

Инженерная экология и дизайн

Бифуркации стержневых и пространственных моделей зданий при сейсмических воздействиях

¹ Евгений Анатольевич Юрченко

² Елена Евгеньевна Юрченко

³ Александр Сергеевич Муханов

¹ Сочинский государственный университет, Россия
354000, г. Сочи, ул. Советская, 26а
аспирант

E-mail: wsonormalno@yandex.ru

² Сочинский государственный университет, Россия
354000, г. Сочи, ул. Советская, 26а
кандидат технических наук, доцент

E-mail: wsonormalno@yandex.ru

³ Сочинский государственный университет, Россия
354000, г. Сочи, ул. Советская, 26а
аспирант

E-mail: 4034687@mail.ru

Аннотация. В статье излагается постановка и результаты эксперимента по определению влияния структурных неоднородностей конструкций на скорость распространения волн, форму колебаний, сдвиг фаз. Приведено сопоставление с результатами расчетов реальных зданий на программном комплексе ЛИРА.

Ключевые слова: модели зданий, динамическая система, пьезоэффект, сейсмическая волна, формы колебаний, бифуркация.

УДК
699.841

Нами проведены эксперименты с балкой из оргстекла с прикрепленными к ней шариками и без них, имитирующими структурные неоднородности конструкций, для выяснения их влияния на скорость и форму колебаний, сдвиг фаз. При данном физическом эксперименте использовался пьезоэффект, а Юрченко Е.А. изготовил прибор для регистрации электрических колебаний – усилитель, работающий в диапазоне от 5 до 20000 Гц, с параметрами: уровень входного сигнала 0,18-0,3 милливольт; входное сопротивление – 51 килоом; уровень выходного сигнала 0,1-2,0 вольт; выходное сопротивление – 47 килоом; коэффициент гармоник на частоте 1000 Герц – 0,0015%.

Он состоит из двух идентичных каналов – левого и правого – и общего для них сетевого блока питания. Возбуждение колебаний производится статическим отклонением балки из оргстекла в нужной нам точке от нейтрального положения на заранее заданную величину прогиба, а затем внезапным снятием нагрузки (имитация кинематического воздействия). Балка длиной 40 см, жестко (консольно) закреплена одним концом в массивной подставке в горизонтальном положении. Вблизи поверхности балки, на заранее обозначенном расстоянии от места защемления, устанавливаются приемные антенны (две пары), подключенные к соответствующим входам двухканального усилителя при помощи коаксиальных экранированных кабелей. Выходы усилителя подключаются к двухканальному линейному входу звуковой карты компьютера. На компьютере устанавливается «Spectralab» – программа, моделирующая осциллограф. Идея этого эксперимента позаимствована из статьи [1].

В результате установлено, что скорость колебаний может быть значительно погашена при расположении масс (шариков) у опор, а наличие шариков по длине балки от опоры до середины способно замедлить распространение волны. Выявлен эффект сдвига фаз в случаях смещения свободного края балки как в точке смещения, так и в середине длины балки. Сдвиг фаз был получен и в натурных испытаниях железобетонной рамы Э.Е. Хачияном [2]. Сравнение величин амплитуд колебаний линейки с шариками и без

шариков показало, что амплитуды колебаний вблизи опор одинаковы, а в середине балки влияние веса шариков на величины амплитуд оказывается значительным.

Установка двух антенн, в экспериментах в разных точках, при условиях равенства амплитуд в точке на середине балки, позволила путем наложения получить график распределения амплитуд по длине балки. Такая работа была выполнена отдельно для схем, где смещался только правый канал или только левый канал. Значения амплитуд являются наибольшими в середине длины балки как с шариками, так и без них. В этом месте величины амплитуд схем с шариками и без них отличаются примерно в 1,2 раза и превышают значения амплитуд вблизи опоры и на свободном конце в 4–6 раз.

На рисунках 1, 2 показаны примеры амплитуд колебаний балки при наличии и при отсутствии сосредоточенных масс.

