

Иванов Павел Юрьевич

канд. техн. наук, старший преподаватель

Хамнаева Алёна Александровна

соискатель

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный

университет путей сообщения»

г. Иркутск, Иркутская область

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ГАЗОДИНАМИКИ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ АВТОМАТИЧЕСКИХ АВТОТОРМОЗОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Аннотация: воздухораспределитель условный номер 483 должен регулировать давление в тормозном цилиндре в зависимости от давления в тормозной магистрали, режима загрузки вагона и режима профиля пути. По количеству процессов, протекающих внутри прибора, воздухораспределитель является самым сложным прибором автотормозов. В данной статье рассмотрены основные законы газодинамики, с помощью которых возможно объяснить процессы, протекающие в воздухораспределителе 483.

Ключевые слова: газодинамика, законы газодинамики, пневматические процессы, автотормоза подвижного состава, воздухораспределитель, тормозная сеть поезда, безопасность движения, железнодорожный транспорт.

Самым сложным по количеству процессов прибором автотормозов является воздухораспределитель.

Воздухораспределитель – устройство для автоматической зарядки сжатым воздухом запасного резервуара тормозов подвижного состава, наполнения тормозных цилиндров сжатым воздухом, а также для полного или частичного выпуска сжатого воздуха из тормозных цилиндров при повышении давления в тормозной магистрали [1].

Воздухораспределители (ВР), в зависимости от темпа и глубины разрядки тормозной магистрали (ТМ), должны сообщать запасный резервуар (ЗР) с тормозным цилиндром (ТЦ) при торможении, удерживать в последних давление при

перекрыше и обеспечивать выпуск воздуха из них в атмосферу при отпуске, а также осуществлять зарядку ЗР из ТМ. Из большого количества требований, предъявляемых к ВР, можно выделить несколько основных [2].

ВР должны:

- ликвидировать сверхзаряное давления (температуру) до 0,03 МПа/мин из рабочей и золотниковой камер в тормозную магистраль без срабатывания тормозов;
- ускорять и поддерживать незатухающую тормозную волну путем дополнительной разрядки ТМ в начальной фазе торможения;
- в положении перекрыши с питанием устойчиво удерживать ее состояние при небольших колебаниях давления в ТМ и осуществлять подзарядку ЗР и ТЦ, компенсируя возможные утечки в них;
- регулировать характер отпуска, в зависимости от режима профиля пути;
- обладать легкой и быстро воспринимающей перепад давления в ТМ частью для создания высокой скорости тормозной волны;
- использовать взаимозаменяемые унифицированные детали, не требующие притирки и подгонки [2].

Сжатый воздух поступает из тормозной магистрали в тормозные цилиндры под давлением, на которое снижается давление в магистрали. Работа воздухораспределителя характеризуется темпом снижения давления в тормозной магистрали. В положении отпуска и зарядки воздухораспределителя допускает снижение давления темпом 0,02–0,04 МПа/мин без срабатывания (кроме воздухораспределителей жесткого типа специального назначения). Для торможения необходимо снижение давления темпом выше 0,006 МПа/с не менее чем на 0,03 МПа. Для получения макс. давления в тормозном цилиндре тормозную магистраль разрежают на 0,13–0,15 МПа.

Процессы, происходящие в системе автоматических пневматических тормозов, описываются законами газовой динамики:

- закон Бойля-Мариотта (изотермический процесс);
- закон Шарля (изохорный процесс) и Гей-Люссака (изобарный процесс);

- закон Дальтона;
- уравнение (закон) Клапейрона – Менделеева.

Сжатый воздух обычно рассматривают как идеальный газ.

Газ – это одно из агрегатных состояний вещества, в котором его частицы движутся свободно, равномерно заполняя доступное для них пространство. Они оказывают давление на ограничивающую пространство оболочку. Плотность газа при нормальном давлении на несколько порядков меньше плотности жидкости [4].

Закон Бойля-Мариотта (изотермический процесс): для данной массы газа M при постоянной температуре T (1) его объем V обратно пропорционален давлению P (2):

$$T=\text{const}, \quad (1)$$

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2, \quad (2)$$

где P_1 и P_2 – начальное и конечное значение давления; V_1 и V_2 – начальное и конечное значение объема; T – значение температуры.

Во сколько раз увеличивается давление, во столько раз уменьшается объем.

Пользуясь этим законом можно понять во сколько раз возрастает расход воздуха. В авторежиме, на поршень диафрагмы и на уравнительный поршень 483 воздухораспределителя сжатый воздух действует по этому закону.

Закон Шарля (изохорный процесс): для данной массы газа M при постоянном объеме V давление прямо пропорционально изменению его абсолютной температуры T (3):

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}. \quad (3)$$

В рабочей камере воздухораспределителя №483 возможно изменение давления при изменении температуры в режиме торможения, так как рабочая камера разобщается со всеми источниками сжатого воздуха и атмосферой. Нагревание сжатого воздуха заданной массы в заданном объеме приводит к изменению давления. При максимальных амплитудных значениях колебаний температуры данный процесс в рабочей камере может влиять на тормозное нажатие.

Закон Гей-Люссака (изобарный процесс): для данной массы газа М при постоянном давлении Р объем газа изменяется прямо пропорционально изменению абсолютной температуры Т (4):

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}. \quad (4)$$

Абсолютная температура выражается в градусах по Кельвину. $0^{\circ}\text{C} = 273^{\circ}\text{K}$.

Закон Гей-Люссака применим к полости с переменным объемом, к которой можно отнести камеры с диафрагмами и поршнями, например, уравнительная часть крана машиниста, магистральная часть, уравнительный поршень, обратный клапан воздухораспределителя №483. В случае увеличения температуры начинает расти объем камеры за счет перемещения диафрагмы либо поршня.

Закон Дальтона: абсолютное давление смеси газов равно сумме парциальных (частичных) давлений отдельных газов, составляющих смесь. Парциальное давление газа P_g пропорционально процентному содержанию n данного газа и величине абсолютного давления P_{abs} газовой смеси и определяется по формуле (5):

$$P_g = P_{abs} \times n/100. \quad (5)$$

В состав сжатого воздуха входит кислород, углекислый газ, азот и вода. Пневматическое оборудование подвержено физическим процессам, связанные с процентным соотношением водяных паров в составе сжатого воздуха и переходом их в жидкое агрегатное состояние в результате изменения давления. Данные процессы происходят во всей тормозной системе поезда и подчиняются закону Дальтона.

Все эти уравнения объединены в одно, которое является уравнением состояния идеального газа и называется уравнением (законом) Клапейрона – Менделеева, определяется по формуле (6):

$$p \times V = m \times R \times T. \quad (6)$$

где m – молярная масса газа; R – постоянная Больцмана.

Таким образом, в данной статье установлены взаимосвязи между процессами, происходящими в воздухораспределителе и законами, которым

подчиняются данные процессы. Указанные взаимосвязи позволяют сформулировать основания для математического моделирования работы воздухораспределителя, важного как для углубленного изучения, так и для модернизации основных узлов.

Список литературы

1. Асадченко В.Р. Автоматические тормоза подвижного состава: Учебное пособие для вузов ж-д транспорта. – М.: Маршрут, 2006. – 392 с.
2. Афонин Г.С. Устройство и эксплуатация тормозного оборудования подвижного состава: Учебник для нач. проф. образования / Г.С. Афонин, В.Н. Барщенков, Н.В. Кондратьев. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.