

УДК 539.3

С. Ю. Бабич, Ю. П. Глухов, В.Ф.Лазар

**ПОВЕДЕНИЕ ПЛАСТИНЫ, ЛЕЖАЩЕЙ НА  
ПРЕДВАРИТЕЛЬНО-НАПРЯЖЕННОМ ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ,  
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ**

В данной работе приведены результаты исследования влияния начальных напряжений на изгибающий момент в пластине, лежащей на предварительно-напряженном полупространстве, при воздействии подвижной нагрузки.

Общая постановка плоских задач об установившемся движении упругого двухслойного полупространства, состоящего из пластины, уравнения движения которой записываются с учетом сдвига и инерции вращения, и подстилающего ее, подверженного предварительному однородному деформированию полупространства из сжимаемого или несжимаемого материалов при подвижной нагрузке приведена в работе [1].

Изгибающий момент в пластине в подвижной системе координат определяется по формуле

$$M = \frac{4 G_1 h^3}{3(1 - \nu_1)} \frac{d\varphi}{dy_1}. \quad (1)$$

Поставленные краевые задачи решаются с помощью преобразования Фурье по переменной  $y_1$ .

В качестве примера исследовалось напряженно-деформированное состояние пластины, лежащей на полупространстве из сжимаемого материала с упругим потенциалом гармонического типа и полупространстве из несжимаемого материала с упругим потенциалом типа Бартенева-Хазановича. При этом предполагалось, что начальное деформированное состояние является плоским, поверхностная нагрузка отсутствует, и на свободную поверхность пластины действует линейная нагрузка, составляющие которой определяются по формулам

$$P_1 = P\delta(y_1)\cos\alpha; \quad P_2 = P\delta(y_1)\sin\alpha; \quad P = G_1, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол наклона нагрузки к оси  $Oy_1$ .

Основные параметры имели значение:  $\rho/\rho_1 = 0,5$ ;  $\mu/G_1 = 0,5$ ;  $\kappa = 0,845$ ;  $\nu = 0,3$ ;  $\nu_1 = 0,25$ ;  $\alpha = \pi/2$ .

Для полупространства из сжимаемого материала с потенциалом гармонического типа вычисления проводились при дозвуковых (и докритических)  $v < v^* < c_{12}$ , трансзвуковых  $c_{12} < v < c_{11}$  и сверхзвуковых  $v > c_{11}$  скоростях движения нагрузки. Здесь через  $c_{11}$  и  $c_{12}$  обозначены скорости распространения в направлении оси  $Oy_1$  соответственно продольных и поперечных поляризованных волн в неограниченном теле с начальными напряжениями.

Для полупространства из несжимаемого материала с потенциалом типа Бартенева-Хазановича исследовались скорости движения нагрузки в диапазонах  $v < v^* < c_1$  и  $v > c_1$ . Здесь через  $c_1$  обозначена скорость распространения поперечных волн в направлении оси  $Oy_1$  в неограниченном несжимаемом теле с начальными напряжениями.

Значения критических скоростей  $v^*$  для различных  $\lambda_1$  и условий контакта при данных значениях основных параметров приведены в [2,3].

Отметим, что при данных значениях основных параметров при  $\lambda_1 = 1$  для несжимаемого полупространства  $c_1 = c_s$ , где  $c_s$  - скорость сдвиговых волн в пластине.

