

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНЦИЙ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕКОЙ СЛУЖБЫ

В. Даугавет⁽¹⁾, В. Лапин⁽²⁾, С. Ержанов⁽³⁾

⁽¹⁾заведующий сектором ИСС, АО «КазНИИИСА», г.Алматы, Казахстан

⁽²⁾канд.техн.наук, АО «КазНИИИСА», г.Алматы, Казахстан, lapin_1956@list.ru

⁽³⁾канд.техн.наук, АО «КазНИИИСА», г.Алматы, Казахстан, abai_ata@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ инструментальных записей станций инженерно-сейсмометрической службы на зданиях для оценки изменения динамических характеристик 11-ти этажного здания со стальным каркасом и 25-ти этажного здания гостиницы «Казахстан» в г.Алматы. Оба здания расположены вблизи тектонических разломов. При воздействии удаленного землетрясения выявлены периоды колебания зданий по основной и второй формам колебаний.

DETERMINATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF BUILDINGS WITH USE OF ENGINEERING-SEISMOMETRIC SERVICE STATIONS

V. Daugavet⁽¹⁾, V. Lapin⁽²⁾, S. Yerzhanov⁽³⁾

⁽¹⁾ Head of the "Engineering and Seismometric Station" Sector, JSC "KazNIISA", Almaty city, Kazakhstan

⁽²⁾ Candidate of Engineering Sciences, JSC "KazNIISA", Almaty city, Kazakhstan, lapin_1956@list.ru

⁽³⁾ Candidate of Engineering Sciences, JSC "KazNIISA", Almaty city, Kazakhstan, abai_ata@mail.ru

Abstract. Analysis of instrumental records made by stations of Engineering and Seismometric Service has been performed on buildings to assess changes in dynamic characteristics of the 25-storey building with steel frame structure of the "Kazakhstan" hotel in Almaty. The building is located near tectonic faults. Building oscillation periods were revealed on the first and second mode shapes under the impact of the remote earthquake.

ИНЖЕНЕРДИК-СЕЙСМОМЕТРИКАЛЫК КЫЗМАТТЫН СТАНЦИЯЛАРЫН КОЛДОНУУ МЕНЕН ИМАРАТТАРДЫН ДИНАМИКАЛЫК МҮНӨЗДӨМӨСҮН АНЫКТОО

В. Даугавет⁽¹⁾, В. Лапин⁽²⁾, С. Ержанов⁽³⁾

⁽¹⁾ИСС секторунун баашчысы, «КазНИИИСА» АК, Алматы ш., Казахстан

⁽²⁾техн. илим. канд., «КазНИИИСА» АК, Алматы ш., Казахстан, lapin_1956@list.ru

⁽³⁾ техн. илим. канд., «КазНИИИСА» АК, Алматы ш., Казахстан, abai_ata@mail.ru

Аннотация. Динамикалык мүнөздөмөлөрдүн өзгөргөндүгүн баалоо үчүн болот каркасы менен 11 кабат имаратка жана Алматы шаарындагы 25 кабаттуу "Казакстан" мейманканасынын имаратына инженердик-сейсмометрикалык кызматынын станцияларындагы инструменталдык каттоолорго талдоо жүргүзүлдү. Бул эки имарат тең тектоникалык жаракаларга жакын жайгашкан. Алыскы жер титирөөнүн таасиринде термелүүлөрдүн негизги жана экинчи формалары боюнча имараттардын термелүүлөрүнүн учурлары табылган.

Сложным является вопрос оценки изменения динамических характеристик зданий за длительный период эксплуатации или расчетный срок службы сооружения. Известно, что за многолетний период эксплуатации здания изменение динамических характеристик может быть очень существенным. Проблема особенно существенна для высотных зданий и зданий повышенной этажности, обладающих значительной массой. В сейсмоопасных районах Республики Казахстан и в г. Алматы построено свыше сотни таких домов. Поэтому вопрос изменения динамических характеристик таких домов является для указанных территорий и города весьма актуальным.

Для исследования указанного вопроса были выбраны 11-ти этажного здания со стальным каркасом (станция № 11 «Проспект Абая») и высотное здание гостиницы «Казахстан» (№16 «Высотная гостиница»). Оба здания расположены вблизи тектонических разломов.

Станция № 11 «Проспект Абая» расположена на 11-х этажном административном здании, выполненном в металлическом каркасе. Стоит отметить, что указанная станция одна из самых первых в г.Алматы – начала функционировать в 1970 году. В 2010 году прошла первая модернизация станции – установлена цифровая приборно измерительная система [5].

