

ОЦЕНКА ТЕКУЩЕЙ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Гайдай Н.К.^{1,2}, Курткин С.В.³, Длинных В.В.¹, Ломакина Н.Е.¹

¹ *Северо-Восточный государственный университет, Магадан*

² *Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО РАН, Магадан*

³ *Магаданский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Магадан*
e-mail: nataly_mag@rambler.ru

Введение

По своим экономическим, социальным и экологическим последствиям землетрясения занимают ведущее место среди природных катастроф. Урбанизация городских поселений, усложнение их инженерной инфраструктуры, уточнение сейсмической опасности, как правило, в сторону ее повышения, физический и сейсмический износ конструкций зданий – все это с неизбежностью приводит к дефициту сейсмостойкости застройки. Проблема диагностики состояния зданий и сооружений всегда была актуальна, поскольку связана и с безопасностью людей, и с охраной окружающей природы.

Данные исследований (не опубликованы), полученные в 2011-2016 гг. на территории Магаданской области, свидетельствуют, что в связи с увеличением количества источников, вызывающих микросейсмические колебания зданий и сооружений в области (и в особенности непосредственно в г. Магадане), обусловленных использованием современного технического оснащения производства, а также значительным увеличением используемых населением транспортных средств, возросли вибрационные воздействия на окружающую среду, что, в свою очередь, провоцирует значительные изменения ее физико-химических свойств. В рамках областной целевой программы «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов жизнеобеспечения на территории Магаданской области» на 2010-2014 г.г. были выполнены инициативные работы по инженерно-сейсмическому обследованию и разработке проектной документации по повышению устойчивости объектов. Неполный объем накопленных данных, объясняемый отсутствием достаточного финансирования и несогласием на проведение работ руководителей предприятий и организаций, позволяют сделать вывод об актуализации проблемы диагностики состояния зданий и сооружений на территории и необходимости активизации работ в этом направлении.

ФГБОУ ВО СВГУ в рамках совместной программы научных исследований с Магаданским филиалом ФИЦ ЕГС РАН предлагает проект, направленный на получение экспериментальных данных по реакции зданий и сооружений на сейсмическую нагрузку (естественный фон и искусственное воздействие) и дальнейший анализ результатов испытаний зданий-представителей для оценки их фактической сейсмостойкости.

Методика исследований

К решению данной проблемы строительная наука и геофизика (в частности сейсмометрия), подходят по-разному.

Строителей интересует, главным образом, статическое состояние изучаемого объекта, (преимущественно свойства материалов, работа отдельных узлов конструкций). Исследование технического состояния зданий и сооружений путем проведения натурных обследований является самостоятельным направлением в строительной науке. Основной задачей натурных обследований, как правило, является определение способности здания противостоять нагрузкам и усилиям от вероятных воздействий (в частности, сейсмических). Современным требованиям проведения подобных обследований наиболее полно отвечает инженерно-сейсмометрический метод (метод случайных возмущений или метод передаточной функции), который позволяет проводить обследование без нанесения повреждений несущим и ограждающим конструкциям, в режиме реальной эксплуатации здания.

В свою очередь, сейсмометрия нацелена на анализ динамики сооружений. К примеру, в Якутском филиале Геофизической службы СО РАН разработан комплекс мероприятий, позволяющий проводить сейсмогеодинамические исследования строительных объектов. При этом изучается

реакция зданий и сооружений на относительно слабые, присутствующие практически постоянно микросейсмические колебания в условиях городской застройки и промышленных объектов.

Для определения собственной частоты собственных колебаний здания и декремента затухания используется методика Еманова А.Ф. и Селезнева В.С. [2], натурные наблюдения проводятся с помощью регистратора Байкал. Обработка результатов осуществляется программным комплексом Мономах.

Первые результаты исследований

Для отработки методики проведения исследований [2] в период с апреля по май 2017 года выполнялось исследование шестого корпуса Северо-Восточного государственного университета, на предмет определения частот собственных колебаний здания. По результатам проведенных сейсмических испытаний, при помощи сейсмостанции «Байкал» была получена следующая информация, представленная в табл. 1.

