DOI: 10.17117/na.2015.09.891

Поступила (Received): 24.09.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.09.891.pdf>

Хусаинов И.Г., Ибрагимова А.Р.
Моделирование отражения волн от препятствия

Khusainov I.G., Ibragimova A.R.
Modelling of reflection of waves from an obstacle

Изучена эволюция волнового импульса при прохождении через насыщенную газом пористую преграду. Проанализировано влияние параметров пористой среды: начального значения газосодержания и размеров пор, а также межфазного теплообмена на эволюцию волнового импульса

Ключевые слова: пористая среда, волновой импульс, межфазные силы, теплообмен

Хусаинов Исмагильян Гарифьянович
Кандидат физико-математических наук, доцент
Башкирский государственный университет
(филиал)
Башкортостан, г. Стерлитамак, пр. Ленина, 49

Рахимова Римма Айдаровна
Студент
Башкирский государственный университет
(филиал)
Башкортостан, г. Стерлитамак, пр. Ленина, 49

This paper studies the evolution of a wave pulse during propagation through a porous obstacle located in a gas and saturated with it. The effect of the parameters of the porous medium such as the initial value of the gas volume fraction and pore size and interfacial heat transfer on the evolution of the wave pulse was analyzed

Key words: porous medium, wave pulse, interfacial forces, heat transfer

Khusainov Ismagilyan Garifyanovich
Candidate of Physico-mathematical Sciences,
Associate Professor
Bashkir state university (branch)
Bashkortostan, Sterlitamak, Lenin Avenue, 49

Rakhimova Rimma Aidarova
Student
Bashkir state university (branch)
Bashkortostan, Sterlitamak, Lenin Avenue, 49

Работа выполнена при поддержке гранта Стерлитамакского филиала Башкирского государственного университета № B15-66.

В настоящее время для ряда отраслей современной техники и технологии весьма актуальна проблема подавления акустических, ударных и детонационных волн в газах и жидкостях. Большое внимание к этой проблеме обусловлено необходимостью разработки эффективных мер борьбы с шумами в различных технологических и энергетических установках, а также необходимостью создания надежных систем защиты от взрыва, обеспечивающих безопасность труда и технологического оборудования. В связи с этим, изучение отражения акустических волн от пористой преграды является весьма актуальной [1-5].

В данной работе решена задача преодоления волновым импульсом пористой преграды типа губка. Проанализировано влияние параметров пористой

среды (радиуса пор, объемной доли газа в среде, межфазного теплообмена) на эволюцию волнового импульса.

Пусть волновой импульс, распространяясь по газу, падает нормально на плоскую поверхность пористой среды, насыщенной таким же газом. Толщина пористой среды (перегородки) равна l , а два других её измерения: высота и ширина достаточно большие, чтобы пренебречь краевыми эффектами. Поверхность перегородки, на которую падает начальный импульс, будем считать первой границей, а параллельную ей и расположенную на расстоянии l – второй границей. В работе рассматриваются два различных случая, определяемые характером первой и второй границ:

При падении волны из газа на пористую среду в однородной среде возникает отраженная волна, в пористой среде – прошедшая, которая разделяется на две: «быструю» и «медленную». В работе записаны условия на границах $x = 0$ и $x = l$, получены коэффициенты отражения и прохождения.

С использованием полученных выражений для коэффициентов отражения и прохождения гармонических плоских волн на первой и второй границах рассмотрим динамику волны конечной длительности, проходящей через пористую преграду. В зависимости от толщины пористой преграды будем рассматривать импульсы давлений, временная протяженность которых позволяет не учитывать влияние отраженного от противоположной границы импульса на прохождение им рассматриваемой границы.

Пусть слева от преграды на границу раздела «газ – пористая среда» падает импульс давления, имеющий колоколообразную форму и описываемый выражением [6-9]

$$p^{(o)}(0, t) = \Delta p_0 \exp \left(- \left(\frac{t - t_m}{t_*/2} \right)^2 \right)$$

Здесь $p^{(o)}(0, t)$ – распределение давления по времени для падающей волны, Δp_0 – амплитуда падающего импульса, t_* и t_m – соответственно временная протяженность исходного импульса и ширина импульса, т.е. момент времени, на который приходится максимум амплитуды этого импульса.

Результаты численной реализации анализа процессов отражения и прохождения импульсных возмущений через пористую преграду, проведенной с использованием метода дискретного преобразования Фурье, представлены на рис. 1. Временная протяженность импульсного сигнала в расчетах равна $2,5 \cdot 10^{-4}$ с, толщина пористой преграды $l = 0,5$ м, средний радиус пор $a_0 = 10^{-3}$ м. Осциллограммы D_1 и D_2 соответствуют показаниям датчиков D_1 и D_2 , расположенных перед пористой преградой и после нее. Датчик D_1 регистрирует исходный и отраженный от первой границы пористой преграды импульсы давления, а датчик D_2 – импульс, прошедший через вторую границу преграды. В осциллограммах D_1 сплошные линии соответствуют исходному импульсу, а штрихпунктирные линии – отраженной от первой границы волне. В осциллограммах D_2 сплошные линии построены с учетом межфазных сил и межфазно-

го теплообмена, а штриховые линии – с учетом межфазных сил и без учета межфазного теплообмена. Как видно, учет межфазного теплообмена приводит к дополнительному затуханию импульса на 30–40 %.

Рис. 1. Влияние межфазного теплообмена на эволюцию импульса, преодолевающего пористую преграду

Решена задача отражения импульса давления от насыщенной газом пористой преграды, расположенной в газе или воде. Установлено, что эволюция импульса, распространяющегося по газу и преодолевающего пористую преграду, существенно зависит от радиуса пор, учета межфазного теплообмена и исходной объемной доли газа в среде.

Список используемых источников:

1. Володин С.В., Дмитриев В.Л., Хусаинов И.Г. Распространение линейных волн во влажных насыщенных газом пористых средах // Теплофизика высоких температур. 2009. Т. 47. № 5. С. 734-740.
2. Хусаинов И.Г. Акустическое зондирование перфорированных скважин короткими волнами // Прикладная механика и техническая физика. 2013. Т. 54. № 1. С. 86-93.
3. Хусаинов И.Г. Воздействие акустическим полем на насыщенную жидкостью пористую среду // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6.
URL: <http://www.science-education.ru/120-15160>
4. Хусаинов И.Г. Динамика релаксации давления в полости с плоско-параллельными стенками после ее опрессовки // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.
URL: <http://www.science-education.ru/119-15159>
5. Хусаинов И.Г. Отражение акустических волн в цилиндрическом канале от перфорированного участка // Прикладная математика и механика. 2013. Т. 77. № 3. С. 441-451.
6. Хусаинов И.Г. Оценка качества перфорации скважины акустическим методом // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 787.
URL: <http://www.science-education.ru/119-14505>

7. Хусаинов И.Г. Тепловые процессы при акустическом воздействии на насыщенную жидкостью пористую среду // Вестник Башкирского университета. 2013. Т. 18. № 2. С. 350-353.

8. Шагапов В.Ш., Хусаинов И.Г., Дмитриев В.Л. Распространение линейных волн в насыщенных газом пористых средах с учетом межфазного теплообмена // Прикладная механика и техническая физика. 2004. Т. 45. № 4 (266). С. 114-120.

© 2015, Хусаинов И.Г., Ибрагимова А.Р.

Моделирование отражения волн от препятствия

© 2015, Khusainov I.G., Ibragimova A.R.

Modelling of reflection of waves from an obstacle