	452	127	0,28	163	0,21	5,61
2	Сила трения клапана, Н	89	29,36	0,33	141	0,19	5,28
3	Жёсткость пружины поршня, кН·м	51	8,79	0,17	129	0,23	3,26
4	Жёсткость пружины клапана, кН·м	1,14	0,22	0,19	92	0,27	2,91
5	Преднатяг пружины штока, Н	62	11,14	0,18	39	0,34	3,74

свойства оказывают силы трения подвижных элементов (поршней, штоков, толкателей). Так, например, сила трения верхнего поршня двухсекционного тормозного крана (ДСТК) может увеличиваться с 157 до 657,2 Н, изменение сил трения большого поршня ДСТК — в диапазоне от 247,2 до 834,4 Н, а снижение упругости резинового элемента ДСТК может достигать 50 %.

Для неработоспособных управляющих аппаратов ПТП КамАЗ силы трения между их подвижными

элементами в среднем увеличиваются с 5 до 14,5 раза по сравнению со средними номинальными значениями, установленными на заводе-изготовителе. При этом имеет место значительный разброс значений сил трения. Коэффициенты вариации достигают значений 0,26–0,33, в то время как у работоспособных пневмоаппаратов коэффициенты вариации сил трения находятся в пределах 0,12–0,18.

Таким образом, преобладающими причинами отказов управляющих аппаратов ПТП являются неис-

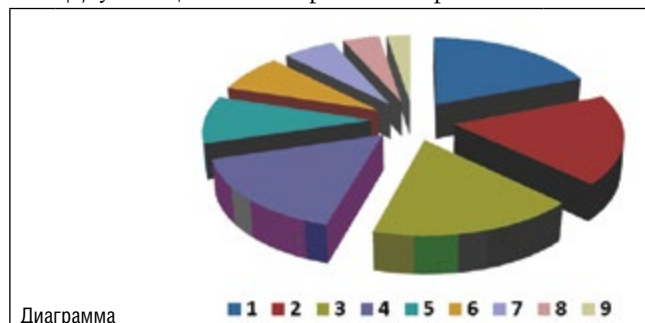
правности, связанные с повышенным трением между их подвижными элементами. Повышение сил трения происходит в основном по трём причинам.

Во-первых, в результате выработки консистентной смазки, закладываемой в подвижные элементы каждого управляющего аппарата на заводе-изготовителе.

Во-вторых, за счёт попадания внутрь пневмоаппаратов грязи.

В-третьих, за счёт попадания внутрь пневмоаппаратов воды (конденсата) и химически активных реагентов, образующих коррозию на поверхностях пар трения. Следует особо отметить тот факт, что наибольшую коррозию имеют управляющие пневмоаппараты, поступающие в республиканский автоцентр КамАЗ из АТП и организаций Республики Бурятия, выполняющих перевозки строительных материалов и продуктов химического производства.

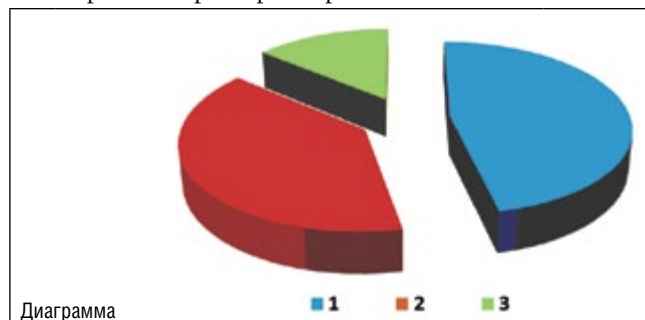
1. Двухсекционный тормозной кран



Диаграмма

№	Неисправность пневмоаппарата	%
1	Повышенное трение большого поршня	19,2
2	Повышенное трение малого поршня	18,1
3	Повышенное трение верхнего поршня	17,4
4	Повышенное трение клапана верхней секции	16,1
5	Снижение упругости резинового элемента	9,6
6	Изменение преднатяга верхней пружины	7,7
7	Нарушение зазора между толкателем и шпилькой	5,8
8	Негерметичность уплотнений клапанов	4,1
9	Негерметичность поршней и корпуса	2,6

