

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ-ЦЕМЕНТОВОЗОВ

Ибрахимов Каримжон Исмаилович

доцент, кафедры «Автомобиль и
автомобильное хозяйство», ТГТрУ, к.т.н.

АННОТАЦИЯ

В работе приведены результаты исследования условий работы автомобилей-цементовозов. Условия работы двигателей автоцементовозов и его пневматической системы существенно отличаются от условия работы других специализированных автомобилей, то есть они работают в условиях запыленности воздуха цементной пылью.

Используя стандартных методов определяли химический и минералогический составы цементной пыли. Кроме того, были определены дисперсный состав цементной пыли с удельной поверхностью 4000 и 5600 см²/г. Обосновано требование к допустимому коэффициенту пропускания пыли компрессорного воздушного фильтра. Для этого необходимо было исследовать запыленность воздуха при работе автомобиля-цементовоза в режимах загрузки, разгрузки и обдува после загрузки. Были экспериментально определены средние значения запыленности воздуха. Исходя из максимального значения средней запыленности и допустимого уровня запыленности очищенного воздуха (2,0...4,0 мг/м³) обоснован допустимый коэффициент пропускания пыли воздухоочистителя компрессора автомобиля-цементовоза.

Ключевые слова: *Автомобиль-цементовоз, пневматическая система, ротационный компрессор, воздухоочиститель, пылеемкость, ресурс работы, аэродинамическое сопротивление, коэффициент пропускания пыли.*

ABSTRACT

The paper presents the results of a study of the operating conditions of cement trucks. The operating conditions of cement truck engines and its pneumatic system differ significantly from the operating conditions of other specialized vehicles, that is, they operate in conditions where the air is dusty with cement dust.

In this regard, we conducted experiments on cement dust. Using standard methods, the chemical and mineralogical composition of cement dust was determined. In addition, the dispersed composition of cement dust with a specific surface area of 4000 and 5600 cm²/g was determined. The requirement for the permissible dust transmission coefficient of a compressor air filter is substantiated. To do this, it was

necessary to study the dust content of the air when the cement truck was operating in the modes of unloading, self-unloading, and blowing the cement truck after loading. In this way, the average values of dust content in the air were measured. Based on the maximum value of average dust content and the permissible value of dust content in purified air (after the air cleaner), the permissible dust transmission coefficient of the air cleaner of the compressor of a cement truck was justified. The service life of compressors RK-6/1, RKVN-6 up to a maximum resistance of 7.0 kPa and their throughput coefficients were also determined.

Key words: *Cement truck, pneumatic system of a cement truck, rotary compressor of the pneumatic system, air cleaner, dust capacity, service life of the air cleaner, aerodynamic resistance of the air cleaner, dust transmission coefficient of the air cleaner, dust entrainment.*

ВВЕДЕНИЕ

В нашей республике эксплуатируется значительное количество автомобилей-цементовозов для бестарной перевозки цемента и других пылевидных грузов, свойства которых аналогичны свойствам цемента (гипс, известь и др.). Себестоимость перевозки цемента в автомобилях-цементовозах ниже на 30% по сравнению с перевозкой в автомобилях-самосвалах [1,2].

Техническая готовность автомобиля-цементовоза во многом определяется надежной и исправной работой как автомобиля-тягача, так и его пневматической системы, предназначенной для механизированной погрузки и разгрузки цемента.

Установлено, что объем заявочного (текущего) ремонта по пневматическим системам составляет 24,6...30,5% от общих трудовых затрат на текущий ремонт автомобилей-цементовозов в целом. До 65% отказов пневматических систем автомобилей-цементовозов приходится на долю их основного агрегата ротационного компрессора [2].

Во время погрузочно-разгрузочных операций запыленность воздуха около ротационного компрессора пневматической системы автомобиля-цементовоза резко увеличивается и ее среднее значение достигает 0,7 г/м³. При таких условиях надежность и долго- вечность компрессора, в основном зависит от степени чистоты поступающего в него воздуха, так как ротационный компрессор очень чувствителен к загрязнениям [1,2,3,4].

Фильтры, применяемые на некоторых компрессорах пневматических систем автомобилей-цементовозов, не обеспечивают достаточной степени очистки воздуха от цементной пыли, которая, проникая в компрессор через

фильтр, вызывает интенсивный износ деталей компрессора и часто приводит к заклиниванию его рабочих пластин и к их поломке. Работа компрессора со сломанной пластиной может привести к разрушению его цилиндра и поломке остальных рабочих пластин. Для устранения такого отказа требуется капитальный ремонт компрессора с заменой рабочих пластин и восстановления внутреннего диаметра стенки цилиндра.

Нами установлено, что удельная поверхность естественной пыли, поступающей в фильтр ротационного компрессора автомобиля-цементовоза, колеблется в пределах 4000...7950 см²/г, а химический и минералогический состав пыли соответствует химическому и минералогическому составу перевозимого цемента [5,6,7].

