XXXIII Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. Ч.IV : С.6-7

УДК 617.7

И.П.Рындин (5 курс, каф. МПУ), В.А.Пупырев, к.ф.-м.н., доц.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВЯЗКОУПРУГИХ ВОЛН ПРИ ПРОДОЛЬНОМ СОУДАРЕНИИ СТЕРЖНЕЙ

Целью данной работы является исследование характеристик процесса распространения волн в вязкоупругих стержнях. Исследуется задача продольного соударения полубесконечных стержней из вязкоупругих материалов. В начальный момент времени стержни не напряжены, не деформированы, движутся вдоль одной прямой. Вязкоупругий материал, в роли которого выступает материал Максвелла, находится в состоянии покоя.

Задача решается с помощью операционного исчисления. Показано, что получение общего аналитического решения сильно затруднено из-за наличия радикалов в выражениях. Удается найти характеристики на фронте волны. Дано сравнение результатов упругой и вязкоупругой задачи. Анализируется скачок ускорения на фронте волны в вязкоупругой задаче. Приведены выражения для скорости, продольного усилия ускорения на фронте волны.

Аналитические выражения проверены численным методом, получившим название метода прямого математического моделирования.

Практическое использование результатов данной работы может состоять в применении к расчетам задач о продольном соударении тел, похожих по форме на стержни (торпеды, ударники).

Рассматривается задача продольного соударения двух полубесконечных упругих стержней. Стержень 1 движется со скоростью V_1, стержень 2 движется со скоростью V_2, $V_2 < V_1$. У стержней отсутствует предварительное напряжение. Стержень 1 догоняет стержень 2. Время отсчитывается с момента столкновения стержней. Начало координат (x=0) расположено в месте стыка стержней. Местные деформации не учитываются. Требуется найти скорость, ускорение, продольное усилие во всех точках стержней.

Распространение волны иллюстрирует рис. 1.

В табл. 1 приведены точные значения продольный усилий и скорости на фронте вязкоупругой волны, они сравниваются с выражениями из упругой задачи.

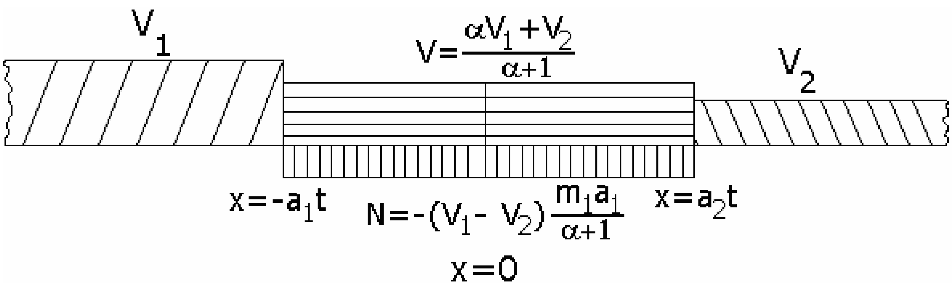

Рис. 1.

Таблица 1. Сравнение результатов.

Вязкоупругая задача	Упругая задача
$\overline{V}_1(a_1t,t) = V_1 - (V_1 - V_2)\dfrac{1}{1+\alpha}\exp\left(-\dfrac{t}{2T_1}\right)$	$\overline{V}_1(a_1t,t) = V_1 - (V_1 - V_2)\dfrac{1}{1+\alpha}$
$\overline{V}_2(a_2t,t) = V_2 + (V_1 - V_2)\dfrac{\alpha}{1+\alpha}\exp\left(-\dfrac{t}{2T_2}\right)$	$\overline{V}_2(a_2t,t) = V_2 + (V_1 - V_2)\dfrac{\alpha}{1+\alpha}$
$\overline{N}_1(a_1t,t) = N_0\exp\left(-\dfrac{t}{2T_1}\right)$	$\overline{N}_1(a_1t,t) = N_0$
$\overline{N}_2(a_2t,t) = N_0\exp\left(-\dfrac{t}{2T_2}\right)$	$\overline{N}_2(a_2t,t) = N_0$

Видно, что выражения в вязкоупругой задаче отличаются от аналогичных выражений в упругой задаче лишь наличием экспоненты.

В отличие от упругой задачи, на фронте вязкоупругой волны существует скачок ускорения, который достигает временного максимума в зависимости от соотношения между временами релаксации соударяющихся стержней.

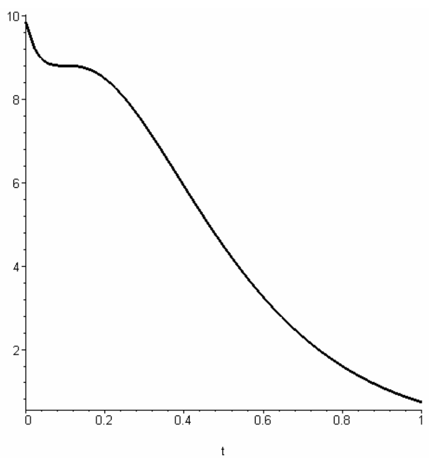

Рис. 2.

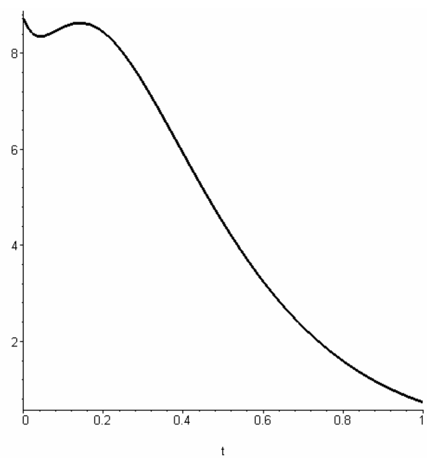

Рис. 3.

Показано, что если время релаксации 1-го стержня *больше*, чем время релаксации 2-го стержня (т.е. $(1/T_2-1/T_1)>0$), то скачок ускорения происходит не ранее, чем через удвоенное время релаксации $2T_1$ (где T_1,T_2 – времена релаксации 1-го и 2-го стержней, соответственно).

Если времена релаксации у стержней одинаковы, то скачок ускорения происходит при $t=2T$ $(T_2=T_1= T)$.

Если же время релаксации 1-го стержня *меньше*, чем время релаксации 2-го стержня (т.е. $(1/T_2-1/T_1)<0$), то имеют место три различных случая поведения ускорения:

- максимум ускорения наблюдается в начальный момент времени, общий характер кривой – убывающий;
- наблюдается ступенька на графике ускорения, максимум ускорения по-прежнему наблюдается в начальный момент времени, общий характер кривой – убывающий (рис. 2);
- наблюдается 2 экстремума на графике ускорения; экстремумы находятся до момента времени, равному удвоенному времени релаксации в стержне (рис. 3).