

**РАСЧЕТ КОРОБЧАТОЙ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ И В ПРОЕКТИРУЮЩЕЙ ПРОГРАММЕ LIRA.**

Доц. Маматисаев Гиёсиддин Илхомидинович, студент Муминов Исломжон Икромжон угли, студент Абдумаликов Равшанбек Расулжон угли  
 Ферганский политехнический институт  
 E-mail: [gmatatisaev@gmail.com](mailto:gmatatisaev@gmail.com), [g.mamatisayev@ferpi.uz](mailto:g.mamatisayev@ferpi.uz)

**Аннотация.** В статье проведен теоретический расчет коробчатой конструкции крупнопанельных зданий на сейсмостойкости с учетом пространственной работы элементов коробки под действием динамического воздействия, заданного перемещением основания по синусоидальному закону. Задача решена с использованием метода конечных разностей. Получены численные результаты перемещения пластинчатых элементов коробки здания и сравнено результаты полученные в PC LIRA.

**Ключевая слово:** пластина, здания, уравнения, контактные условия

**Введение.** Работа [1] посвящена способу статического учета высших форм колебаний в задачах динамики строительных конструкций под действием внешней гармонической нагрузки. С помощью расчетного программного комплекса определены перемещения узлов и внутренние усилия в элементах рассматриваемых конструкций.

В процессе землетрясения повреждаемость зданий и сооружений зависят от характеристик сейсмического воздействия (интенсивность, спектрального состава и т.д). В смысле надежного проектирования и строительство зависят структур и свойств грунтов основания строительной площадки [2].

В данной статье разработана методика расчета пластинчатых и балочных элементов коробчатой конструкции зданий при динамических воздействиях. В качестве расчетная схема здания принимаем пространственной коробки, состоящих из балочных и пластинчатых элементах как показаны на рис.1. Считается, что нижняя часть коробки жестко защемлены и при динамическом воздействии перемещается в месте основанием.

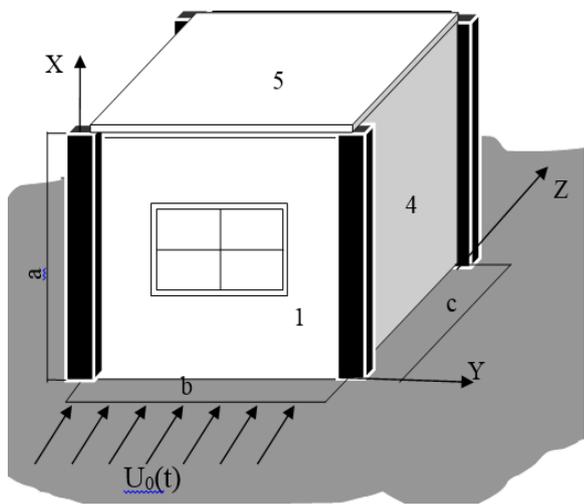


Рис.1. Пространственная коробка здания

Защемленная нижняя часть коробки при сейсмическом воздействии в направлении оси OZ, движется по заданному закону  $U_0(t)$   $U_0(t)$  [8,9].

$$U_0 = A_0 \sin \omega_0 t, \tag{1}$$

$A_0$  и  $\omega_0$  – амплитуда, и частота вынужденных колебаний.

Прогибы пластины обозначен  $W(x, y, t)$ . Боковые пластинчатые элементы (пластинчатые элементы 2,4), расположенные по направлению внешнего воздействия, подвергаются растяжению-сжатию и сдвигу в своей плоскости OXZ. Перемещения пластинчатых элементов, работающих на сдвиг, обозначены  $u(x, z, t), v(x, z, t)$ .