Здание имеет в плане размеры 15×36 м, высота 43,6 м. Грунты – валуногалечники.

Гостиница «Казахстан», первое 25-ти этажное высотное здание в 9-ти балльной зоне сейсмичности бывшего СССР, было построено в 1976 году в г.Алма-Ате (ныне Алматы). На сегодняшний день здание эксплуатируется уже 42 года. Многократно менялись собственники здания. Имели место многочисленные перепланировки жилых этажей здания.

Проект гостиницы был разработан институтом «Казгорстройпроект» при участии научной части института «КазпромстройНИИпроект». Этажность здания была установлена по предложениям академика Т.Ж.Жунусова.

Здание гостиницы имеет высоту 105,7 м и представляет собой ствол эллипсоидной формы в плане размерами в осях 12×44 м этажа [1-4].

Толщина ствола по всей высоте здания постоянна и равна 500 мм. Основанием зданию служат однородные плотные грунты – валуногалечник с песчаными прослойками.

Сейсмическая станция №16 «Высотная гостиница» инженерно-сейсмометрической службы АО «КазНИИСА» была установлена в 1977 году. Станция модернизирована в 2009 году. Установлен цифровой регистратор РСМ-32 с акселерометрами ADXL-500. На 6-м этаже установлены высокочувствительные датчики ADXL-1000.

Согласно оперативным данным Центра данных РГП ИГИ 9 августа 2017 года в 05 часов 27 минут по времени Астаны (8 августа в 23 часа 27 минут по Гринвичу) в приграничном районе Китая (Синьцзян-Уйгурский автономный район), в 100 км от п. Достык, в 360 км от г.Талдыкорган в 480 км от г.Алматы произошло землетрясение. Координаты эпицентра: 44,44 градуса северной широты, 82,92 градуса восточной долготы. Магнитуда $M_w=6,3$. Землетрясение ощущалось в г. Алматы, в г.Талдыкоргане – 4 балла.

Глубина очага землетрясения по разным данным 15-30 км.

Удаленное землетрясение – самое сильное зарегистрированное землетрясение в Алматы в 2017 году. По базе инструментальных данных это 96-е землетрясение.

Во всех точках регистрации на станциях получены акселерограммы в двух осях на горизонтальной плоскости. Шаг дискретизации акселерограмм 0,0064 с.

В таблице 1 приведены максимальные величины ускорений по каждой из компонент инструментальных записей (станция № 11 «Проспект Абая»). Спектральные кривые определялись интегрированием дифференциального уравнения классического одномассового осциллятора с использованием решателей системы компьютерной математики SCILAB.

Декремент колебания при определении спектральных кривых принят равным 5% от критического значения.

На рис.1-2 представлены спектральные кривые в уровнях подвала и кровли.

По спектральному составу в уровне подвала по оси ОХ преобладающий период в пределах 0,29 сек. По оси ОУ воздействие высокочастотное с периодом 0,3 сек. Учитывая, что акселерометры находятся на отметке -4,4 м, надо отметить, что это видимо преобладающий период колебания грунта основания (валуногалечник).

Таблица 1 – Максимальные величины ускорений и параметров акселерограмм (станция № 11 «Проспект Абая»)

№	Компонента	Ускорение, см/с ²	Эффективная длительность, с	Спектральный коэффициент	Период максимума спектра, с
1	96-11-0-и1-ОХ	14,33	42,75	5,33(3,43)	0,42(1,15)
2	96-11-0-и2-ОУ	14,62	52,86	4,67(4,60)	1,29(0,40)
3	96-11-0-и3-ОZ	5,43	65,66	6,07	0,16
4	96-11-0-и6-ОХ	4,83	29,96	4,13	0,29
5	96-11-0-и7-ОУ	5,68	35,26	4,67	0,30
6	96-11-0-и8-ОZ	2,35	42,99	4,13	0,28

В уровне кровли частотный состав достаточно сложный. Спектральные кривые в горизонтальной плоскости в уровне кровли двугорбые. Период собственных колебаний

стального каркаса по обеим осям в пределах 1,15-1,29 сек. Спектры достаточно широкополосные и весьма изрезанные.