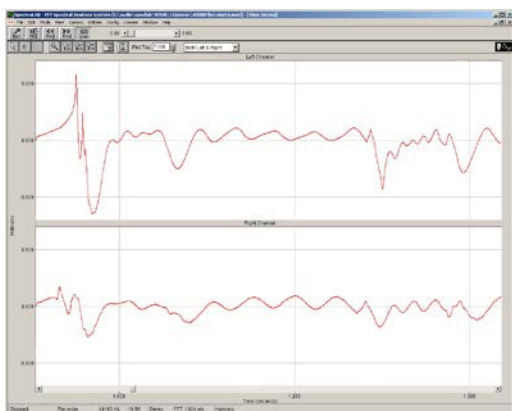


Рис. 1. Схема с линейкой из оргстекла без шариков

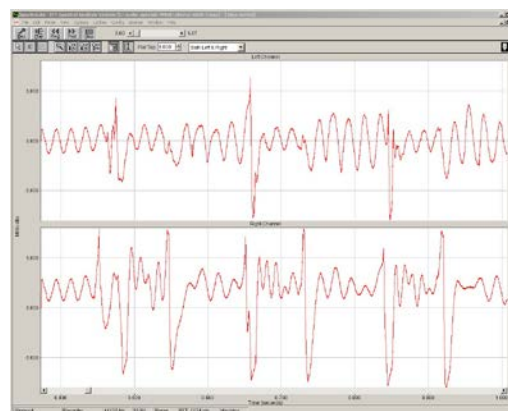


Рис. 2. Схема с линейкой из оргстекла с шариками

На основе проведенных опытов подтверждается вывод, вытекающий из системного анализа, что участки стоек рам в середине ее высоты являются особыми точками. Системный анализ выполнен для рамы, сейсмическое воздействие на которую задавалось кинематически, имитирующим волновое.

Затем по программе «Ли́ра» проведена серия расчетов той же железобетонной рамы на 8-балльную сейсмическую нагрузку и на гармонические воздействия, подобранные так, чтобы частоты в этих расчетах были близки по значениям. Оказалось, что это возможно при колебаниях рамы между первой и второй формой, а в середине высоты рамы выявлены точки со сдвигом фаз, равным нулю.

Эти результаты подтверждаются и при расчетах пространственных моделей зданий, выполненных в программном комплексе Stark A.C. Мухановым для монолитного железобетонного 9-этажного жилого дома по улице Искра в г. Сочи, где фактор участия второй формы колебания составил 16,39 %, (форма колебаний представлена на рис. 3), а также 9-этажного жилого дома по ул. Санаторная в г. Сочи, фактор участия второй формы колебаний 10,82%, (форма колебаний представлена на рис. 4).

