

ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI  
АКАДЕМІЯ НАУК РЕСПУБЛІКІ УЗБЕКІСТАН

МЕХАНИКА  
МУАММОЛАРИ

ЎЗБЕКИСТОН  
ЖУРНАЛИ

3-4  
2014

УЗБЕКСКИЙ  
ЖУРНАЛ

ПРОБЛЕМЫ  
МЕХАНИКИ

*Журнал под таким названием выходит с января 1992 г.*

Тошкент – 2014

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

*Главный редактор* - акад. АН РУз Т.Р. РАШИДОВ  
*Зам. главного редактора* - акад. АН РУз Р.Г. МАХКАМОВ  
*Зам. главного редактора, и.о. отв. секретаря* – докт. техн. наук, проф. Г.Х. ХОЖМЕТОВ

*Члены редколлегии:* докт. техн. наук, проф. А. АБДУСАТТАРОВ,  
докт. техн. наук, проф. Р.И. БАЙМЕТОВ, докт. техн. наук Г.А. БАХАДИРОВ,  
докт. физ.-мат. наук, проф. А.Б. БЕГМАТОВ, докт. техн. наук А.Д. ДАМИНОВ,  
докт. техн. наук, проф. А. ДЖУРАЕВ, докт. физ.-мат. наук, проф. Н.А. КОРШУНОВА,  
докт. техн. наук, проф. Ш. МАМАТКУЛОВ, докт. физ.-мат. наук, проф. Б.М. МАРДОНОВ,  
докт. техн. наук, проф. Э.Ж. МАХМУДОВ, докт. техн. наук, проф. А.А. РИЗАЕВ,  
докт. техн. наук, проф. З. СИРОЖИДДИНОВ, докт. физ.-мат. наук, проф. Б.Х. ХУЖАЁРОВ,  
докт. техн. наук, проф. А.А. ШЕРМУХАМЕДОВ, докт. техн. наук, проф. Ш.С. ЮЛДАШЕВ

*В работе редколлегии принимают участие:*

докт. техн. наук, проф. А. АБДУЖАББАРОВ,  
докт. техн. наук, проф. Е.А. ИСАХАНОВ

*Адрес редакции:*

100125, Ташкент, Академгородок, ул. Ф. Ходжаева, 31.  
Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз

Телефон: + 99871 262-78-34

Факс: +99871 262-71-52

E-mail: [tur.rashidov@list.ru](mailto:tur.rashidov@list.ru)

Редактор: Нишон Н.А.

Технический редактор: Ан Е.В.

Журнал зарегистрирован Агентством по печати и информации Республики Узбекистан 22.12.2006 г.  
Регистрационный номер 0050.

Сдано в набор 03.11.2014. Подписано в печать 27.12.2014.  
Формат 60×84 1/8. Гарнитура Times New Roman. Ризография.  
Усл.-печ. л. . Уч.-изд. л. 14,5. Тираж . Заказ № .  
Цена договорная.

Отпечатано в Минитипографии УД АН РУз:  
100047, г. Ташкент, ул. акад. Я. Гуламова, 70.

© Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз, 2014 г.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ПРОГИБА ДВУХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ

Пусть по поверхности кусочно-однородной двухслойной пластинки распространяется бегущая вдоль оси  $x$  с постоянной скоростью  $V_0$  нормальная нагрузка вида

$$f_x = F(x + V_0 t); \quad f_y = f_z = 0. \quad (1)$$

При этом выполняется условие  $F(\zeta) = 0$  при  $\zeta = 0$ .

В данной задаче начальные условия отсутствуют, а задача плоская.

В силу внешнего воздействия вида (1) напряженно-деформированные состояния пластинки от координаты  $y$  не зависят.