Таблица 1. Результат модального анализа (экспериментальный)

Этаж	Ось	f_1 , Гц	f_0 , Гц	f_2 , Гц	T, с	D, %	$U_{\max}$	$0.707U_{\max}$
1	y	0.28	0.34	0.39	2.941	16.196	8.30	5.87
	x	11.54	11.68	11.59	0.094	2.239	8.57	6.06
2	y	0.51	0.54	0.61	1.852	8.929	10.92	7.72
	x	8.68	8.74	8.78	0.114	0.573	1.32	0.93
3	y	3.83	4.30	4.38	0.233	6.699	9.92	7.01
	x	3.98	4.25	4.33	0.235	4.212	9.85	6.96
4	y	4.04	4.25	4.35	0.235	3.695	15.32	10.83
	x	3.97	4.00	4.02	0.250	0.626	0.61	0.43

Анализ полученных результатов проводился на основании ГОСТ Р 54859-2011 «Определение параметров основного тона собственных колебаний» [1]. Расчет собственных колебаний рассматриваемого здания выполнен с использованием программного комплекса Мономах на основе метода конечных элементов. Определена частота собственных колебаний здания для 5 форм (табл. 2).

Таблица 2. Результат модального анализа (программный комплекс Мономах)

Форма	Частота, Гц	Период, с	Сеймика 1, % массы	Сеймика 2, % массы
1	1.32	0.7562	84.8	0.0
2	1.40	0.7159	0.0	85.3
3	1.63	0.6143	0.0	0.0
4	4.22	0.2370	10.5	0.0
5	4.38	0.2282	0.0	10.4
Сумма			95.3	95.7

По результатам анализа полученных экспериментальных и расчетных данных составлена сравнительная таблица 3.

Таблица 3. Частота собственных колебаний здания.

Вид колебания	Экспериментальные исследования	Результаты расчета
Вдоль оси X	4,16	3,98
Вдоль оси Y	1,36	1,38

Максимальная погрешность численного расчета и натурных измерений составляет 4.3 %, что в таких исследованиях можно считать допустимым результатом. Сравнительный анализ позволяет сделать вывод о том, что расчетная схема, сформированная в программном комплексе, не нуждается в дополнительных корректировках и отображает существующее поведение здания при динамических нагрузках, а здание отвечает требованиям сейсмоустойчивости.

Заключение

Здания и сооружения в процессе эксплуатации получают повреждения, вызванные техногенными факторами и различными природными явлениями (в частности сейсмической

нагрузкой). Вследствие этого снижаются эксплуатационные характеристики зданий и сооружений, т.к. дефекты и повреждения влияют на понижение рабочих площадей сечений и соответственно их моментов инерции. За счет уменьшения жесткостных параметров сечений элементов конструкций происходит снижение частот собственных колебаний (в предположении неизменности массовых характеристик упругого объекта). Прочностные и жесткостные характеристики существующих объектов изменяются вследствие изменения действующих нагрузок, вызываемых как изменениями, вносимыми в современные нормы проектирования, так и сроком эксплуатации существующей застройки. Эти факторы влияют на несущую способность зданий и сооружений, а так же на фактическое проявление резонанса при сейсмических воздействиях, что в свою очередь не может гарантировать безопасной надежной эксплуатации существующих зданий и сооружений. Обследованию будут подвержены здания-представители, расположенные на территории г. Магадана одного времени постройки. Полученные в ходе исследования данные послужат основанием для дальнейшей разработки мер по усилению зданий, имеющих дефицит сейсмостойкости, а также будут способствовать процессу паспортизации существующего жилищного фонда в Магаданской области. Результаты исследований также смогут быть использованы для решения задач, поставленных федеральной целевой программой "Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009 - 2018 годы".

Список литературы

1. ГОСТ Р 54659-2011. Определение параметров основного тона собственных колебаний. М. Стандартинформ, 2012.
2. Еманов А.Ф., Селезнев В.С. Инженерно-сейсмологические исследования зданий и крупных промышленных сооружений с использованием мощных вибрационных источников // Активная сейсмология с мощными вибрационными источниками. Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, 2004. С. 270-296.