

**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ЧИСЛЕННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ
ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ АМОРТИЗАТОРОВ**

**FEATURES OF DESIGN AND NUMERICAL SIMULATION
OF THE DYNAMICS OF PNEUMO-HYDRAULIC
SHOCK ABSORBERS**

Титова А. В.,

Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
Ижевск, Россия

A. Titova,

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia

Представлены результаты методического исследования, направленного на построение расчетной схемы для моделирования динамики пневмогидравлических амортизаторов транспортных средств с помощью метода контрольного объема и подвижных сеток.

The results of a methodological study aimed at constructing a computational scheme for modeling the dynamics of shock absorbers of vehicles using the method of control volume and movable grids are presented.

Ключевые слова: численное моделирование; вычислительная гидрогазодинамика; пневмогидравлические амортизаторы

Keywords: numerical modeling; computational fluid dynamics; shock absorbers

ВВЕДЕНИЕ

Повышение требований к плавности хода транспортных средств высокой проходимости привело к необходимости увеличения энергоемкости системы поддресоривания (СП). Одним из способов улучшения плавности хода и снижения перегрева органов СП является установка пневмогидравлических амортизаторов (ПГА), которые позволяют снизить поглощаемую мощность на всех режимах движения транспортных средств при условии сохранения необходимой плавности хода.

Вместе с преимуществами ПГА обладают и рядом недостатков, главной из которых является сложность прогнозирования упругой характеристики, делающая процесс проектирования и производства весьма трудоемким и наукоемким. При подборе ПГА для СП транспортных средств высокой проходимости, на сегодняшний день, используют упругую характеристику, полученную в результате стендовых испытаний, где подразумевается только воздействие статической нагрузки [1; 2]. При динамических нагрузках, характерных для реальной картины дорожной обстановки, поведение упругой характеристики остается непредсказуемым, так как движение рабочей жидкости здесь является существенно нестационарным, из-за чего использование приближенных аналитических моделей гидродинамического нагружения рабочего органа ПГА – поршня для рационального выбора конструкторских решений становится некорректным.

Наиболее передовыми подходами к моделированию процессов в пневмогидравлических системах являются подходы, основанные на решении уравнений Навье-Стокса численными методами или, как принято их называть в западной литературе, – CFD (Computational Fluid Dynamics)-методами. При численном моделировании течения рабочей жидкости в ПГА методом контрольного объема в современных программных пакетах подвижностью поршня часто пренебрегают для уменьшения вычислительных затрат [3]. Однако, чтобы в полной мере проанализировать нелинейное нестационарное нагружение рабочего органа ПГА, необходимо рассматривать сопряженную задачу его движения при взаимодействии с потоком среды во внутренней полости устройства.

Полноценное моделирование работы ПГА требует построения расчетных схем с использованием подвижной сетки. Наиболее приспособленным для работы с подобными сложными расчетными схемами является алгоритм расчета поля течения SIMPLE (и его дальнейшие модификации) [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Расчет режима течения проводился при следующих параметрах: ход поршня ПГА 0,04 м; диаметр поршня 0,075 м; диаметр дроссельного отверстия 0,003 м; начальная скорость поршня 0,01 м/с; рабочая жидкость – минеральное масло МГЕ-10А.

В результате расчета были получены картины нестационарного течения. На рис. 1 представлены поля распределения скоростей и давлений по всей расчетной области.

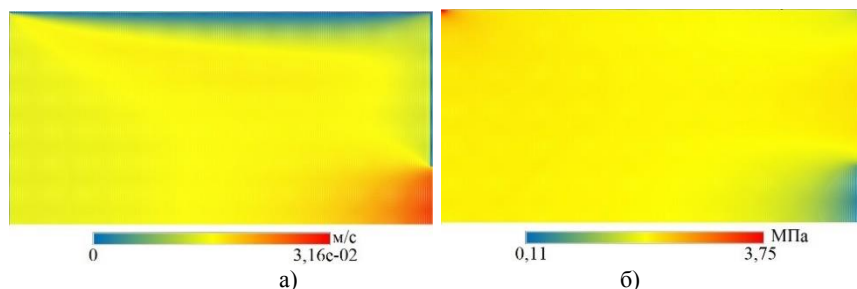


Рисунок 1 – Результаты расчета течения:
а – поля распределение скоростей; б – распределение давления

Видно, что вблизи дроссельного отверстия струйное течение эволюционирует, порождая вихревые структуры в проточной части ПГА. Обнаруженные струйные эффекты и вихревые течения могут возникать и при пространственном течении в проточной части реального устройства, приводя к изменениям распределения давления по рабочей поверхности корпуса, возникновению дисбаланса радиальной составляющей гидродинамических сил и могут быть причиной различия расчетной и экспериментальной демпфирующей характеристики ПГА.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проделанная работа позволяет сделать вывод о том, что разработанный вычислительный код для моделирования течений рабочей жидкости в органах ПГА, основанный на методе контрольного объема на движущейся несмещенной сетке, может быть использован в качестве альтернативы коммерческим пакетам программ вычислительной гидрогазодинамики (CFD) для расчета режимов течения в пневмогидравлических агрегатах СП транспортных средств.

В целом можно сделать вывод, что технология построения расчетной схемы успешно отлажена в осесимметричной постановке. Дальнейшая работа предполагает полноценное моделирование реальной конструкции ПГА в условиях, приближенных к экспериментальному исследованию. Сравнение результатов расчета с экспери-

ментом позволит произвести верификацию расчетной схемы и использовать ее в дальнейшем для оптимизации внутренней геометрии ПГА с целью улучшения и уточнения его упругой характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lee, K. Numerical modeling for the hydraulic performance prediction of automotive monotube dampers / K. Lee // *Vehicle system dynamics*. 1997. – № 28. – P. 25–39.

2. Сарач, Е. Б. Методы исследования систем поддрессоривания транспортных машин / Е. Б. Сарач, А. А. Ципилев // *Наука и образование. Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана*. – 2012. – № 5. С. 95–125.

3. Численное моделирование потоков в струйно-золотниковом гидроусилителе / К. А. Широкова [и др.] // *Вестник УГАТУ*. 2008. – Т. 11. – № 2 (29). – С. 55–59.

4. Реализация метода расчета вязкой несжимаемой жидкости с использованием многосеточного метода на основе алгоритма SIMPLE в пакете программ ЛОГОС / А. С. Козелков, [и др.] // *Вопросы атомной науки и техники. Сер. Матем. моделирование физ. процессов*. – 2013. – № 4. – С. 44–56.

5. Патанкар, С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / С. Патанкар. – М.: Энергоатомиздат. – 1984. – 152 с.

Представлено 26.04.2023