Задача сводится к решению приближенного уравнения для поперечного смещения  $W$  точек плоскости контакта двухслойной пластинки, полученного в работе [1]:

$$\begin{aligned} Q_1 \left( \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} \right) + Q_2 \left( \Delta \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right) + Q_3 (\Delta^2 W) + Q_4 \left( \frac{\partial^4 W}{\partial t^4} \right) + Q_5 \left( \Delta \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} \right) + \\ + Q_6 \left( \Delta^2 \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} \right) + Q_7 (\Delta^2 W) = F(x + V_0 t), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $Q_i$  – коэффициент, определяемый по формуле, полученной в работе [1].

Так как в поставленной задаче начальные условия отсутствуют, то следует искать общее решение уравнения (2) проще, переходя к подвижным координатам, связанным с подвижной системой координат известным преобразованием Галилея

$$\zeta = x + V_0 t.$$

Тогда уравнение (2) переходит в обыкновенное дифференциальное уравнение

$$(V_0^4 Q_1 + V_0^2 Q_2 + Q_3) \frac{d^4 W}{d\zeta^4} + (V_0^4 Q_4 + V_0^2 Q_5 + V_0^2 Q_6 + Q_7) \frac{d^2 W}{d\zeta^2} = F(\zeta). \quad (3)$$

Общее решение уравнения (3) ищем в виде

$$W = W_0 \exp\left(\frac{1}{h_0} \xi \zeta\right), \quad (4)$$

где  $\xi$  – безразмерная частота.

Введем безразмерные параметры:

$$C = \frac{V_0}{b_1}; \quad h = \frac{h_1}{h_0}; \quad \rho = \frac{P_0}{P_1}; \quad P_2 = \frac{\mu_0}{\mu_1}; \quad D_0 = \frac{1}{2(1-\nu_0)}; \quad D_1 = \frac{1}{2(1-\nu_1)}, \quad (5)$$

где  $\nu_0, \nu_1$  – коэффициенты Пуассона верхнего и нижнего слоев пластинки;  $\mu_0, \mu_1$  – коэффициенты Ляме.

Характеристическое дифференциальное уравнение (3) имеет вид

$$A_1 \xi^4 + A_2 \xi^2 = 0, \quad (6)$$

где коэффициенты  $A_1, A_2$  и  $Q_i$  равны:

$$\begin{aligned} A_1 &= C^4 Q_1 + C^4 Q_5 + C^2 Q_6 + Q_7; \\ A_2 &= C^4 Q_2 + C^2 Q_3 + Q_4; \end{aligned}$$

$$Q_1 = (\rho + h)^2;$$

$$Q_2 = -2(2(P_2 D_0 + h D_1)(\rho + h) + (P_2 - 1)(\rho(1 + h) - (D_0 \rho - h^2 D_1)));$$

$$Q_3 = -4(P_2 - 1)(P_2 D_0 + h^2 D_1 + 2h P_2 D_0);$$

$$Q_4 = \frac{1}{6} \rho \mu \{ 3h^2 + \rho(\rho + 4h) \} (2 - D_0) + h^2 \{ 3\rho^2 + h(h + 4\rho) \} (2 - D_1);$$

$$Q_5 = -\frac{1}{6} \rho^2 \mu \{ 2P_2(4D_0(1 - D_0) + 1) + (P_2 - 1)(4 + D_0^2) \} - h^2 \{ 2(4D_0^2 - 2D_0 - 1) - (P_2 - 1)D_1(2 - D_1) \} +$$

$$+ 6h^2 \rho \mu \{ 4(P_2 D_0 + D_1) + (P_2 - 1)(2P_2(1 - D_0) - P_2 D_1(2 - D_0) + D_1(1 + D_0)) \} + \rho^2 + 1) +$$

$$+ 2P_2 h \{ 2\rho \mu \{ (2 + 4D_0 - D_0^2) + h^2(2P_2 - P_2 D_1 + 5D_1 - D_1^2) \} +$$

$$+ \rho^2 \mu^2 \{ (P_2 - 1)(4 - 3D_0) + 2D_1(4 - D_1) \} + 2h^2 D_0(4 - D_1) \};$$