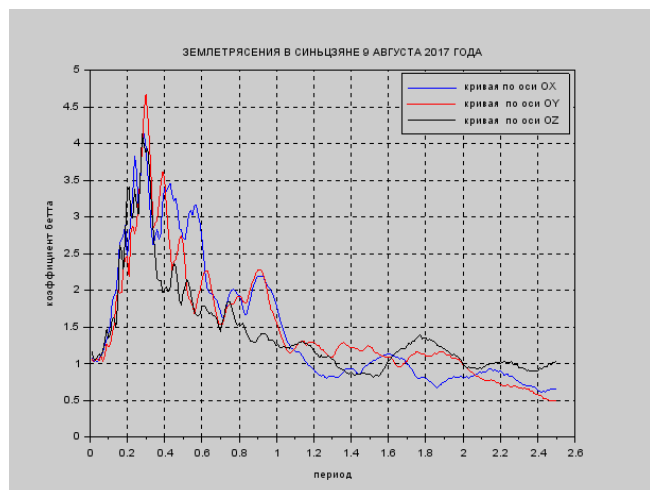


Рисунок 1 – Спектральные кривые сейсмических событий 09.08.2017 (подвал)
(станция № 11 «Проспект Абая»)

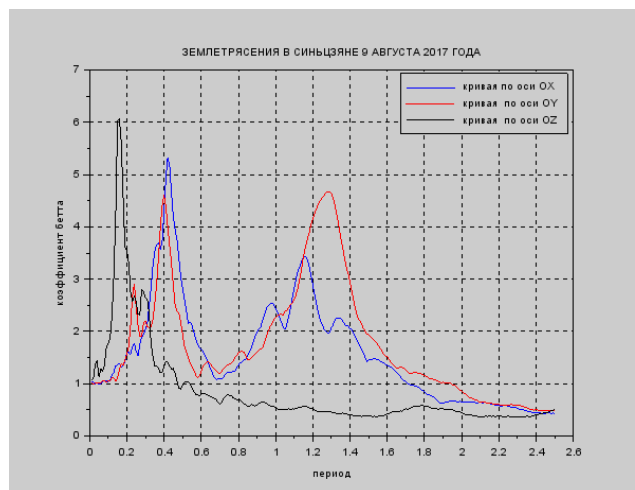


Рисунок 2 – Спектральные кривые сейсмических событий 09.08.2017 (крыля)
(станция № 11 «Проспект Абая»)

В таблице 2 (станция № 16 «Высотная гостиница») в уровнях от 18 до 24 этажа ускорения по ортогональным осям отличаются достаточно мало – 7-10%. Ускорения в уровне 24-го этажа на несколько порядков выше, чем в основании.

Следует отметить, что при малых значениях ускорения в уровне подвала и 2-го этажа, ускорения в уровне 21, 25 этажей увеличиваются на 3 порядка. Имеет место возрастание амплитуд колебания к верхней части здания. Колебания здания имеет характер резонансных.

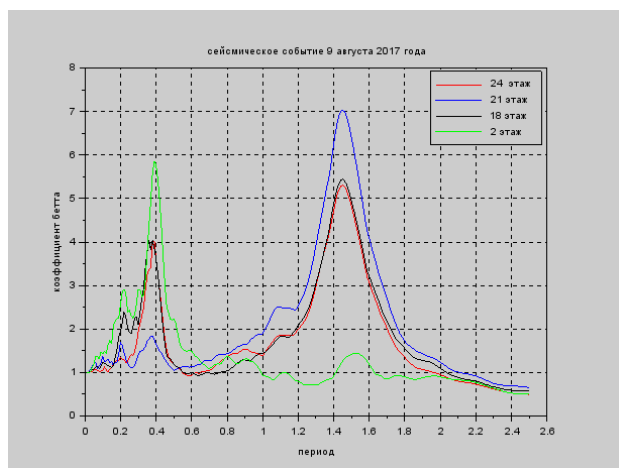
По амплитудам ускорений интенсивность сотрясения грунта в районе сеймостанции примерно четырехбалльная.

На рис.3 представлены спектральные кривые для обеих горизонтальных осей в уровнях точек регистрации из таблицы 2.

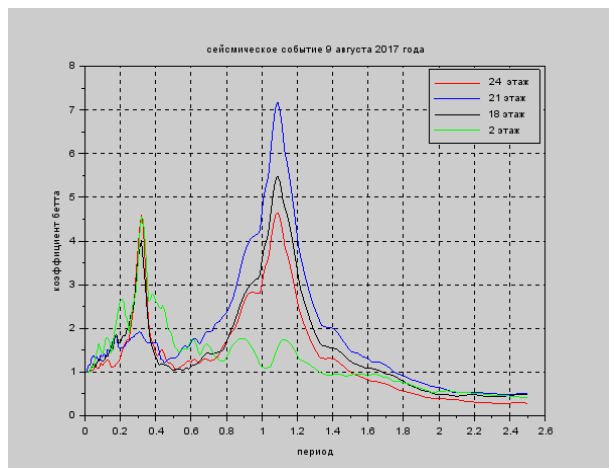
Таблица 2 – Максимальные величины ускорений и параметров акселерограмм удаленного землетрясения (станция №16 «Высотная гостиница»)