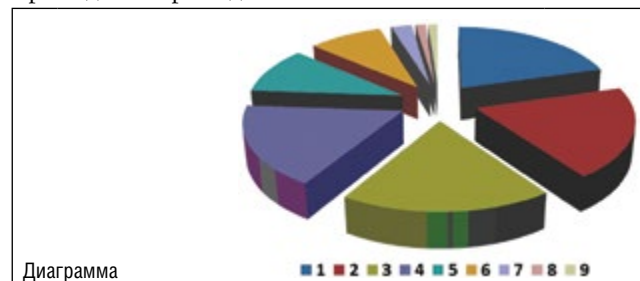
2. Кран быстрого растормаживания



Диаграмма

№	Неисправность пневмоаппарата	%
1	Повышенное трение толкателя	46,7
2	Негерметичность уплотнений клапанов	39,3
3	Негерметичность уплотнений толкателя	14,0

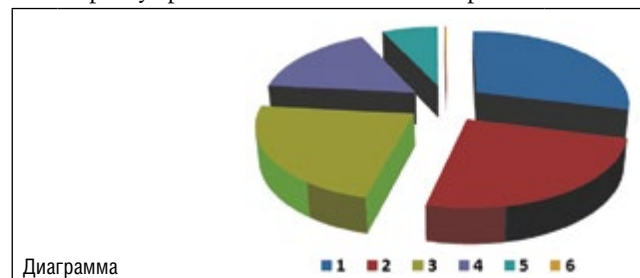
3. Кран управления тормозами прицепа с двухпроводным приводом



Диаграмма

№	Неисправность пневмоаппарата	%
1	Повышенное трение двухсекционного поршня	20,5
2	Повышенное трение верхн. след. поршня	19,6
3	Повышенное трение нижн. след. поршня	18,6
4	Повышенное трение штока	17,4
5	Повышенное трение толкателя	10,2
6	Порыв мембраны	8,9
7	Негерметичность уплотнений поршней	2,5
8	Негерметичность уплотнений клапанов	1,2
9	Негерметичность корпусных деталей	1,1

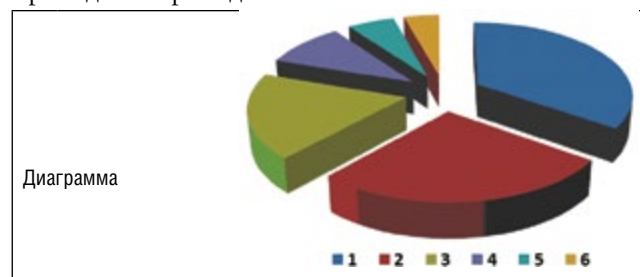
4. Кран управления стояночным тормозом



Диаграмма

№	Неисправность пневмоаппарата	%
1	Повышенное трение поршня	28,9
2	Повышенное трение клапана	25,0
3	Снижение жёсткости пружины поршня	22,8
4	Снижение жёсткости пружины клапана	16,3
5	Снижение преднатяга пружины штока	6,8
6	Негерметичность корпусных деталей	0,2

5. Кран управления тормозами прицепа с однопроводным приводом



Диаграмма

№	Неисправность пневмоаппарата	%
1	Повышенное трение верхнего поршня	34,8
2	Повышенное трение нижнего поршня	26,9
3	Повышенное трение штока	18,5
4	Негерметичность уплотнений поршней	9,8
5	Негерметичность уплотнений клапанов	5,7
6	Негерметичность корпусных деталей	4,3

Анализ показывает, что рост сил трения в процессе эксплуатации аппаратов ПТП может приводить к заклиниванию подвижных элементов (п. 12 табл. 1).

Значительно меньше в процессе эксплуатации ПТП изменяются преднатяги пружин пневмоаппаратов (рис. 1) — в среднем всего на 5–10 %. Изменение преднатягов пружин связано в основном с накоплением остаточной деформации в процессе работы, а также с некоторой вариацией их жёсткости (табл. 1).