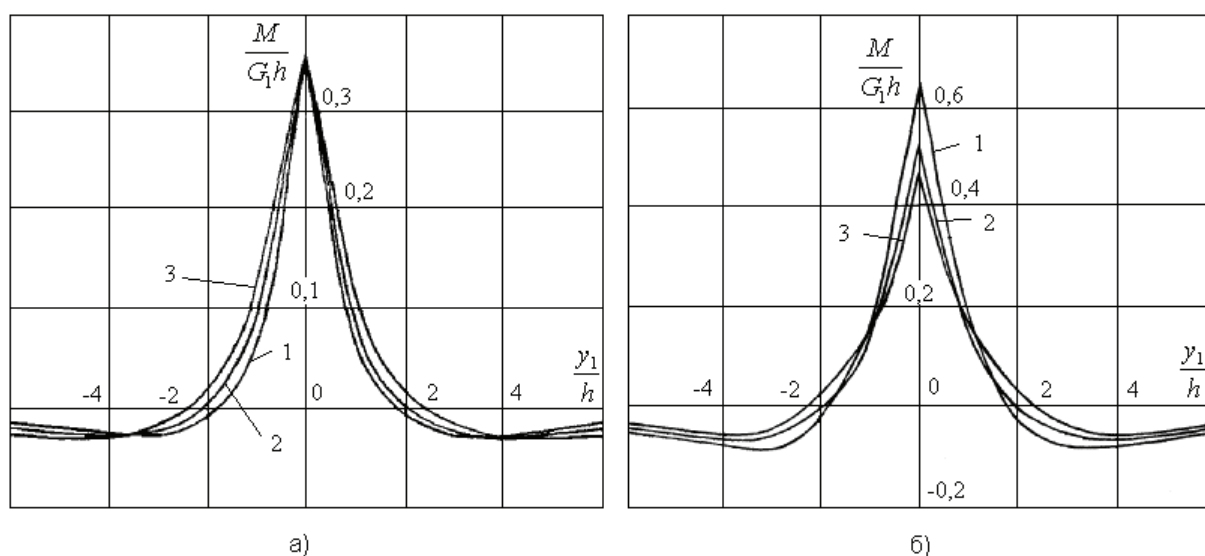


Рисунок 1

На рис.1 и 2. (а – жесткий контакт, б – нежесткий контакт) приведены эпюры для изгибающего момента в пластине на глубине  $y_2 = -h/2$  для скорости движения нагрузки  $v^2 = 0,1c_s^2$  (дозвуковая скорость). Рис.1 соответствует подстилающему полупространству из материала с потенциалом гармонического типа, а рис.2 – полупространству из материала с потенциалом типа Бартенева-Хазановича. Кривые 1 на рис. 1 и 2 соответствуют значению  $\lambda_1 = 0,8$ , кривые 2 – значению  $\lambda_1 = 1$  и кривые 3 – значению  $\lambda_1 = 1,2$ .

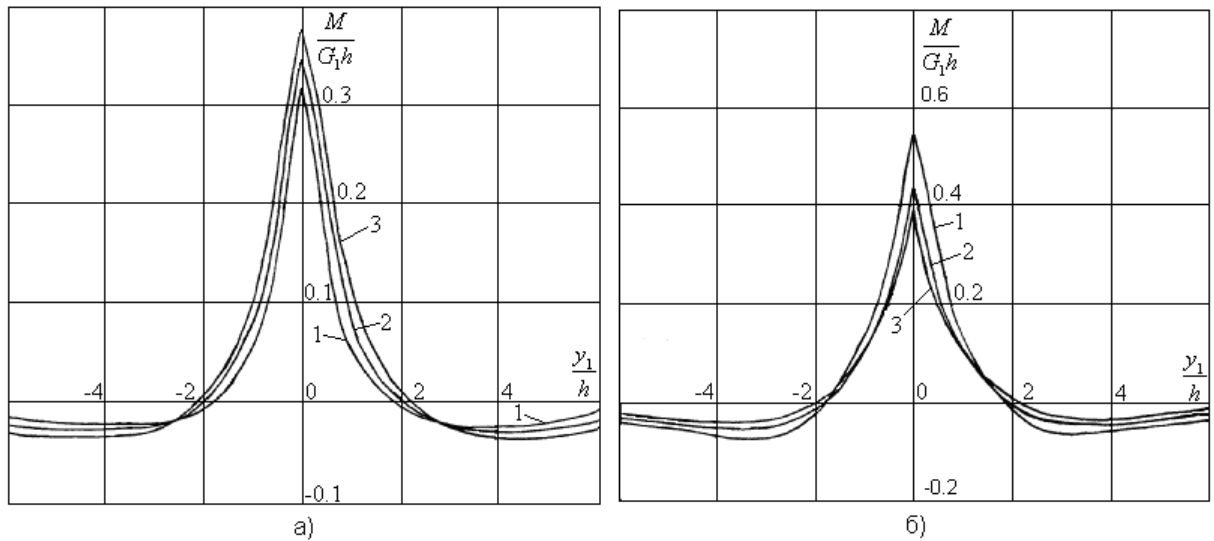


Рисунок 2

Как видно из рис. 1 и 2 для таких скоростей движения нагрузки имеется полная симметрия характеристик напряженно-деформированного состояния относительно точки приложения нагрузки.