$$Q_6 = \frac{1}{3} \rho \{ -2D_0(1 - 3P_2 + 4D_0) + (P_2 - 1)(2 + 9D_0 - 3D_0^2) \} + h^2 \{ 4D_0(1 - 2D_1) + (P_2 - 1)D_1(3 - D_1) \} +$$

$$+ 3h^2 \{ 4P_2 D_0(P_2(1 + D_1) + D_1) - (P_2 - 1)(2(P_2 - 1)D_1(1 - D_0) - P_2(2 - D_0 - 4D_0 D_1)) \} \rho \mu +$$

$$+ (4D_1(1 + D_0 + P_2 D_0) - (P_2 - 1)(6D_0 D_1(P_2 - 1) - 6P_2 D_0 + D_1)) \} -$$

$$- 4D_0 \{ 1 + h^2(2P_2 - 1)(1 - D_1) + P_2 D_1 + (1 - D_1) \};$$

$$Q_7 = \frac{2}{3} \{ P_2 D_1(4D_0 - 5(P_2 - 1) + h^2 D_1(4D_1 - (P_2 - 1))) -$$

$$- 3h^2 \{ 8P_2 D_0 D_1 - (P_2 - 1)((2P_2 + 1)D_0 D_1 - 3P_2 D_0 + D_1(1 - D_0)) - 3P_2 D_0 + D_1(1 - D_0) \} -$$

$$- 4h P_2 D_0 \{ (P_2 - 1) + 2D_1 \} + h^2 \{ 2(P_2 - 1) + (P_2 + 1)D_1 \} \};$$

Первые четыре корня  $\xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \xi_4 = 0$  уравнения (6), а остальные корни  $\xi_5$  и  $\xi_6$  мнимы.

Следовательно, общее решение однородного уравнения (3) примет вид

$$W_{\text{од}} = C_1 + C_2 \xi + C_3 \xi^2 + C_4 \xi^3 + C_5 \cos \left( \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \xi \right) + C_6 \sin \left( \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \xi \right) \quad (7)$$

Аналогично общее решение неоднородного уравнения (3)

$$W_0 = W_{\text{од}} + W_{\text{п}},$$

где  $W_{\text{п}}$  — частное решение неоднородного уравнения и ищется в зависимости от вида функции внешнего воздействия.

Если правая часть уравнения (3) равна

$$F(\xi) = Q e^{-a\xi} \sin(\beta_0 \xi),$$

то частное решение уравнения (3) ищется в виде

$$W_{\text{п}} = e^{-a\xi} \{ A \sin(\beta_0 \xi) + B \cos(\beta_0 \xi) \} \quad (8)$$

Тогда общее решение дифференциального уравнения (3) будет

$$W = C_1 + C_2 \xi + C_3 \xi^2 + C_4 \xi^3 + C_5 \cos \left( \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \xi \right) + C_6 \sin \left( \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \xi \right) +$$

$$+ \frac{Q}{a^2 + b^2} e^{-a\xi} \{ a \sin(\beta_0 \xi) + b \cos(\beta_0 \xi) \}, \quad (9)$$

где  $a = A(\alpha_0^2 - \beta_0^2)^2 - 12\alpha_0^2\beta_0^2(\alpha_0^2 - \beta_0^2) - A_1(\alpha_0^2 - 6\alpha_0^2\beta_0^2 + \beta_0^2)$ ;

$$b = 2\alpha_0\beta_0\{A(3\alpha_0^2 - 10\alpha_0^2\beta_0^2 + 3\beta_0^2) + 2A_1(\alpha_0^2 - \beta_0^2)\}$$

Для определения постоянных  $C_i$  воспользуемся граничными условиями для случая  $\eta_0 > a_0$ , которые имеют следующий вид:

$$W = 0; \quad \frac{\partial W}{\partial \xi} = \alpha; \quad \frac{\partial^2 W}{\partial \xi^2} = \alpha \quad (\xi = 0); \quad (10)$$

$$|W|_{\xi \rightarrow \infty} < \infty; \quad \left| \frac{\partial W}{\partial \xi} \right|_{\xi \rightarrow \infty} < \infty; \quad \left| \frac{\partial^2 W}{\partial \xi^2} \right|_{\xi \rightarrow \infty} < \infty. \quad (11)$$

