

Полученные результаты научной работы были внедрены в учебный процесс кафедры «Геодезия, картография и кадастр» Ташкентского архитектурно-строительного института. Разработаны технологические регламенты и специальные рекомендации проектным и изыскательским организациям Республики Узбекистан.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Рахимбабаева М.Ш. Учебно-методический комплекс предмета «Основы инженерной геодезии», (на узб.языке). Ташкент. ТАСИ, 2019 г.-с.290.
- 2.Рахимов В.Р. Мухандислик геодезия асослари» (на узб.языке). Ташкент. ФАН. 2018 г.-с.268.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ КONTИНУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

М.К. Усаров, Ф.А.Усанов, М.Ш. Курбанбаев.

*Институт механики и сейсмостойкости сооружений им.М.Т.Уразбаева АН РУз,
Ташкент, Узбекистан. email: umakhamatali@mail.ru*

Аннотация. Предложена методика расчета динамических характеристик многоэтажного здания на основе континуальной пластинчатой динамической модели, разработанной в рамках теории пластин Тимошенко, описывающей сейсмические колебания зданий. Приведены формулы для определения приведенных модулей упругости, сдвига и плотности пластинчатой модели здания. Рассмотрены поперечные колебания здания при сейсмических воздействиях. Получены численные значения первых трех собственных частот и периодов собственных колебаний многоэтажного здания.

Ключевые слова: континуальная пластинчатая модель, многоэтажное здание, приведенные модули упругости, сейсмические воздействия, собственная частота, период колебания.

Аннотация. Биноларнинг сеймик тебранишларини тавсифловчи пластиналарнинг Тимошенко назарияси доирасида ишлаб чиқилган континуаль пластинасимон динамик моделидан фойдаланган ҳолда кўп қаватли бинонинг динамик хусусиятларини сонли динамик ҳисоблаш усули таклиф этилади. Сеймик таъсирлар остидаги бинонинг кўндаланг тебранишлари қаралган. Кўп қаватли бинонинг хусусий тебранишларининг биринчи ўрта хусусий частоталари ва тебраниш даврларининг сонли қийматлари олинган.

Калит сўзлар: пластинасимон континуаль модель, кўп қаватли бино, келтирилган эластиклик модуль, сеймик таъсирлар, хусусий частота, тебраниш даври.

Abstract. A technique for numerical dynamic calculation of the dynamic characteristics of a multi-storey building using a continuum plate dynamic model developed in the framework of the Timoshenko theory of plates describing the seismic vibrations of buildings is proposed. The transverse vibrations of the building under seismic effects are considered. Numerical values of the first three natural frequencies and periods of natural oscillations of a multi-storey building are obtained.

Keywords: continuum plate model, multi-storey building, removed moduli of elasticity, seismic effects, frequency fluctuations, period of occurrence.

Введение. Среди предметов изучения науки механики деформируемого твердого тела особое место занимают многоэтажные здания и сооружения. Существует много статей и монографий, посвященных развитию теории сейсмостойкости зданий. Работа [1] посвящена способу статического учета высших форм колебаний в задачах динамики строительных конструкций под действием внешней гармонической нагрузки. В статье [2,3] рассмотрено влияние смещений, переломов осей стеновых панелей в процессе их установки на работу крупнопанельной конструкции. Произведен анализ расчетных схем,

учитывающих разные типы погрешности монтажа. В статье [4] рассмотрены основные задачи по определению параметров арматуры железобетонных конструкций при их обследовании. Работы [5,6] посвящены усовершенствованию коробчатой модели конструкции здания с учетом контактных условий между элементами панелей и балок. Статьи [7-9] посвящены разработке метода расчета многоэтажного здания в рамках пластинчатой модели многоэтажного здания.

В работе предлагается методика расчета континуальной пластинчатой модели многоэтажных высотных зданий, разработанная в рамках теории пластин С.П. Тимошенко. Используются обозначения работы [7-9]. Приведенные механические и физические характеристики здания определены в предположении, что здание состоит из многочисленных коробок (комнат) с объемами, определяемыми по формуле:

$$V_{кор} = d_1 d_2 d_3, \quad (1)$$

где d_1, d_2 - размеры коробки здания в плане, d_3 - высота коробки.