**Метод.** На основе представления (1) переписем кинематические законы перемещения точек пластинчатых элементов. Общий кинематический закон движения коробки представлен в виде суммы функции перемещения основания  $U_0(t)$  и относительных перемещений пластин и балок

$$\begin{aligned}
 u_3 &= U_0(t) + W(x, y, t), \\
 u_1 &= U_0(t) + u(x, z, t), \quad u_2 = v(x, z, t), \\
 u_3^{(i)} &= U_0(t) + W^{(i)}(x, y, t).
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Перемещения пластинчатых и балочных элементах запишем в виде:

$$\begin{aligned}
 W &= W(x, y) \sin(\omega_0 t), \\
 u &= u(x, z) \sin(\omega_0 t), \quad v = v(x, z) \sin(\omega_0 t), \\
 W^{(i)} &= W^{(i)}(x, y) \sin(\omega_0 t), \quad \alpha^{(i)} = \alpha^{(i)}(x, y) \sin(\omega_0 t).
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Рассмотрим теоретический расчет коробки здания при динамическом воздействии с учетом пространственной работы поперечных и продольных пластинчатых элементах.

Граничные условия на основании коробки здания запишем как для жесткого защемления. Нижняя часть здания перемещается вместе с основанием и поворот отсутствует.

$$u_1 = u_3 = u_3^{(i)} = U_0(t), \quad u_2 = 0, \quad \frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial W^{(i)}}{\partial x} = 0, \quad \alpha^{(i)} = 0.
 \tag{4}$$

Граничные условия (7) при  $x=0$  с учетом (2) переписутся в виде:

$$W = 0, \quad \frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad u = 0, \quad v = 0, \quad W^{(i)} = 0, \quad \frac{\partial W^{(i)}}{\partial x} = 0, \quad \alpha^{(i)} = 0.
 \tag{5}$$

Общее решение задачи вынужденных колебаний изгибаемой пластинчатой элементы коробки описывается функцией, представляемой в виде суммы решения задачи вынужденного и собственного колебаний:

$$W(x, y, t) = A_0 W_g(x, y) \sin \omega_0 t + \sum_{i=1}^N C_i W_i(x, y) \sin p_i t,
 \tag{6}$$

В расчетах достаточно было ограничиться одночленным приближением . Общее решение уравнение изгибных колебаний панелей принято в виде

$$W(x, y, t) = A_0 W_g(x, y) \sin \omega_0 t + C_1 W_1(x, y) \sin p_1 t,
 \tag{7}$$

где:  $p_1$  - первая собственная частота,  $W_g(x, y)$  форма вынужденных колебаний,  $C_1$  - постоянная, которая подлежит определению. Подставляя (7) в (6) и подчиняя нулевым

начальным условиям, получим  $C_1 = -A_0 A_1 \frac{\omega_0}{p_1}$  В силу этого выражения и с учетом (7) получим

общее решения задачи для изгибаемой пластинчатой элементах в виде [3-5]:

$$W(x, y, t) = A_0 \left( \sin \omega_0 t - \frac{\omega_0}{p_1} \sin p_1 t \right) W_g(x, y).
 \tag{8}$$

**Результаты.** В проведённой серии расчетов приняты следующие исходные данные:

Изгибаемые пластинчатые элементы (см. рис.1 пластинчатые элементы 1 и 3) имеют одинаковые упругие характеристики: модуль упругости  $E_b = 20000 \text{ МПа}$ , плотность  $\rho = 2,5 \text{ т/м}^3$ , коэффициент Пуассона  $\nu = 0,25$ . Для пластинчатых элементов, работающих на сдвиг (см.рис.1 пластинчатые элементы 2 и 4), модуль упругости  $E_c = 7500 \text{ МПа}$ , плотность  $\rho = 1,2 \text{ т/м}^3$ , коэффициент Пуассона  $\nu = 0,25$ .

В таблице 1 приведены значения нормальных горизонтальных перемещений на характерных точек пластинчатых элементов коробки, полученные при действии внешней нагрузки в виде смещения основания с амплитудой  $A_0 = 0.002 \text{ м}$ .