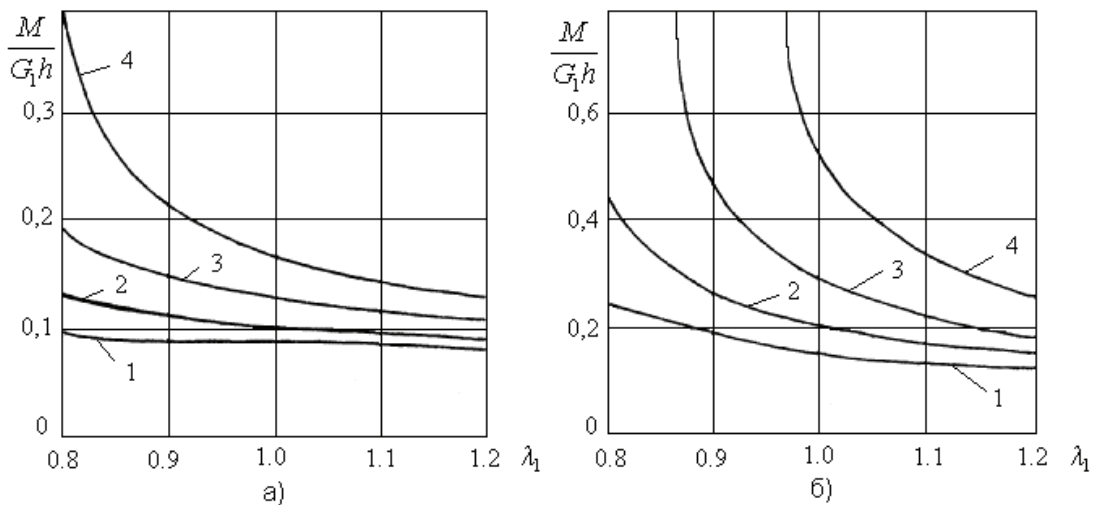


Рисунок 3

На рис. 3 (гармонический потенциал) и 4 (потенциал Бартенева-Хазановича) показана зависимость изгибающего момента в пластине в точке  $y_1 = -\lambda_1 h$ ;  $y_2 = -h/2$  от начальных напряжений при различных докритических скоростях движения нагрузки. Кривые 1 на рис. 2 соответствует скорости движения нагрузки  $v^2 = 0,1c_s^2$ , кривые 2 – скорости  $v^2 = 0,2c_s^2$ , кривые 3 – скорости  $v^2 = 0,3c_s^2$ , кривые 4 – скорости  $v^2 = 0,4c_s^2$ .

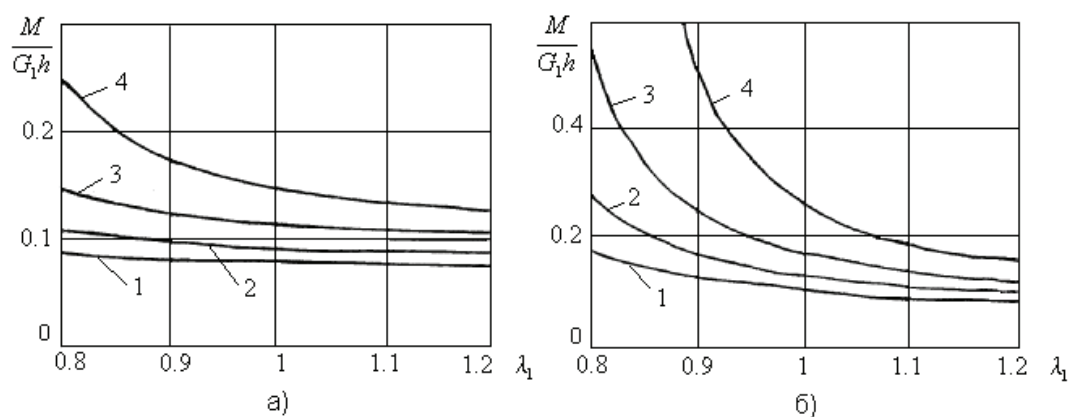


Рисунок 4

На основании полученных численных результатов для докритических скоростей движения поверхностной нагрузки можно сделать следующие выводы. При жестком контакте изгибающий момент в пластине меньше, чем при нежестком. Значение изгибающего момента в конкретной точке пластины зависит как от начальных напряжений в подстилающем полупространстве, так и от ее координат. При этом в исследуемом диапазоне значений  $\lambda_1$  темп роста амплитуды изгибающего момента при сжатии больше, чем при растяжении. Затухание с удалением от точки приложения нагрузки при сжатии происходит медленнее, чем при растяжении.

