

ВВЕДЕНИЕ

Пневматические приводы и системы управления широко применяются в различных отраслях промышленности, что объясняется высокой надежностью пневмосистем, простотой эксплуатации, пожаро–взрывобезопасностью и низкой стоимостью. При этом воздух может использоваться как бесконтактный инструмент в технологических операциях и в операциях контроля и измерения.

В сочетании с электронными системами управления с помощью пневмосистем можно значительно проще решить многие задачи, которые решались ранее другими средствами. Однако низкое быстродействие пневматических систем и сложность реализации заданных законов движения с помощью пневматических приводов во многих случаях ставит под сомнение возможность их применения. Поэтому важно уже на этапе проектирования решить вопрос о принципиальной возможности и эффективности использования пневматической системы.

В пособии изложены основы математического моделирования рабочих процессов в пневмоприводах и их элементах, даны практические рекомендации для построения математических моделей с целью использования их в САПР пневмоприводов.

На основании материала пособия студенты должны научиться разбираться в многообразии известных методов моделирования процессов в пневматических приводах и их элементах и грамотно выбирать наиболее эффективные методы их расчета.

В пособии рассмотрены математические модели двух типовых (базовых) пневматических элементов, которые составляют основу практически любой пневматической системы, – элементов постоянного объема типа линий связи (трубопроводы, рабочие полости, камеры, каналы в конструкциях пневматических устройств и т.п.) и элементов переменного объема типа пневматических исполнительных механизмов (силовые пневмоприводы, приводные механизмы в конструкциях пневматических устройств, подвижные узлы в пневматических датчиках и т.п.).

Изложены основы метода математического моделирования динамики пневматических линий на основе обыкновенных дифференциальных уравнений, эквивалентных дифференциальным уравнениям в частных производных с точки зрения описания волновых процессов на концах этих элементов.

Для закрепления и расширения знаний, полученных в области математического моделирования переходных процессов в пневмоприводах рекомендуется применение пакетов MathCAD, MathLAB и пакетов САПР пневмосистем PROPNEU и FLUIDSIM.

Пособие предназначено для обучения магистров по направлению 140500 «Энергетическое машиностроение» (профиль 552705 – Системы гидравлических и пневматических приводов).

Материалы пособия могут быть использованы при написании магистерской диссертации, а также полезны аспирантам, занимающимся исследованием переходных процессов в пневматических приводах.

Основные обозначения

- k – показатель адиабаты (коэффициент Пуассона);
 R – газовая постоянная, Дж/(кг *К)
 ρ – плотность газа, кг/м³;
 T – абсолютная температура газа, К;
 p – давление, Па;
 p_A – давление на выходе, Па;
 p_M – давление питания, Па;
 G – массовый расход газа, кг/с;
 x – координата положения поршня, м;
 x_0 – приведенная координата, характеризующая объем вредного пространства, м;
 f – площадь проходного сечения трубопровода, м²;
 l – длина трубопровода, м;
 λ – коэффициент трения воздуха при движении по линии;
 ζ – коэффициент сопротивления линии, дросселей;
 m – масса газа, кг;
 M – масса подвижных частей, кг;
 F – эффективная площадь поршня, м² ;
 S – максимальный ход поршня, м;
 N – статическая нагрузка, Н;
 c_p, c_v – удельные теплоемкости газа, Дж/(кг К);
 c – скорость звука, м/с;
 q – удельная энергия поступающего в полость газа.

Численные значения параметров для воздуха при температуре $T=293^0K$ (20^0C) и давлении $p=101,3$ кПа (1 атм.):

$$k = 1,4;$$

$$R=287 \text{ Дж}/(\text{кг} *K):$$

$$\rho = 1,204 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$$c = 344 \text{ м}/\text{с}.$$

1. БАЗОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Под пневмосистемой будем понимать пневмопривод или пневматическую систему управления объемного типа, в которых форма элементов конструкции остается неизменной. Особый тип пневмосистем представляют пневмоустройства типа гибких цилиндров с изменяемой конфигурацией (пневмомускулы, шланг–привод и др.), а также лопастные устройства (турбины).

Систематизируем элементы пневмосистемы и найдем общий подход к составлению их математических моделей. Для этого выясним, какие общие элементы присутствуют в разных пневматических устройствах. Изобразим составляющие элементы на следующей схеме.