№	Компонента	Ускорение, см/с ²	Эффективная длительность, с	Спектральный коэффициент	Период максимума спектра, с
1	96-16-и3-OX (24-этаж)	25,20	25,20	5,30(4,02)	1,45(0,39)
2	96-16-и4-OY (24-этаж)	23,62	50,43	4,64(4,59)	1,09(0,32)
3	96-16-и5-OX (21-этаж)	14,23	54,37	7,03	1,45
4	96-16-и6-OY (21-этаж)	12,48	57,47	7,17	1,09
5	96-16-и7-OX (18-этаж)	15,20	28,93	5,44(4,04)	1,45(0,38)
6	96-16-и8-OY (18-этаж)	13,41	89,81	5,48(4,01)	1,09(0,32)

№	Компонента	Ускоре- ние, см/с ²	Эффектив- ная длитель- ность, с	Спектраль- ный коэффициент	Период максимума спектра, с
7	96-16-u11-OX (2-этаж)	0,244	29,38	5,85	0,39
8	96-16-u12-OY (2-этаж)	0,239	34,16	4,54	0,32
9	96-16-u13-OX (подвал)	0,192	50,55	4,85	0,40
10	96-16-u14-OY (подвал)	0,032	117,69	2,89	0,32
11	96-16-u15-OX (6-этаж)	0,341	32,07	5,23(2,36)	0,32(1,11)
12	96-16-u16-OY (6-этаж)	0,352	27,16	6,29(1,18)	0,39(1,09)



(по оси OX)



(по оси OY).

Рисунок 3 – Спектральные кривые сейсмического события 09.08.2017 (станция № 16 «Высотная гостиница»).

В уровнях подвала, 2-го этажа в обоих направлениях преобладают высокочастотные колебания. Начиная с 6-го этажа спектральные кривые в основном двугорбые, вложенные друг в друга. Причем указанная закономерность носит устойчивый характер. Характеристика периода колебаний является собственной характеристикой динамической модели здания периодом колебания. По сути, имеют место резонансные явления.

Величины преобладающих периодов по двум осям различаются. По оси OX период колебаний по основному тону примерно 1,45 с, по оси OY – 1,1 сек.

Таким образом, подбирая инструментальные записи имевших место землетрясений, можно проследить изменение периода колебаний в течении срока службы здания

ВЫВОДЫ:

1. По данным станции № 11 «Проспект Абая» период собственных колебаний стального каркаса по основному тону в пределах 1,15сек по оси OX и 1,29 сек по оси OY. По второй форме в обоих осях период 0,40-0,42 сек.

2. По данным станции № 16 «Высотная гостиница» периоды 1,45 сек и 0,40 сек являются периодами колебаний по первой и второй формам колебаний здания в поперечном направлении. В продольном направлении по оси ОУ период свободных колебаний по основному тону 1,1 сек.

Исследования выполнялись с использованием средств гранта АР 05130702 Министерства образования и науки Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Жунусов Т.Ж.** Землетрясение и сейсмостойкое строительство. – Алматы: Изд. «Лем», 74 с.
2. **Жунусов Т.Ж.** Основы сейсмостойкости сооружений. – Алматы: «Рауан», 1990 г., 270 с.
3. **Жунусов Т.Ж., Краснянский В.Р., Матвиец Н.Л., Музыка С.Ф., Ротгауз Б.А.** Особенности проектирования и строительства высотной гостиницы в Алма-Ате. // В сб. «Совершенствование метода расчета и конструирования зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах». – Кишинев, 1976. – С.115-126.
4. **Жунусов Т.Ж., Ашимбаев М.У., Амиржанова Р.К., Бучацкий Е.Г., Ротгауз Б.А.** Динамические испытания высотной гостиницы в Алма-Ате. // В сб.: Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций. Вып. 9(19), 1977. – С. 20-31.
5. **Ержанов С.Е., Лапин В.А., Даугавет В.П., Девярых А.А.** Исследование инструментальных записей, полученных на 11-ти этажном здании со стальным каркасом, при землетрясении 9 августа 2017 года. // «Вестник АО «КазНИИСА». Вып.11(75). – Алматы, 2017. – С.20-27.