Влияние начальных напряжений значительно увеличивается с ростом скорости движения нагрузки. Особенно это проявляется при предварительном сжатии.

При жестком контакте влияние скорости и начальных напряжений менее существенно, чем при нежестком контакте.

Изменение изгибающего момента в пластине на глубине  $y_2 = -h/2$  в пластине в зависимости от расстояния до точки приложения нагрузки показано на рис. 5 для скорости  $v^2 = 2c_s^2$

(трансзвуковая скорость, гармонический потенциал). На рис. 5 применяются те же обозначения, что и на рис. 1 и 2.

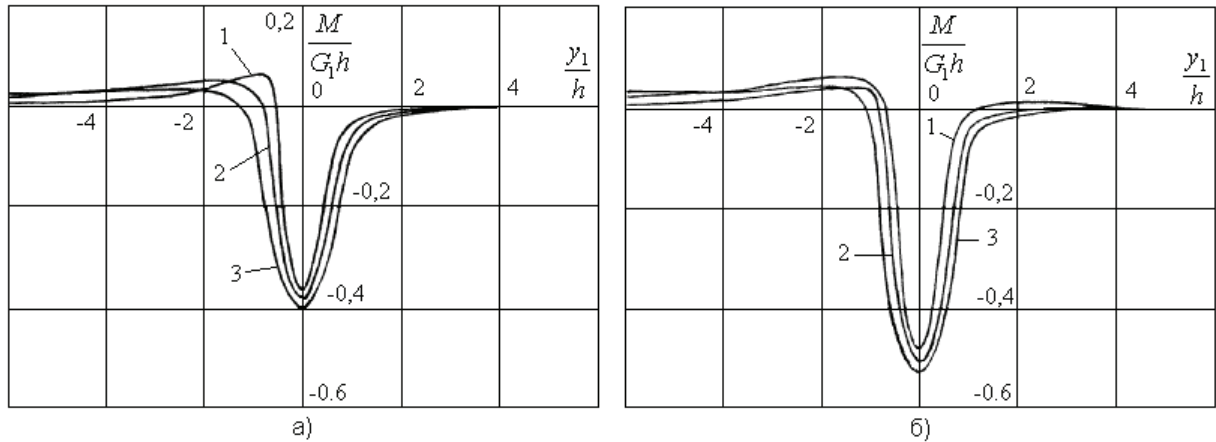


Рисунок 5

Если условно назвать напряжения впереди и позади нагрузки прямой и обратными волнами, то из рис. 5 видно, что при данной скорости движения нагрузки симметрия относительно начала координат нарушается и прямая волна затухает быстрее обратной. Анализ графиков на рис. 5 показывает, что наличие начальных напряжений оказывает существенное влияние на изгибающий момент в пластине. Это влияние различно в зависимости от положения рассматриваемой точки слоистого тела относительно точки приложения нагрузки.