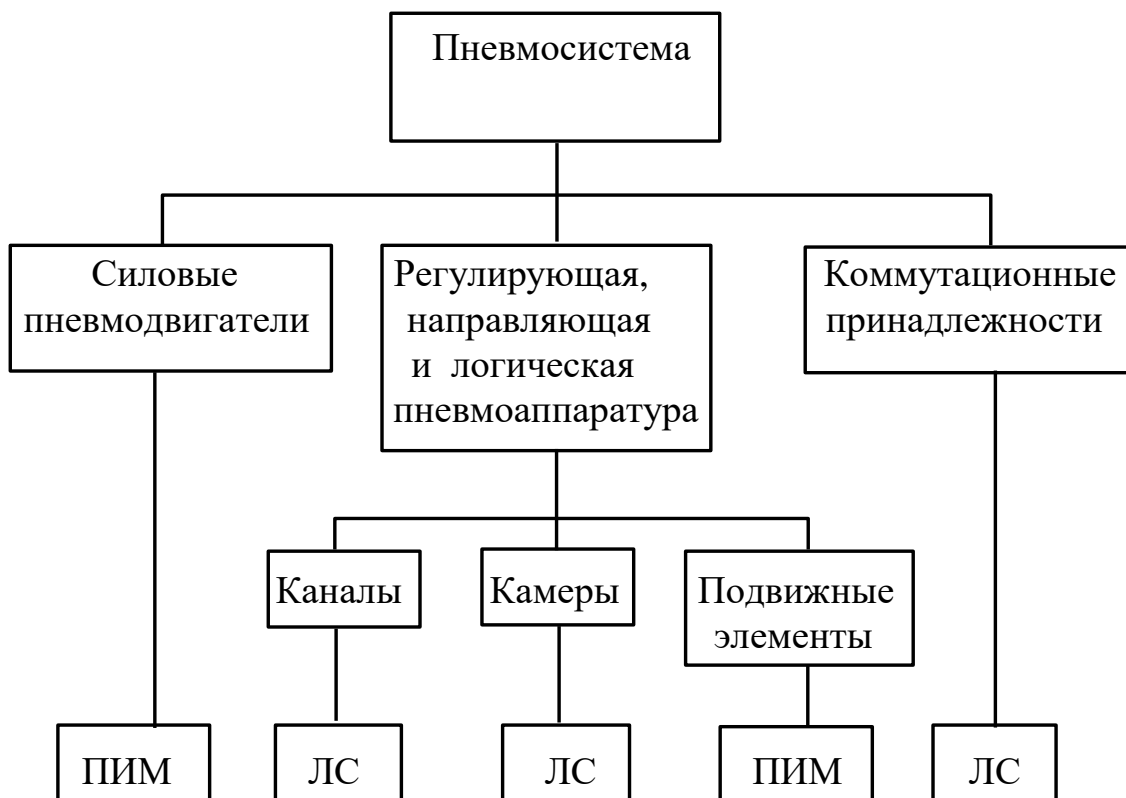


Рис. 1.1. Анализ состава пневмосистем

Любая пневматическая система включает в себя следующие возможные составляющие.

1. Силовые пневмодвигатели (поршневые, мембранные) – линейные, неполноповоротные, пневмомоторы.

2. Регулирующая, направляющая и логическая пневмоаппаратура (пневмораспределители, ПК («И», «ИЛИ»), регуляторы давления и др.).

3. Коммуникационные принадлежности (трубопроводы, штуцера и др.).

Все эти три составляющие, в конечном счете, как видно на рис. 1.1, содержат всего два базовых элемента, являющиеся общими для всех с точки зрения моделирования происходящих в них процессов. К ним относятся:

1) пневматические элементы постоянного объема типа линий связи (ЛС), которые включают в себя трубопроводы, рабочие полости (камеры), каналы в конструкциях пневмоаппаратуры,

2) пневматические элементы переменного объема типа пневматических исполнительных механизмов (ПИМ), включающие силовые приводы, приводные механизмы в конструкциях пневмоаппаратуры, подвижные узлы в пневматических датчиках и т.п.

Таким образом, как видно из схемы, представленной на рис.1.1, в общем случае расчет динамики пневмосистем сводится к расчету динамики линий связи и пневматических исполнительных механизмов.