

Хруцкий А.А., Ощепков В.С.

МЕТОДИКА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОЧЕГО ЦИКЛА ПОГРУЖНОГО ПНЕВМОУДАРНИКА П-110

Одним из основных технологических процессов горнорудного производства являются бурение скважин, которое в подземных условиях выполняется буровыми станками с погружными пневмоударниками типа П-110. Исследование и проектирование этих бурильных машин является дорогостоящим и длительным мероприятием, так как требует изготовления громоздких стендов, натурального образца изделия, что требует существенных временных и материальных затрат. Использование компьютерного моделирования даёт возможность сократить сроки, удешевить проведение проектно-конструкторских работ, существенно упростить процесс исследования динамических рабочих процессов пневмоударника, и получить данные, приближенные к реальным.

На сегодняшний день моделирование рабочих процессов пневматических и гидравлических машин основано на использовании в основном метода конечных элементов [2, 4, 5], метода конечных объёмов [3, 5, 8].

Ранее нами было проведено моделирование пневматического вибратора [7] с помощью метода конечных объёмов с подвижным телом, в ходе которого было установлено, что из-за специфики пневматических машин за первые несколько циклов расчёта режим работы машин не установившийся и результаты моделирования не стабильны. Таким образом, необходимо разработать методику моделирования рабочих процессов погружного пневмоударника, которая позволила бы решить междисциплинарную задачу и включала в себя решение задачи газодинамики с подвижным телом и учитывала ударное взаимодействие подвижного элемента с другим твёрдым телом.

При моделировании пневмоударника рассматривается один цикл хода поршня, который начинается с момента удара поршня-ударника по коронке.

Моделирование удара поршня-ударника по хвостовику коронки проводится с помощью расчётного модуля Motion программного комплекса САПР SolidWorks, а моделирование движения поршня под действием сжатого воздуха - с помощью программного комплекса FlowVision компании ТЕСИС [3].

Общая методика проведения исследования следующая:

1. Построить расчётную модель ударного взаимодействия в SolidWorks Motion;
2. Построить расчётную газодинамическую модель в FlowVision;
3. Провести предварительные расчёты для ориентировочного определения начальных параметров, которые в последствие будут уточняться: предударной скорости поршня-ударника, давления в камерах холостого и рабочего хода на момент удара;
4. Задать значение предударной скорости поршня-ударника и определить скорость его отскока после удара о коронку в SolidWorks Motion;
5. Задать значения скорости отскока поршня, давлений в камерах рабочего и холостого хода. Провести моделирование движения поршня под действием сжатого воздуха до следующего удара по хвостовику коронки в программном комплексе FlowVision. Определить предударную скорость поршня-ударника;

6. Задать значение уточнённой предупредительной скорости поршня-ударника, задать силы, действующие на поршень от давления в камерах холостого и рабочего хода, определить скорость его отскока после удара о коронку в SolidWorks Motion;

7. Повторить п.5-6, до тех пор, пока погрешность результатов соседних итераций не будет менее 10%.

Расчётная модель ударного взаимодействия, состоящая из поршня-ударника и неподвижной буровой коронки, строится в SolidWorks Motion. Расчётная газодинамическая модель с подвижным телом строится в программном комплексе FlowVision.

В качестве начальных граничных условия выступают предупредительная скорость, силы от давлений сжатого воздуха в камерах рабочего и холостого хода.

Ориентировочная предупредительная скорость поршня-ударника определяется исходя из паспортных значений энергии удара пневмоударника и составляет 7,4 м/с.

При определении скорости поршня после, согласно [1, 6], полный коэффициент восстановления энергии после удара составит 0,76-0,8, а скорость поршня после удара будет 5,6 - 5,9 м/с.

После удара в камере рабочего хода будет атмосферное давление, в камере холостого хода приблизительно магистральное давление (0,5МПа). Таким образом, сила на поршень от давления в камере холостого хода составит около 2012 Н. В дальнейшем, на следующих итерациях, давления будут уточняться, соответственно, изменится баланс сил на поршне и скорость отскока.

В результате исследования согласно разработанной методике определяется изменение давлений в камерах погружного пневмоударника и перемещение поршня во времени, что даёт возможность определить частоту и энергию ударов.

Выводы и направления дальнейших исследований

1. При моделировании рабочего процесса погружного пневмоударника П-110, рассматривается один цикл хода поршня, который начинается с момента удара поршня-ударника по коронке. Такой подход позволяет определять параметры машины, работающей сразу в номинальном режиме;

2. Определён общий порядок проведения исследования, при котором моделирование ведётся циклически с постепенным уточнением начальных расчётных данных. Установлены значения исходных данных первого этапа моделирования;

3. В дальнейшем планируется проведение исследование по разработанной методике и сравнение результатов с уже известными исследованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Е.В., Соколинский В.Б. Прикладная теория и расчёты ударных систем. Монография. - М.: Наука, 1969. – 201 с.
2. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984 – 428 с.;
3. Документация FlowVision. [Электронный ресурс] URL: <https://flowvision.ru/index.php/public-downloads/category/8-dokumentatsiya-flowvision>;
4. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. — М.: Мир, 1986 – 309 с
5. Марчук Г. И., Агошков В. И. Введение в проекционно-сеточные методы. М.: Наука, 1981.-210 с.
6. Соколинский В.Б.. Машины ударного разрушения. М.:Машиностроение.-1982.-185 с.
7. Хруцкий А.А., Ощепков В.С. Компьютерное моделирование рабочего цикла пневматического вибратора безударного действия. Доклад на этой конференции.

8. Weiss J. M., Maruszewski J. P., Smith W. A. Implicit Solution of Preconditioned Navier-Stokes Equations Using Algebraic Multigrid // AIAA J. - 1999. - Vol 37, No1. - P. 29-36.

Сведения об авторах: Хруцкий Андрей Александрович, к.т.н, доцент кафедры горных машин и оборудования, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»
Ощепков Вячеслав Сергеевич, магистрант кафедры горных машин и оборудования, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»