Тогда для определения массы коробок имеем формулу

$$m_{зд} = \rho_0 V_0 = \rho_{зд} V_{кор}, \quad (2)$$

здесь V_0 - сумма объемов несущих и межкомнатных плит и перекрытий

$$V_0 = 2 \left(\frac{d_1 d_2 h_{пер}}{2} + \frac{d_1 d_3 h_2}{2} + \frac{d_2 d_3 h_1}{2} \right), \quad (3)$$

где h_1, h_2 - толщина несущих и межкомнатных стен. $h_{пер}$ - толщина перекрытия.

Из соотношений (1) - (3) получим формулу для определения приведенной плотности пластинчатой модели здания

$$\rho_{зд} = \rho_{бет} \left(\frac{h_3}{d_3} + \frac{h_2}{d_2} + \frac{h_1}{d_1} \right). \quad (4)$$

Остальные приведенные упругие характеристики и плотности здания определяются по формулам:

$$\begin{aligned} E_1^{(зд)} &= \xi_{11} E_0, \quad E_2^{(зд)} = \xi_{22} E_0, \quad E_3^{(зд)} = \xi_{33} E_0, \\ G_{12}^{(зд)} &= \xi_{12} G_0, \quad G_{13}^{(зд)} = \xi_{13} G_0, \quad G_{23}^{(зд)} = \xi_{23} G_0, \quad \rho_{зд} = \rho_{0г} \xi_0. \end{aligned} \quad (5)$$

где E_0, G_0 и ρ_0 - модули упругости, сдвига и плотности самой прочной несущей панели здания.

Значения коэффициентов $\xi_{11}, \xi_{22}, \xi_{33}, \xi_{12}, \xi_{13}, \xi_{23}, \xi_0$ для каждой ячейки (комнаты) здания определяются в виде функций двух пространственных переменных, Приведенный модуль упругости здания определяем по формуле

$$\xi_{11} = \frac{S_{11}}{S_{01}}, \quad \xi_{22} = \frac{S_{22}}{S_{02}}, \quad \xi_{33} = \frac{S_{33}}{S_{03}} E_0, \quad \xi_{12} = \frac{S_{11}}{S_{01}}, \quad \xi_{13} = \frac{h_{пер}}{b_1}, \quad \xi_{23} = \frac{h_2}{b}, \quad (6)$$

$$\xi_0 = \frac{V_1}{V_0}. \quad (7)$$

где S_{01}, S_{02}, S_{03} - площади поперечных сечений здания в трех координатных плоскостях одного этажа здания; S_{11}, S_{22}, S_{33} - суммарные площади поперечных сечений плит в координатных плоскостях, образующих один этаж здания.

Отметим, что вышеприведенные объемы и площади определяются в зависимости от размеров плит, комнат и самого здания в следующем виде:

$$\begin{aligned} S_{01} &= b_1 H, \quad S_{02} = a H, \quad S_{03} = a b_1, \quad S_{11} = 2 b_1 h_1 + b_1 h_2 + H h_{пер}, \\ S_{22} &= 2 a h_1 + a h_2 + 2 H h_1 + (k-2) H h_2, \quad S_{33} = 2 b_1 h_1 + a h_2 + (k-2) b_1 h_2. \end{aligned} \quad (8)$$

где a, H - длина и ширина здания; b_1 - высота одного этажа здания; k - количество внутренних поперечных стен здания.

Значения коэффициентов $\xi_{11}, \xi_{22}, \xi_{33}, \xi_{12}, \xi_{13}, \xi_{23}$ определяются для каждой ячейки (комнаты) здания. Модули упругости континуальной пластинчатой модели здания определяются по формулам (3)–(8).

Постановка задачи. Уравнения движения континуальной модели многоэтажного здания описываем относительно изгибающих, крутящих моментов и перерезывающих сил для ортотропной пластины; они имеют вид:

$$M_{11} = D_{11} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_1} + \nu_{12} \frac{\partial \psi}{\partial x_2} \right), \quad M_{22} = D_{22} \left(\frac{\partial \psi}{\partial x_2} + \nu_{12} \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} \right), \quad M_{12} = M_{21} = D_{12} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_2} + \frac{\partial \psi}{\partial x_1} \right),$$

$$Q_{13} = k^2 G_{13} H \left(\varphi + \frac{\partial w}{\partial x_1} \right), \quad Q_{23} = k^2 G_{23} H \left(\psi + \frac{\partial w}{\partial x_2} \right),$$

(9)

где D_{11}, D_{22}, D_{12} цилиндрическая жесткость ортотропной пластины.

