

УДК 539.3:534.1

ТИПИ ПОВЕРХНЕВИХ ХВИЛЬ НА МЕЖІ РІДИНИ І ПОРОПРУЖНОГО ПІВПРСТОРУ

Наталія Городецька, Тетяна Соболь, Тетяна Щербак

*Інститут гідромеханіки НАН України,
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

nsgihm@gmail.com, sobol2017liza@gmail.com, mirgtanya@gmail.com

Визначено різні типи поверхневих хвиль, які виникають на межі пористо-пружного півпростору та рідини. Аналіз виконано на основі теорії Біо для різних крайових умов, зокрема, проникної та непроникної меж. Розглянуто різні співвідношення механічних характеристик контактуючих середовищ.

Показано, що на межі пористо-пружного півпростору та рідини без урахування дисипації можуть існувати три різні типи поверхневих хвиль. В залежності від крайових умов на межі та співвідношення механічних характеристик можливі ситуації, коли існують три, два або лише один тип поверхневих хвиль. Тип поверхневої хвилі визначається відношенням її швидкості до швидкостей об'ємних хвиль: трьох у пористо-пружному півпросторі та двох у пружному півпросторі, а також типом крайових умов. В класичному розумінні поверхнева хвиля, утворена неоднорідними хвилями, переносить енергію тільки вздовж межі, згасає вглиб обох середовищ і не переносить енергію вглиб жодного з них. Перший тип відповідає саме такій поверхневій хвилі – хвилі Стоунлі, фазова швидкість якої менша, ніж фазові швидкості всіх об'ємних хвиль в обох середовищах.

Решта поверхневих хвиль – це витікаючі квазіповерхневі хвилі: вони поширюються вздовж межі, переносять енергію вглиб одного або обох середовищ за рахунок перерозподілу енергії поверхневої хвилі в об'ємні хвилі. Квазіповерхнева хвиля Стоунлі поширюється з фазовою швидкістю, більшою за швидкість повільної поздовжньої хвилі в пористо-пружному середовищі, але меншою за швидкості поперечної та швидкої поздовжньої хвилі в пористо-пружному середовищі та хвилі в рідині. Для неї повільна поздовжня хвиля в пористо-пружному середовищі стає такою, що поширюється й переносить енергію вглиб пористо-пружного півпростору, а у рідині енергія вглиб середовища не переноситься і поверхнева хвиля експоненціально згасає.

Третій тип поверхневих хвиль – це квазіповерхнева хвиля Релея, фазова швидкість якої більша, ніж швидкість хвилі в рідині, та перевищує швидкість повільної поздовжньої хвилі в пористо-пружному півпросторі. Швидкість квазіповерхневої хвилі релєвського типу менше швидкостей поперечної та швидкої поздовжньої хвилі в пористо-пружному півпросторі. В цій хвилі енергія переноситься як вглиб рідини, так і в пористо-пружне середовище по-

вільною поздовжньою хвилею.

Тип граничних умов на межі розділу середовищ суттєво впливає як на характеристики поверхневих хвиль, так і на умови їх існування. В роботі було показано, що для непроникної межі хвиля Стоунлі існує для всіх можливих співвідношень механічних характеристик контактуючих середовищ. Для проникної межі хвиля Стоунлі існує для обмеженого співвідношення механічних параметрів. При цьому за умови існування хвилі Стоунлі, її швидкість на проникній межі більша, ніж на непроникній межі.

Квазіповерхнева хвиля Стоунлі для проникної і непроникної межі існує в обмеженому діапазоні зміни параметрів контактуючих середовищ. На проникній межі швидкість квазіповерхневої хвилі менша, ніж на непроникній.

Квазіповерхнева хвиля Реле для проникної і непроникної межі існує не для всіх можливих параметрів середовищ. Для непроникної межі квазіповерхнева хвиля Релея існує для більш жорстких середовищ, ніж для проникної межі і її швидкість на непроникній межі більша.

Тип граничних хвиль є визначальним для кінематичних та енергетичних характеристик поверхневої хвилі. Для певних механічних характеристик контактуючих середовищ для проникної межі поверхнева хвиля Стоунлі проникає на більшу глибину в пористо-пружний півпростір, ніж для непроникної межі. Для обох типів граничних умов енергія цієї хвилі зосереджена переважно в пористо-пружному півпросторі. Зокрема, для проникної межі при контакті води і пористо-пружного півпростору, насиченого водою, в рідині практично вся енергія зосереджена в шарі 0.2λ , а в пористо-пружному півпросторі – в шарі λ , де λ – довжина хвилі Стоунлі. Для непроникної межі основна частина енергії поверхневої хвилі зосереджена в пружному скелеті, але процентний вміст цієї енергії в пористо-пружний півпростір є меншим, ніж для проникної межі.

Аналізуючи кінематичні характеристики відмітимо, що для непроникної межі вертикальна компонента переміщення порової рідини в пористо-пружному півпросторі та переміщення в пружному направлені однаково. Для проникної межі вертикальна компонента переміщення порової рідини і пружного скелету направлені в протилежні боки. Горизонтальна компонента переміщення пружного скелету змінює знак з глибиною для обох типів граничних умов. В той же час переміщення в поровій рідині знак не змінюють.

Таким чином, зміна типу граничних умов на межі рідини та пористо-пружного півпростору суттєво впливає на акустичні характеристики поверхневої хвилі.

TYPES OF SURFACE WAVES AT THE INTERFACE OF A FLUID AND A PORE-ELASTIC HALF-SPACE

The surface wave propagation at the interface of a porous-elastic fluid-saturated half-space and a fluid have been analyzed. It is found that three types of surface waves can exist in the system, depending on mechanical characteristics of the contacting media and boundary conditions (permeable or impermeable boundary). The kinematic and energy characteristics of the surface wave have been studied.