Подставляя общее решение неоднородного дифференциального уравнения (9) в граничные условия (11), получим

$$\begin{aligned} C_1 + C_2 + \frac{Qb}{a^2 + b^2} &= 0; \quad C_1 + C_2 \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} - \frac{Q}{a^2 + b^2} (\alpha_0 b - \beta_0 a) = \alpha; \\ 2C_1 - C_2 \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} + \frac{Q}{a^2 + b^2} [4(\alpha_0^2 - \beta_0^2)b - 2a\alpha_0\beta_0] &= 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Из условия ограниченности колебаний на бесконечности коэффициенты

$$C_3 = C_4 = C_5 = 0.$$

Таким образом, решение задачи о колебании бесконечно двухслойной пластинки при действии подвижной нагрузки имеет вид

$$\begin{aligned} W = \frac{Q}{a^2 + b^2} &\left\{ 2\frac{A_1}{A_2} a\alpha_0\beta_0 - b \left( \frac{A_1}{A_2} (\alpha_0^2 - \beta_0^2) + 1 \right) + \right. \\ &\left. + \frac{A_1}{A_2} [4(\alpha_0^2 - \beta_0^2)b - 2a\alpha_0\beta_0] \left[ \cos \left( \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \xi \right) + \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} (\alpha_0 b - \beta_0 a) \sin \left( \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \xi \right) \right] \right\}. \end{aligned} \quad (13)$$

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Филатов Н.Г., Джалилов М.Л. Теория колебания двухслойной кусочно-анизотропной изогнутой пластинки постоянной кусочно-анизотропной изогнутой пластинки толщиной. Док. В ВИНИИТТН, 4.09.99-№10371. - 35 с.
- [2] Джалилов М.Л. Колебания прямоугольной и бесконечной изогнутой двухслойной пластинки. Док. В ВИНИИТТН, 8.02.90-№10612. - 7 с.