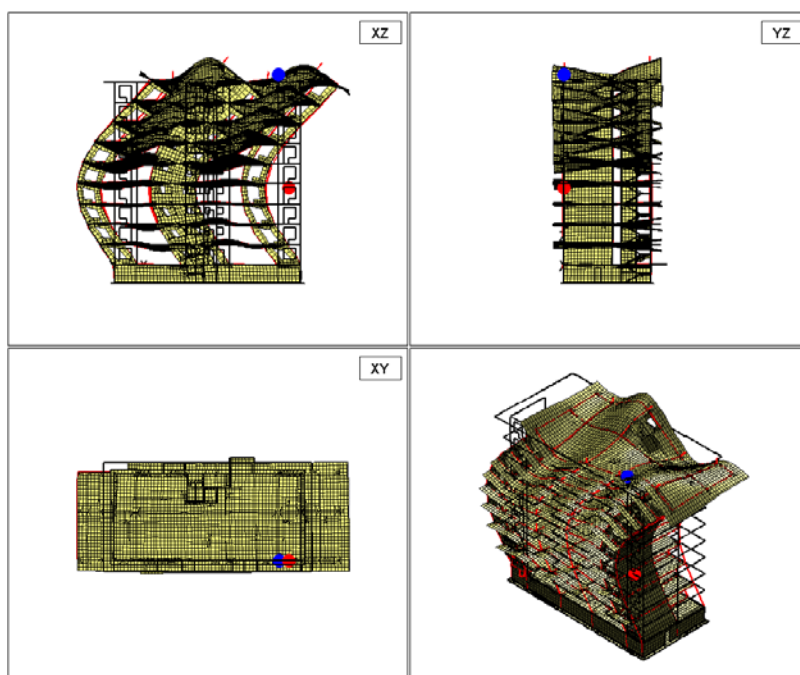


Рис. 3. Вторая форма колебаний дома по ул. Искра в г. Сочи

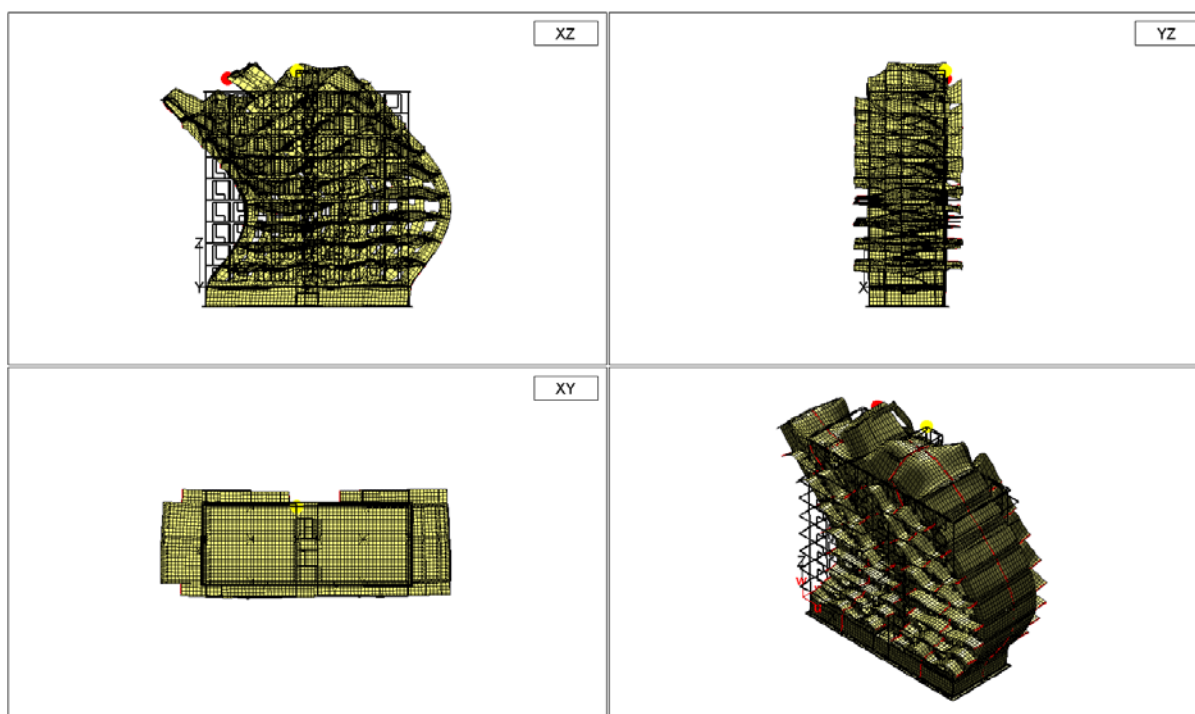


Рис. 4. Вторая форма колебаний дома по ул. Санаторная в г. Сочи

Выводы:

Проведенные эксперименты с балкой из оргстекла с прикрепленными к ней шариками из пластилина, имитирующими структурные неоднородности, показали:

- скорость колебаний может быть значительно погашена при расположении весов у опор, а наличие весов по длине балки от опоры до середины способно повлиять на распространение волны (ее замедление);

- выявлен эффект сдвига фаз в схемах, где производилось смещение свободного края балки при измерении сигналов на нем и в середине длины балки;

- сравнение величин амплитуд колебаний линейки с весами и без выявило, что у опор амплитуды колебаний одинаковы, а в середине длины влияние веса на значения амплитуд оказывается значительным.

Таким образом, при реальных волновых воздействиях, очевидно, имеют влияние только волны, доходящие от опор до середины высоты здания.

Примечания:

1. Бивин Ю.К. Исследование электрических полей при динамическом деформировании полимеров // Журнал технической физики. 2010. Т. 80. Вып. 6. С. 58-63.

2. Хачиян Э.Е., Амбарцумян В.А. Динамические модели сооружений в теории сейсмостойкости. М.: Наука, 1981. 203 с.

Bifurcation of Bar and Spatial Models of Earthquake-Resistant Constructions

¹ Evgeniy A. Yurchenko

² Elena E. Yurchenko

³ Aleksandr S. Mukhanov

¹ Sochi State University, Russia
26a Sovetskaya Str., Sochi 354000
PhD student

E-mail: wsonormalno@yandex.ru

² Sochi State University, Russia
26a Sovetskaya Str., Sochi 354000
PhD (technical), Assistant Professor

E-mail: wsonormalno@yandex.ru

³ Sochi State University, Russia
26a Sovetskaya Str., Sochi 354000
PhD student

E-mail: 4034687@mail.ru

Abstract. The contribution presents set up and results of experiment, concerning estimation of structural nonhomogenities impact on velocity of the waves, wave modes, phase shifts, compares the results of real buildings proportioning on LIRA software.

Keywords: building models, dynamic system, piezoelectric effect, seismic wave, wave modes, bifurcation.

UDC
699.841