**Изменения перемещений по высоте пластинчатых элементов, работающих на изгиб при сейсмических воздействиях** Таблица 1

Характерные точки пластинчатых элементов по вертикали среднем	W, м по предложенной методике	W, м по расчетам в ПС LIRA
---	----------------------------------	-------------------------------

сечения (при $y=b/2$ )	без учета оконного проёма	без учета оконного проёма
$x=a$	0,00436	0,00443
$x=a/2$	0,0017	0,00221

На рис. 2 приведено изополю перемещений элементов коробчатой модели без учета оконных проемов при внешнем воздействии, полученные в результате расчетов с использованием ПС LIRA.

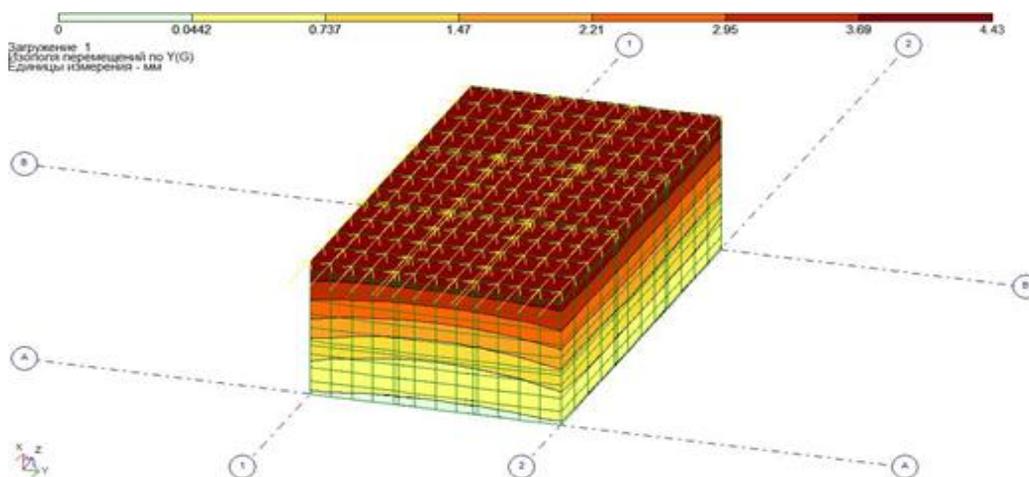


Рис.2. Изополю перемещений пластинчатых элементов, работающих на изгиб без учета оконного проема.

Сопоставление результатов расчетов для коробчатой конструкции здания, приведенных в таблице 1, свидетельствует о том, что максимальные значения перемещений пластинчатых элементов, работающих на изгиб, полученные на основе разработанной методики, на 3-7% меньше, чем значения максимальных перемещений, полученные с использованием ПС LIRA.

**Заключения**

В рамках методов конечных разностей разработана методика динамического расчета перемещений пластинчатых элементов коробчатых конструкций зданий. Полученные численные результаты сравнено с результатам полученные с использованием ПС LIRA.

**Список литературы**

[1] Le T Q T, Lalin V V and Bratashov A A 2019 Static accounting of highest modes in problems of structural dynamics Magazine of Civil Engineering (St. Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University) 88 3-13 DOI: 10.18720/mce.88.1

[2] D Shenichkina V.A., Zolina T.V., Drozdov V.V., Harlanov V.L. Methodology for assessing the seismic reliability of buildings with high floors // Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture. 2011. No. 25. P. 50-56.

[3] Usarov, M., Mamatisaev, G. Calculation on seismic resistance of box-type structures of large-panel buildings. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. 971. Pp. 032041. DOI:doi:10.1088/1757-899X/971/3/032041.

[4] Usarov, M., Ayubov, G., Mamatisaev, G., Normuminov, B. Building oscillations based on a plate model. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. DOI:10.1088/1757-899x/883/1/012211.

[5] Usarov, M Mamatisaev, G Ayubov, G Usarov, D and Khodzhaev, D. Dynamic calculation of boxed design of buildings. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. 883(012186.). DOI:10.1088/1757-899X/883/1/012186.