Предварительные стендовые испытания показали, что серийные фильтры имеют ограниченную пропускную способность по расходу воздуха, так как не могут обеспечить номинальный расход воздуха ($Q_{ном} = 360 \text{ м}^3/\text{ч}$) без уноса масла из ванны фильтров.

Величина уноса масла (при номинальном расходе воздуха) при вертикальном положении фильтров компрессоров РК-6/1 и РКВН-6 составила соответственно 281 и 2,5 г. Унос масла для фильтра компрессора РК-6/1 прекратился при его заправке 380 г масла (вместо 900 г по рекомендации завода-изготовителя) и 390 г - для фильтра компрессора РКВН-6 (вместо 500 г по рекомендации завода-изготовителя).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Таблица 1

Химической и минералогической состав естественной пыли

| Химический состав | | Минералогический состав | |
|--|------------------------|--|------------------------|
| Составляющие цементной пыли | Содержание по массе, % | Минералы | Содержание по массе, % |
| SiO ₂ (кварц) | 21,90 | Трехкальциевый силикат(3CaO*SiO ₂) | 61 |
| Al ₂ O ₃ (корунд) | 4,30 | Двухкальциевый силикат (2CaO*SiO ₂) | 13 |
| Fe ₂ O ₃ +Mn ₂ O ₃ | 5,20 | | |
| CaO | 66,10 | Трехкальциевый алюминат(3CaO*Al ₂ O ₃) | 2 |
| MgO | 1,45 | | |
| SO ₃ | 0,18 | Алюмоферрит кальция (4CaO*Al ₂ O ₃ *Fe ₂ O ₃) | 15 |
| Потери и при прокаливании | 0,30 | | |
| Нерастворимые остатки | 0,30 | | |

Таблица 2

Дисперсный состав цементной пыли с удельной поверхностью 5600 см²/г

| Параметры | Дисперсный состав | | | | | | |
|---|-------------------|------|------|------|------|------|-----------|
| | 0-1 | 0-2 | 0-4 | 0-6 | 0-8 | 0-10 | Свыше 10 |
| Интервалы размеров частиц, мкм | 0-1 | 0-2 | 0-4 | 0-6 | 0-8 | 0-10 | Свыше 10 |
| Содержание частиц пыли по количеству, % | 0-8 | 18,8 | 59,7 | 82,3 | 90,6 | 93,7 | Остальное |

Сопротивления фильтров (в кПа) в зависимости от расхода воздуха приведены в табл. 3, из которой следует, что сопротивления чистых фильтров компрессоров РК-6/1 и РКВН-6 при номинальном расходе воздуха составляют соответственно 2,4 и 3,4 кПа.

Таблица 3

Сопротивление фильтров в зависимости от расхода воздуха

| Воздушный фильтр | Сопротивления фильтров, кПа, при расходе воздуха в % от номинального | | | | |
|--------------------|--|------|------|------|------|
| | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| | Компрессора РК-6/1 | 0,15 | 0,45 | 0,98 | 1,56 |
| Компрессора РКВН-6 | 0,21 | 0,68 | 1,46 | 2,40 | 3,4 |

Следует отметить, что по рекомендации ГОСТ 17433 запыленность очищенного фильтром воздуха, поступающего в ротационный компрессор, не должна превышать 2...4 мг/м³ независимо от режима работы фильтра и запыленности окружающего воздуха. Для обоснования требования к допустимому коэффициенту пропуска пыли компрессорного фильтра мы проводили исследования запыленности воздуха в условиях работы пневматических систем автомобилей-цементовозов. Запыленность воздуха (массовая концентрация частиц пыли в воздухе) определялась весовым методом, сущность которого заключалась в улавливании частиц пыли на фильтре из определенного объема воздуха и нахождении привеса фильтра. В исследованиях применялся фильтр АФА-ВП-20, изготовленный из гидрофобного фильтрационного материала ФПП-15. Отбор проб проводился на уровне входного патрубка воздушного фильтра.

В результате были установлены фактические уровни запыленности воздуха в зависимости от вида выполняемой операции автомобилем-цементовозом (табл. 4).

Исходя из требования ГОСТ а 17433 и средне-максимальной запыленности воздуха в условиях работы пневматических систем автомобилей - цементовозов можно определить необходимую эффективность очистки воздуха фильтра или допустимый коэффициент пропуска пыли ϵ_g по формуле

$$\epsilon_{g \leq} (\varphi_2 / \varphi_1) * 100 \quad (1)$$

где φ_2 - допустимая запыленность воздуха (требование к чистоте воздуха по

ГОСТу 17433), поступающего в компрессор, $\varphi_2 = 4 \text{ мг/м}^3$.

φ_1 - средне-максимальная запыленность воздуха, поступающего в фильтр,

берется из табл. 4, $\varphi_1 = 698 \text{ мг/м}^3$.

