

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

В связи с прогрессом техники область применения пневматических систем (пневмосистем) расширяется, номенклатура увеличивается, конструкции становятся более разнообразными. Пневмосистемы наряду с электромеханическими и гидромеханическими широко используют в машиностроении, авиационной, судостроительной и деревообрабатывающей промышленности, а также в специальных областях. Дальнейшему внедрению таких систем способствует развитие их теории и методов расчета и проектирования. Основные разделы теории пневмосистем включают логический и динамический анализ и синтез.

Наряду с преимуществами пневмосистемы имеют и недостатки, препятствующие более интенсивному их внедрению. Главный недостаток – существенное влияние переходных процессов на их работу.

Чтобы построить пневмосистему, нужно найти логическую связь между составляющими ее устройствами, обеспечить функционирование выбранной схемы. Для решения этого этапа используют различные теории. Если задачи логического анализа и синтеза пневмосистем в настоящее время можно успешно решать, то этого нельзя сказать о задачах динамического анализа, разработки теории и расчета динамики сложных пневмосистем.

В отличие от нелинейных электрических цепей характеристики нелинейных элементов в этом случае чаще всего бывают неизвестны, что не позволяет применить для исследования переходных процессов в пневмосистемах такие методы, как графический, метод интегрируемой нелинейно аппроксимации, метод, основанный на замене характеристики нелинейного сопротивления отрезками прямых. На переходные процессы в нелинейных пневмосистемах широкого назначения в отличие, например, от гидравлических, существенно влияет переменная плотность газа. Она вносит затруднения при расчете переходных процессов в реальных промышленных системах и установках. Поскольку конструктивные параметры пневмосистем выбирают по результатам расчета протекающих в них переходных процессов, становится понятно то значение, которое отводится расчетным методам

для более интенсивного внедрения рассматриваемых систем в промышленность.

Пневмосистемы обычно рассчитывают в сосредоточенных параметрах [1, 2]. Переходный процесс в объемах приводов рабочих органов машин и линиях передачи сигналов, принимают квазистационарным и установившимся, а переходные процессы рассматривают для приведенных объемов наполняемых или опорожняемых через местные сопротивления, характеризующиеся той же пропускной способностью, что и рассматриваемая система.

Чтобы определить коэффициенты расхода, используемые при указанном методе расчета, экспериментально исследуют модели устройств или элементов пневмосистемы. Существует два основных способа определения коэффициента  $\mu$  [3, 4]. К первому относятся способы непосредственного измерения расхода воздуха, протекающего через испытуемое пневмоустройство (пневматический дроссель), а ко второму – способы косвенной оценки расхода, когда измеряется другая, зависящая от расхода величина, например, скорость увеличения давления в пневматической камере (полости).

В работе [3, 4] отмечено, что при использовании первого способа определения  $\mu$  к стенду предъявляются достаточно жесткие требования, которые нужно выполнить. Поэтому рекомендуется второй способ, получивший более широкое распространение [1].

Точность расчетов с использованием экспериментальных коэффициентов во многом зависит от достоверности последних. Естественно, что при таком подходе возникают трудности при расчете динамики переходных процессов в принципиально новых системах и установках, внедрение которых может задерживаться из-за отсутствия экспериментальных коэффициентов. В частности, в ряде случаев при динамическом расчете пневматических звеньев и цепей нужно установить, какой принимать входной пневматический сигнал, а именно, задавать его постоянным или изменяющимся во времени. При постоянном сигнале значительно упрощается математическая модель

Кроме того, допущения, принимаемые при расчете динамики пневмосистем в сосредоточенных параметрах, могут оказать влияние волновые процессы и образующихся под их воздействием ударных волн, на движение поршневых пневматических устройств, соединенных как простыми, так и сложными разветвленными линиями передачи пневматических сигналов, влияние на переходные процессы постоянных и переменных местных сопротивлений в трубопроводах в зависимости от места их расположения и скорости переключения. Сюда относится также определение влияния элементов пневматической цепи, переключающихся во время рассматриваемого переходного про-

цесса, на динамику газовой системы и движение поршневых исполнительных механизмов, расчет переходных процессов в комплексе «система управления – линия передачи сигналов – исполнительные механизмы», рассматриваемом как единое целое, расчет переходных процессов в проточных пневмосистемах и др.

Кроме достоверного определения коэффициента расхода при моделировании и расчете пневмосистем важно дать рекомендации по составлению их расчетных схем, что позволит сократить время моделирования и время динамического расчета на ЭВМ. В частности, часто предоставляется возможным осуществлять замену сложных пневматических контуров на упрощенные, например, двухзвенные пневматические цепи, включающие две камеры и два дросселя, заменять на однозвенные. При расчете необходимо также учитывать силы сопротивления при перемещении подвижных частей в исполнительных устройствах, например, силы трения.

Помимо вышеуказанного нужно также отметить, что современные пневматические приводы транспортных и технологических машин являются многоконтурными, представляющими собой соединения трубопроводов и емкостей. Поэтому при их математическом моделировании целесообразно выбрать оптимальную газодинамическую функцию расхода, а также принять ряд возможных допущений [5].

Все допущения при математическом моделировании пневмосистем должны быть всегда обоснованными. В частности, давление на входе пневматических звеньев и цепей можно принимать постоянным или изменяющимся во времени. Поэтому ставится задача, при каких соотношениях объемов наполняемой и опорожняемой емкостей (камер) давление сжатого воздуха в опорожняемой емкости можно принимать постоянными.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Герц Е.В. Пневматические приводы. Теория и расчет. – М.: Машиностроение, 1969. – 359 с.
2. Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчет пневмоприводов. Справочное пособие. М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.
3. Метлюк Н.Ф., Автушко В.П. Динамика пневматических и гидравлических приводов автомобилей. – М.: Машиностроение, 1980. – 231 с.
4. Бартош П.Р. Исследование динамики и повышение быстроты действия пневматического тормозного привода большегрузных прицепов. Кандидатская диссертация. – Мн.: БПИ, 1977. – 230 с.
5. Бартош П.Р., Жилевич М.И., Филипова Л.Г. и др. К выбору газодинамической функции и использованию допущений при математическом моделировании пневматических приводов. – Сборник «Автомобиле- и тракторостроение», Минск, БНТУ, 2019. – 309–313 с.