Запишем уравнения движения пластины в виде:

$$\frac{\partial M_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial M_{12}}{\partial x_2} - Q_{13} = \frac{H^3}{12} \rho \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}, \quad \frac{\partial M_{21}}{\partial x_1} + \frac{\partial M_{22}}{\partial x_2} - Q_{23} = \frac{H^3}{12} \rho \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2},$$

$$\frac{\partial Q_{13}}{\partial x_1} + \frac{\partial Q_{23}}{\partial x_2} = \rho H \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}.$$

(10)

Где ρ - плотность материала пластины.

Пусть, точки основания совершают движение по заданному закону $u_0(t)$, и нижняя часть здания в горизонтальном направлении перемещается вместе с основанием. Из кинематического соображения следует, что перемещения основания здания запишутся в виде:

$$u_1(x_1, 0, z, t) = u_2(x_1, 0, z, t) = 0, \quad u_3(x_1, 0, z, t) = u_0(t). \quad (11)$$

Запишем граничные условия задачи. Из кинематических условий (11) следует, что в основании здания должны выполняться граничные условия в виде:

$$\psi = 0, \quad \varphi = 0, \quad w = u_0(t). \quad (12)$$

На свободных боковых гранях здания имеем условия равенства нулю силовых факторов

$$M_{11} = 0, \quad M_{12} = 0, \quad Q_{13} = 0, \quad M_{22} = 0, \quad M_{21} = 0, \quad Q_{23} = 0. \quad (14)$$

Начальные условия задачи принимались нулевыми.

Пример. Рассмотрим задачу определения собственных частот многоэтажных зданий, которая решается методом резонанса. В качестве внешнего сейсмического воздействия на нижнем защемлённом крае задаём ускорение основания $\ddot{u}_0(t)$ в виде:

$$\ddot{u}_0(t) = a_0 \cos(p_0 t),$$

где $a_0 = k_c g$ и $p_0 = 2\pi\omega_0$ – соответственно максимальное ускорение и частота грунтового основания.

Метод решения. Воздействие задается через ускорение основания с амплитудой равной $a_0 = 0.1g$, что соответствует интенсивности 7-балльного землетрясения. Значение частоты, при котором состояние здания переходит в резонансный режим, принимаем за значение собственной частоты. Задача решается методом конечных разностей. При решении задачи использованы следующие исходные данные для конструкций рассматриваемого высотного здания. Внешние стены из железобетона: модуль упругости $E = 20000$ МПа; плотность $\rho = 2500$ кг/м³, коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$. Внутренние стены из керамзитбетона: модуль упругости $E = 7500$ МПа, плотность $\rho = 1200$ кг/м³, коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$.

Приведем результаты расчетов вынужденных колебаний высотных зданий в рамках континуальной пластинчатой модели для следующих размеров плит перекрытий здания:

$$h_1=0.25 \text{ м}, h_2=0.2 \text{ м}, h_{\text{пер}}=0.2 \text{ м}, a_1=6 \text{ м}, b_1=3 \text{ м}, a=30 \text{ м}.$$

Тогда коэффициенты $\xi_0, \xi_{11}, \xi_{22}, \xi_{33}, \xi_{12}, \xi_{13}, \xi_{23}$, приведенные модули упругости и плотности по формулам (3) – (9) принимают следующие значения:

$$\xi_0 = 0.167, \xi_{11} = 0.13, \xi_{22} = 0.1, \xi_{33} = 0.103, \xi_{12} = 0.063, \xi_{13} = 0.066, \xi_{23} = 0.027,$$

При этом приведенные модули упругости, сдвига и плотности многоэтажного здания получились равными

$$E_1^{np} = 2600 \text{ МПа}, E_2^{np} = E_3^{np} = 2000 \text{ МПа},$$

$$G_{12}^{np} = 480 \text{ МПа}, G_{13}^{np} = 520 \text{ МПа}, G_{23}^{np} = 200 \text{ МПа}, \rho_{np} = 451 \text{ кг/м}^3.$$

В табл.1 приведены первые три значения собственной частоты ν_i и периода T_0 собственных колебаний двадцатипятиэтажного крупнопанельного здания при поперечном изгибе для различных значений малого размера здания H .