Последний фактор является следствием технологических погрешностей изготовления пружин. В процессе микрометража встречались пневмоаппараты, имеющие поломки пружин. Особенно это касается пневмоаппаратов исполнительного типа (тормозных камер и энергоаккумуляторов).

Одной из наиболее распространённых неисправностей пневмоаппаратов является нарушение их герметичности. Практически каждый четвёртый пневмоаппарат, поступающий в автоцентр КамАЗ в потоке отказов, имеет разгерметизацию.

Основными местами и причинами разгерметизации пневмоаппаратов являются: нарушения герметичности уплотнительных прокладок между корпусными элементами; механические повреждения уплотнительных колец поршней и штоков; нарушение герметичности резьбовых соединений; порыв диафрагм; износ сопрягаемых поверхностей подвижных элементов; механические повреждения уплотняющих поверхностей клапанов; попадание твёрдых частиц между уплотняющими поверхностями; трещины, сколы и деформация корпусных деталей; заклинивание подвижных элементов пневмоаппаратов вследствие высокого трения.

Нарушения герметичности пневмоаппаратов ПТП можно разделить на внешние и внутренние.

Внешние нарушения герметичности приводят к истечению сжатого воздуха из полости пневмоаппарата в атмосферу (через трещины корпуса, прокладки, резьбовые соединения или атмосферные клапаны) и поэтому достаточно легко выявляются.

Внутренние нарушения герметичности приводят к разгерметизации изолированных друг от друга внутренних полостей пневмоаппаратов, нарушая их передаточные функции. Для выявления внутренних нарушений герметичности требуется специальное оборудование, описание конструкции которого приведено в литературе [1, 2, 3].

Весьма распространёнными в процессе эксплуатации являются нарушения регулировок элементов пневмоаппаратов (двухсекционных тормозных кранов, регуляторов тормозных сил, защитных клапанов, ходов штоков тормозных камер и др.), а также органов управления ПТП (рабочих и свободных ходов педали тормоза) [1, 2, 3, 4, 5].

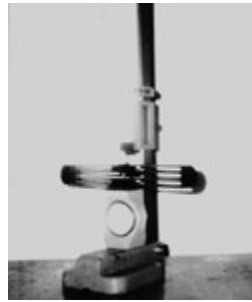


Рисунок 1. Проведение испытаний по определению жёсткости пружин

Проведённый анализ изменения параметров технического состояния аппаратов пневматического тормозного привода автомобилей в условиях эксплуатации позволяет более обоснованно моделировать процессы функционирования аппаратов и контуров ПТП, а также разрабатывать новые — высокоинформативные и оперативные — динамические методы их диагностирования [1, 5, 6, 7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Федотов А. И. Диагностика пневматического тормозного привода автомобилей на основе компьютерных технологий: дис. ... докт. техн. наук. — Иркутск, 1999.
2. Федотов А. И. Диагностика автомобиля: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров «эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов». — Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. — 476 с.
3. Федотов А. И. Технология и организация диагностики при сервисном сопровождении: учебник для студентов учреждений высшего образования. — М.: Издательский центр «Академия», 2015. — 352 с.
4. Федотов А. И., Власов А. А., Гергенов С. М. Способ диагностирования аппаратов пневматического тормозного привода и устройство для его осуществления: патент на изобретение RU 2139506 МПК: G01L5/28, 1999.
5. Федотов А. И., Григорьев И. М. Экспериментальные исследования динамического метода диагностирования автомобильных регуляторов тормозных сил // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. — 2006. — № 3. — С. 6.
6. Федотов А. И., Портнягин Е. М. Исследование фазовых динамических характеристик регулятора тормозных сил автомобиля с целью его диагностирования // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2013. — № 10 (81). — С. 206–210.
7. Федотов А. И. Моделирование динамических процессов функционирования двухсекционного тормозного крана автомобиля с целью его диагностирования // Журнал автомобильных инженеров. — 2014. — № 2 (85). — С. 11–15.