Дата поступления  
15.07.2004

## СОДЕРЖАНИЕ

Н.А. Коршунова, М.И. Рузматов. Аналитические решения для участков промежуточной течи в центральном пьезотомовском поле.....	3
Д.А. Бекмирзаев, Т.Р. Рашидов. Решение задачи сейсмодинамики подземных трубопроводов при нагружении произвольного направления.....	8
Ш.М. Буркнутбоев. Радиальные колебания вращающегося цилиндрического слоя под действием импульсной нагрузки.....	13
М.Я. Джалилов. Определение уравнения прогиба двухслойной пластинки под действием подвижной нагрузки.....	18
Н.А. Нишонов, Д.А. Бекмирзаев. Решение задачи сейсмодинамики подземных трубопроводов при импульсных нагружениях.....	21
Т.Р. Рашидов, М.Ш. Ибрагимов, Б. Мардонов. Сейсмические колебания грунта и трубопровода при осевальном контакте; влияние просадывания на динамические напряжения.....	26
К.С. Султанов, С.И. Исмаилова, Ш.Э. Туланов. Композитные нити и закономерности их деформирования с учетом вязких и пластических свойств при растяжении.....	32
М.К. Усаров. Расчет ортотропных пластин на основе бимоментной теории.....	37
А.А. Халджигитов, Ю.С. Юсупов, Д.А. Сагдуллаева. Двухмерная термопластическая связанная задача на основе теории течения.....	41
Ю.С. Юсупов, А. Каландаров, Д. Сагдуллаева, Р. Худазаров. Численное решение двухмерной связанной термопластической задачи, основанной на деформационной теории.....	48
А.Б. Кариев, А.А. Каюмов, А. Дибров. Пакет прикладных программ для решения задачи нестационарного взаимодействия ребристых оболочек с жидкостью.....	53
А. Бегматов, Г. Сагдуллаева. О чисте сдвиговых гравитационных волн в неоднородной среде.....	58
Ж.М. Махмудов, Ф.Э. Жаманкулова. Задача фильтрации суспензии в двухслойной пористой среде с учетом предельного суффозионного градиента давления.....	63
У.А. Назаров. Режимы распространения детонационных волн в газоневых, в резко расширяющихся трубах.....	66
Б.Х. Хужабров, У.Ж. Сайдуллаев, Ж.М. Махмудов. Уравнения фильтрации суспензий с образованием релаксирующего кей-слоя.....	69
Д.К. Жунмуратов, Т.Ж. Узақов. Определение режимов работы участков канала при планировании водораспределения в магистральном канале.....	72
А. Гудиев, А. Эргашев, Т. Эргашев, А. Хусанов, Т. Рашидов. Беруни и его роль в проектировании и руководстве строительством карьеров в Хорезмском государстве.....	77
В.А. Кондратьев. Результаты расчетного анализа сейсмостойкости индивидуальных жилых зданий с свитчевыми карьерами.....	80
Х.С. Сагдиев, Д.Ф. Руми, С.А. Саидий. Исследование сейсмостойкости четырехэтажного кирпичного здания с использованием пространственной модели.....	86
О.А. Ахунбабаев, Т.А. Умаров. К расчету натяжения нерастяжимых нитей основы шелкоткацкого станка.....	90
Г.Н. Валиев. Аналитическая зависимость распределения давления крестовой намотки на ее основание вдоль оси намотки и методика ее определения.....	93
Р.А. Гулаев, М. Мардонов, А.Е. Лугачев. Разработка комплексной технологии улавливания хлопка-сырца перед джированием.....	98
Б.С. Мирзаев. Обоснование параметров закрутки корпуса гребнисто-ступенчатого плута.....	103
Д.М. Мухаммадиев. Амплитудно-частотные характеристики крутильных колебаний пильного цилиндра диска.....	107
А.А. Ризаев, А.Т. Йулдашев, Д.А. Куддосhev, К.А. Шарипов, Д.Н. Каниев. Исследование опорных реакций прицепной хлопкоуборочной машины.....	111
Р.Ш. Судаймонов, Д.М. Мухаммадиев, Д.А. Ахмедов, Ф.Х. Ибрагимов. Анализ работоспособности волоконочистителя с модернизированной колосниковой решеткой.....	115
А.А. Тогаев. Методика расчета напряженно-деформированного состояния рамных конструкций автотракторных прицепов для условий статического нагружения.....	118
А. Тухтакузиев, Ш. Ишмурадов. Определение вертикальной нагрузки на опорный диск дискового плута.....	123
А. Тухтакузиев, Б.Ш. Гайбуллаев. Исследование устойчивости прямолинейного движения омовальческого трактора ТТЗ-100SP.....	126
А. Ходжиев, Н. Комилов. Исследование шарниры внесенного удобрения рабочим органом для внесения органических удобрений.....	128
Ш.Р. Хуррамов, Т.Ю. Аманов, Г.А. Бахадиров, А. Абдукаримов. Исследование деформационно-фильтрационных свойств ковшевого полуфабриката.....	132
А.А. Шермухамедов, Г.К. Аниакулова, Ш.А. Ахмедов. Динамический расчет гидравлической навесной системы трактора повышенной грузоподъемности.....	136
М. Шаумарова, Т. Абдиллаев. Использование колосникового лемеха при уборке клубней топинамбура.....	139
Х.А. Алимова, А. Олимов, М.А. Атамирзаев. Численный метод процесса сушки зерна.....	143
КЪ. Makhmudov, Yashiro Mitani, Tetsuya Kusuda. Modeling of Water and Salt Balance for Sustainable Water Management in Kashkadarya River Basin, Uzbekistan.....	146