Таблица 4

Результаты измерения среднего значения запыленности воздуха в зависимости от вида выполняемой операции

| Вид операции, выполняемой автомобилем-цементовозом | Количество проб | Диапазон значений запыленности воздуха, мг/м ³ | Среднее значение запыленности воздуха, мг/м ³ |
|--|-----------------|---|--|
| Разгрузка без ветра | 52 | 50-800 | 233 |
| Разгрузка при ветре | 53 | 75-1100 | 520 |
| Саморазгрузка | 54 | 20-350 | 102 |
| Обдувка после загрузки | 58 | 110-1600 | 698 |

Подставляя значения φ_2 и φ_1 , в формулу [1], получим допустимый коэффициент пропуска пыли: $\epsilon_g \leq 0,6\%$.

Количество цементной пыли, уловленной фильтрами, при испытании их на ресурс работы приведено в табл. 5, из которой следует, что пылеемкость (продолжительность работы) фильтров компрессоров до их сопротивления 7 кПа составила соответственно 1130 г (7 ч) и 1265 г (7,8 ч).

Таблица 5

Пылеемкость, продолжительность работы и коэффициент пропуска пыли фильтров компрессоров пневмосистемы

| Инерционно-масляный фильтр | Количество уловленной пыли, г, при сопротивлении фильтра, кПа | | | | | Продолжительность работы, ч | Коэффициент пропуска пыли | |
|----------------------------|---|-----|-----|-----|------|-----------------------------|---------------------------|---------|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | Начальный | Средний |
| Компрессора РК-6/1 | 391 | 621 | 780 | 920 | 1130 | 7,0 | 8,1 | 35,5 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|
| Компрессора РКВН-6 | 0 ^x | 345 | 748 | 1050 | 1265 | 7,8 | 2,8 | 1,8 |
|-----------------------|----------------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|

Средний коэффициент пропуска пыли фильтра компрессора РК-6/1 за время работы до допустимого сопротивления (7 кПа) при номинальном расходе воздуха составил 35,5%, а фильтра компрессора РКВН-6 1,8% [2,7].

Довольно большой средний коэффициент пропуска пыли (35,5%) фильтра компрессора РК-6/1, несмотря на его относительно небольшое начальное значение (8,1%), связан с наступлением уноса пыли через 2-3 ч его работы.

ВЫВОДЫ

Инерционно-масляные фильтры компрессоров пневматических систем автомобилей-цементовозов имеют небольшой коэффициент очистки воздуха и зависит от расхода воздуха (с уменьшением расхода воздуха снижаются силы инерции частиц пыли, и следовательно, коэффициент очистки воздуха ухудшается), имеют высокие начальные аэродинамические сопротивления, а также постоянно наблюдается унос масла и пыли из фильтра.

Кроме того, инерционно-масляным фильтрам свойственна большая стоимость их технического обслуживания из-за расхода горюче-смазочных материалов для заправки и промывки фильтров; ограниченность компоновочных возможностей, т.е. необходимость установки фильтра только в вертикальном положении; невозможность установки датчиков засоренности, так как необходимость их обслуживания часто определяется заменой масла в связи с его высыханием или загустением от пыли, а не ростом сопротивления до предельно допустимой его величины.

Для очистки воздуха от цементной пыли можно применять только гидрофобные (водоотталкивающие) фильтрационные картонные. Применение негидрофобных картонов нецелесообразно, так как их сопротивление резко увеличивается из-за набухания волокон материала при высоких значениях влажности воздуха (90...100% при T=293...298°K).

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Бурков М.С. Специализированный подвижной состав автомобильного транспорта. М., Транспорт, 1979, 296 с.
2. Ибрахимов К.И. Повышение эксплуатационной надежности пневматической системы автомобилей-цементовозов. Дисс. на степ. канд. техн. наук МАДИ.-1982-216 с.

3. Клименко А.П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли. М., Химия, 1978, 207 с.
4. Техническая эксплуатация автомобилей под редакцией профессора Е.С.Кузнецова, М., Наука, 2004, 536 с.
5. Основы теории надежности и диагностики. Таджибаев А.А., Сиддикназаров К.М., Ибрахимов К.И., Кузнецов Н.В. Учебник для ВУЗов, Ташкент, Из-во: VNESHINVESTROM, 2019 – 256 с.
6. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. М., Транспорт, 1986 – 73 с.
7. Ибрахимов К.И., Туракулов Б.Х. Исследование дисперсного состава пыли в условиях эксплуатации автомобилей цементовозов. Международная научно-практическая конференция, Андижанский машино-строительный институт, 2018 г.
8. Ибрахимов К.И., Туракулов Б.Х. «Development of recommendations on effective operation of air filters of buses Mercedes-Benz in the conditions of Tashkent». Сборник материалов 104-ой международной научно-технической конференции. Туринский политехнический университет в г.Ташкенте 19-20 сентября 2018 года.
9. Ибрахимов К.И., Туракулов Б.Х. Разработка рекомендаций по эффективной эксплуатации воздушных фильтров автобусов Мерседес-Бенц в условиях г.Ташкента. Вестник ТАДИ №1, 2018 г.