Таблица 1

$H, (\text{в м})$	Номера частот	$\nu_i, \text{ гц}$	$T_i, \text{ сек}$
15	1	1.13	0.885
	2	4.72	0.212
	3	9.92	0.145
18	1	1.19	0.843
	2	5.07	0.192
	3	10.65	0.094
22	1	1.39	0.716
	2	5.47	0.182
	3	11.32	0.088

Закключение. Пластинчатая модель здания за счет выбора коэффициентов $\xi_{22}, \xi_{33}, \xi_{12}, \xi_{13}, \xi_{23}$, приемлема для определения поля перемещения многоэтажного здания при землетрясении и динамических характеристик здания. Устойчивость расчета по безразмерному времени обеспечена по явной схеме при шаге $\Delta\tau = 0.01$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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. Vatin N I, Kuznetsov V D and Nedviga E S 2011 Installation errors in calculating large-panel buildings Magazine of Civil Engineering (St. Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University) 6 35-40 DOI:10.5862/mce.24.3
3. Tyapin A.G. Calculation of structures for seismic effects, taking into account interaction with a soil base. M.: DIA Publishing House, 2013.399 p.
4. Ulybin, A.V. Inspection methods of reinforcement parameters of concrete structures. Magazine of Civil Engineering. 2012. 27(1). Pp. 4-13. DOI: 10.5862/MCE.27.1.
5. 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.
6. 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.
7. 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.

8. Yarashov J, Usarov M and Ayubov G 2019 Study of longitudinal oscillations of a five-storey building on the basis of plate continuum model E3S Web of Conferences 97 04065 (Form 2019 04065) DOI:org/10.1051/e3sconf/20199704065

9. Toshmatov E, Usarov M, Ayubov G and Usarov D 2019 Dynamic methods of spatial calculation of structures based on a plate model E3S Web of Conferences 97 04072 (Form 2019 04072) DOI:org/10.1051/e3sconf/20199704072.

УДК 626.823

ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО - ДЕФОРМАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕСТКИХ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБ

Хужакулов Р., Абдимуминов Э.Ф.

Каршинский инженерно-экономический институт,

Байматов Ш.Х.

Ташкентский архитектурно-строительный университет

Аннотация. Статья посвящена исследованиям напряженно-деформативного состояния жестких подземных труб в различных условиях заложения и загрузки, в которых измерялись нагрузки, вертикального и горизонтального изменения диаметров труб, относительные деформации в окружном направлении стенки трубы, характеристики плотности грунта и давление грунта на трубу. Также в работе приводится методика проведения исследований, представлены схемы загрузки и освещены результаты испытаний по схеме двух сил..

Ключевые слова: напряжения, деформация, труба, прочность, грунт.

Аннотация. Мақола турли хил чуқурликда ётқизилган ва юклантирилган шароитидаги қаттиқ ер ости қувурларини кучланганлик-деформация ҳолатини тадқиқот қилишга бағишланган бўлиб, унда қўйиладиган юкламалар, қувурлар диаметрларини тик ва ётиқ йўналишларда ўзгариши, қувур доираси йўналишида унинг деформацияси, грунт зичлиги ва грунт босимини қувурга таъсири тавсифи ўлчаши натижалари баён қилинган. Шунингдек, унда тадқиқотларни ўтказиши услубиёти, юклантириши схемалари келтирилган ҳамда икки куч схемаси бўйича синовлар натижалари ёритилган

Калим сўзлар: кучланганлик, деформация, қувур, мустаҳкамлик, грунт.

Abstract. The aim of the article is to study the stress-strain state of rigid underground pipes in different conditions of laying and loading. Here attention is paid to the testing of pipes according to the scheme of two forces in underground conditions.

Key words: stress, strain, pipe, strength, soil.

1. Введение. В настоящее время в республике Узбекистана осуществляется применении укладки жестких труб круглого поперечного сечения в подземных условиях, изготовленные из таких материалов как бетон, железобетон, асбестоцемент, керамика, термопластика и др., трубопроводы для водоснабжения, канализация, дренаж и нефтепроводов [1;2].

В гидротехническом, промышленном и гражданском строительстве все более широкое применение получают жесткие трубопроводы различного назначения, начиная от магистральных трубопроводов большого диаметра и кончая поливным трубам [3-5].

Кроме того с развитием техники и технологии качественно и количественно улучшилось производство труб из разных материалов.

Большое значение имеет устройство закрытых отводящих систем в условиях водоснабжения и орошения, в том числе жестких труб уложенных в земле.