

ВОЛНЫ В ГИДРАТОСОДЕРЖАЩИХ ПОРИСТЫХ СРЕДАХ

А.А. Губайдуллин, О.Ю. Болдырева, Д.Н. Дудко

*Тюменский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича
Сибирского отделения Российской Академии наук (ТюмФ ИТПМ СО РАН)
625026, г. Тюмень, Россия*

Численно исследован процесс распространения волн давления в пористой среде, содержащей газовый гидрат. Исследование выполнено в рамках трехфазной модели пористой среды (скелет, гидрат и флюид). Изучено прохождение и отражение волн на границах между обычной и содержащей гидрат пористой средой. Численно исследовано прохождение и отражение волн в пористой среде, содержащей участок, частично заполненный газогидратом. Установлено, что в частично заполненной гидратом пористой среде акустический импульс распространяется без искажения, с некоторым затуханием. При увеличении гидратонасыщенности пористой среды увеличивается ее акустическое сопротивление.

В линейном приближении изучены особенности распространения возмущений давления в цилиндрической полости в пористой среде с гидратосодержащим слоем (Рис.1). Для математического описания пористой среды, содержащей газовый гидрат, использовалась двухфазная модель пористой среды с эффективными параметрами скелета. Получены дисперсионные соотношения для основной акустической моды в цилиндрической полости в каждом слое, составляющем пористую среду, рассчитаны коэффициенты отражения и прохождения волн через границы слоев внутри полости. Изучено влияние свойств пород, частоты сигнала и протяженности гидратосодержащего слоя на суммарный коэффициент отражения от слоя.

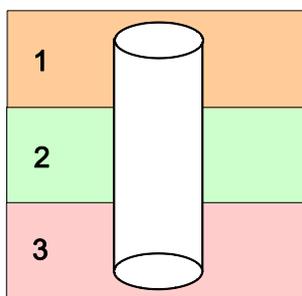


Рис. 1. Схема задачи. Слой 2 содержит газовый гидрат.

На Рис.2 показаны рассчитанные частотные зависимости коэффициентов отражения R_{12} от границы 1–2 и R_{123} от гидратонасыщенного слоя 2 для трубных волн в пористой среде для случая открытых пор на границе с цилиндрической полостью. В данных расчетах свойства слоев 1 и 3 одинаковы, поэтому $R_{23} = -R_{12}$. Основные параметры пористой среды (кварц + вода) следующие: пористость равна 0.4, характерный размер зерен пористой среды 0.1 мм, радиус полости равен 0.1 м. Толщина слоя 2, содержащего газовый гидрат, равна 5 м, доля гидрата в порах составляет 0.8. Различие коэффициентов отражения R_{12} и R_{123} заметно лишь при достаточно низких частотах. При низких частотах эти коэффициенты положительны, т.е. отражение на границе происходит как от акустически

более жесткой среды. С увеличением частоты коэффициент отражения уменьшается, и при частоте выше 1 кГц становится близким к нулю. Такие значения коэффициентов отражения объясняются соотношениями скоростей трубных волн в низко- и высокочастотном диапазоне: наличие гидрата в пористой среде уменьшает проницаемость и увеличивает скорость трубной волны при низких частотах, но практически не изменяет ее при высоких частотах. Расчеты показали, что различие коэффициентов отражения R_{12} и R_{123} проявляется лишь в области низких частот при достаточно малой толщине слоя.

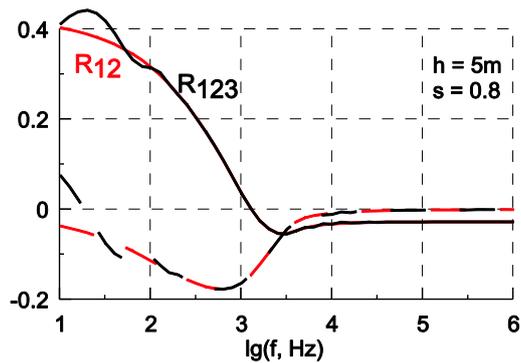


Рис. 2. Коэффициенты отражения от границы R_{12} и от гидратонасыщенного слоя R_{123} для трубных волн в пористой среде для случая открытых пор на границе. Сплошными линиями показаны действительные, штриховыми – мнимые части коэффициентов отражения.