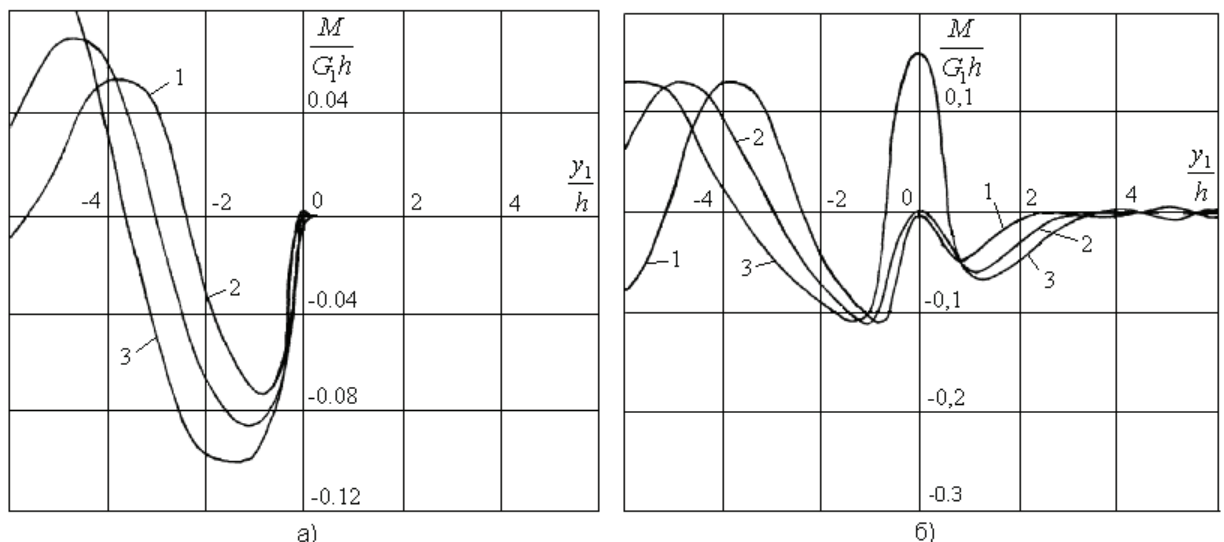


Рисунок 6

На рис. 6 (гармонический потенциал) и 7 (потенциал Бартенева-Хазановича) приведены результаты для скорости  $v^2 = 6c_s^2$

(сверхзвуковая скорость). Из графиков видно, что с ростом скорости симметрия все больше нарушается, причем прямая волна затухает намного быстрее и для сверхзвукового случая практически отсутствует. Однако она полностью не исчезает. Это объясняется, по-видимому, слоистостью среды.

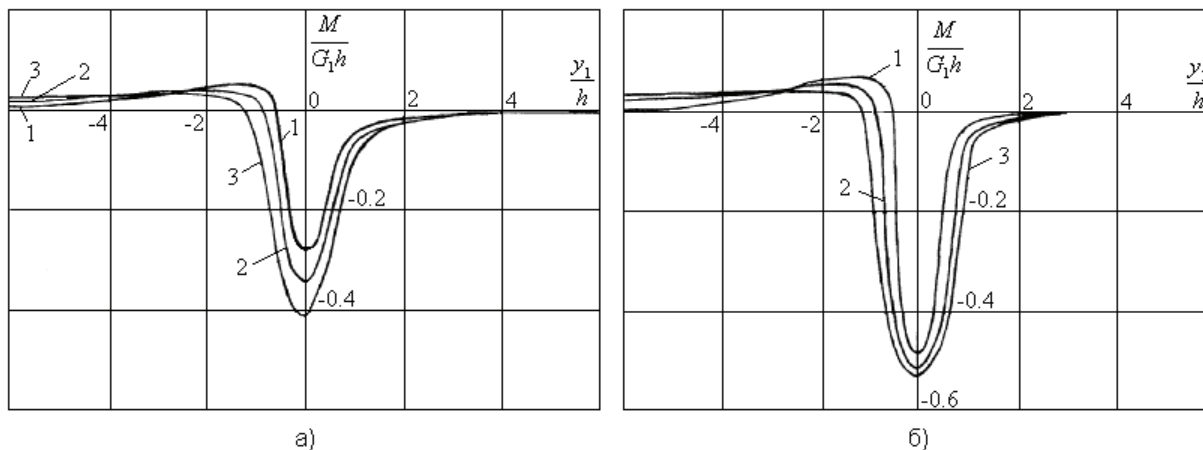


Рисунок 7

В случае жесткого контакта прямая волна затухает намного быстрее, чем при нежестком контакте. Как и при трансзвуковом случае движения нагрузки изгибающий момент в пластине зависит от начальных напряжений и удаления от точки приложения нагрузки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабич С.Ю., Глухов Ю.П. Об одной задаче о воздействии подвижной нагрузки на слоистое полупространство с начальными напряжениями. - Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Випуск 4 (51). - Дніпропетровськ, 2007. -С. 53 – 58.
2. Бабич С.Ю., Глухов Ю.П., Гузь А.Н. Динамика слоистого сжимаемого предварительно напряженного полупространства при воздействии подвижной нагрузки // Прикл. механика. - 1986. - 22, №9.-С. 8-15.
3. Глухов Ю.П. К определению критических скоростей движения нагрузки по пластине, лежащей на несжимаемом предварительно деформированном полупространстве// Прикл. механика. - 1986. - 22, №10.-С. 57-62.

Получено 03.05.2008 г.