



ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИФТОВЫХ СИСТЕМ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ: АНАЛИЗ И РАСЧЕТЫ

Назарова Матлюба Кудратовна

Доц.,

Олимхон Хондамир Осимхон угли

Ташкентский архитектурно-строительный университет,
(Узбекистан)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14040056>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 25- Oktyabr 2024 yil
Ma'qullandi: 28- Oktyabr 2024 yil
Nashr qilindi: 31- Oktyabr 2024 yil

KEYWORDS

Globallashuv, "ommaviy madaniyat", integratsiya, erkin axborot almashuvi, urf-odat, geosiyosat, axborot xuruji.

ABSTRACT

В данной работе рассматриваются динамические характеристики лифтовых систем и их взаимодействие с сооружениями при сейсмических воздействиях. Проведены динамические расчеты, основанные на акценте на колебательных формах и частотах, соответствующих условиям резонанса. Результаты исследований представлены в виде таблиц, отражающих реакции системы на расчётные выборки акселерограмм, а также позволяют определить напряжения в опасных сечениях направляющих. Рассматриваются методики регулирования динамических характеристик лифтов с целью минимизации резонансных процессов. Установлено, что использование программного комплекса, разработанного НПО "Лифтмаш", эффективно для анализа динамических воздействий и позволяет проводить расчеты для различных конструктивных решений, обеспечивая надежность лифтовых систем.

Методика определения напряжений в сечениях направляющих

Введение: Сейсмические воздействия представляют собой серьезную угрозу для устойчивости и надежности строительных конструкций, особенно в контексте лифтовых систем, которые играют ключевую роль в обеспечении вертикального транспорта в современных зданиях. В условиях повышенной сейсмической активности необходимо учитывать динамические характеристики как самих зданий, так и лифтов, чтобы избежать резонансных процессов, которые могут привести к разрушению конструкций и повреждению оборудования.

В данной работе мы представляем результаты динамических расчетов, проведенных для оценки напряжений в сечениях направляющих лифтов при сейсмических воздействиях с интенсивностью 9 баллов. Основное внимание уделяется определению реакций системы на различные динамические воздействия, используя методику, основанную на акценте на собственные колебательные частоты и их соотношение с

параметрами лифтов. Также рассматриваются аспекты регулирования динамических характеристик лифтов, что имеет важное значение для повышения их устойчивости и безопасности в условиях сейсмических нагрузок.

Проведенные расчеты и анализ результатов показывают, что правильный выбор динамических характеристик и учет их влияния на систему «сооружение-лифты» позволяют существенно повысить надежность и безопасность эксплуатации лифтов в сейсмически активных районах. Данная работа предоставляет ценные рекомендации для проектировщиков и инженеров, работающих в области лифтового строительства и сейсмической безопасности.

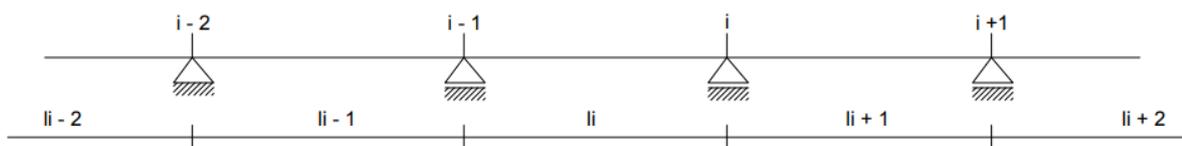


Рис. 1. расчетная схема направляющей.

Напряжение в сечениях направляющих на основе динамических расчетов, проведенных в рис.1 при сейсмических воздействиях интенсивностью 9 баллов. Эти расчеты были проведены на основе двух предпосылок.

1. Динамические характеристики сооружения (частоте собственных форм) близки к параметру колебаний массы лифта и к доминирующим частотам сейсмического воздействия, то есть, исследован весь возможный диапазон изменений динамических характеристик системы сооружение-лифт. Максимальные значения полученных реакций системы приведены в таблице 1.
2. Несмотря на многообразие конструктивных схем зданий, и сооружений, в которых установлены лифты, известно, что частота низшей формы колебаний сооружений не превышает $3 \div 4$ герц. Наиболее приемлемым способом регулирования динамических характеристик лифта, т.е. избежать резонансных процессов. В этом случае используются результаты, приведенные в таблице 2. В этой таблице возможный диапазон низших частот сооружения принят не более 4 герц, а динамические характеристики массы лифта – не менее 7 герц.

Ниже на конкретном примере покажем порядок определения напряжений с использованием результатов таблицы 1.

Таблица 1.

Реакция системы на воздействие расчетной выборки акселерограммы

$\frac{P_1}{2\pi}$	$\frac{R_0}{Q}$ при расчете на акселерограммы					σ_{n-1}	σ_n	$\frac{\overline{R_0}}{Q}$
	7-25 Г-40	8-3 Г-52	8-5 Г-20	8-8 Г-10	8-6 Г-69			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,0	4,292	6,529	4,522	2,110	2,790	1,416	1,535	4,049
2,0	9,692	18,382	17,229	12,468	5,640	4,072	3,527	12,687
3,0	12,860	16,183	25364	21,009	12,781	5,480	4,746	17,641
3,5	14,049	12,437	19,908	14,186	9,321	3,850	3,443	13,980
4,0	11,077	16,469	14,270	15,757	20,133	3,299	2,951	15,541
4,5	8,413,	17,398	31,500	14,421	14,589	8,806	7,698	17,264
5,0	8,459	22,170	19,809	21,662	7,537	7,299	6,528	15,927
5,5	7,653	22,280	21,383	9,500	6,680	7,680	6,869	13,499
6,0	7,875	18,564	27,070	13,228	4,053	9,063	8,107	14,158
7,0	7,350	10906	23,120	12,265	5,558	6,854	6,130	11,840
8,0	4,273	4,211	22,753	13,622	5,545	6,854	6,130	10,881
9,0	2,919	6,636	11,639	9,381	5,119	3,443	3,080	7,139
10,0	2,452	5,914	8,375	4,950	2,373	2,522	2,256	4,813

Например: Профиль №3, $l = 300\text{cm}$, $Q = 5\text{kH}$, $\varepsilon_1 = 0,30$.

А) Прогиб от единичной силы в соответствии с первым столбцом таблицы 1.

$$\delta = 11,372 \times 10^{-3} \frac{l^3}{EJ_x} = 11,372 \times 10^{-3} \times \frac{300^3}{111,8 \times 10^4} = 0,2746 \text{ cm/kH}$$

$$\nabla_{cm} = \delta \times Q = 1,3732$$

Б)
$$\rho_4 = \sqrt{\frac{g}{\Delta cm}} = \sqrt{\frac{981}{1,3732}} = 26,728 \text{ рад/с}$$

$$\frac{\rho_4}{2\pi} = 4,254\text{c}^{-1}$$

В) В соответствии с таблицей 5. $\frac{R_0}{Q} = 16,416$ (определено при помощи линейной интерполяции)

$$R_0 = 16,416 \times 5 = 82,080 \text{ kH}$$

$$R = R_0 \times K_1 = 82,080 \times 0,25 = 20,52 \text{ kH}$$

Г) В соответствии с таблицей 2 максимальный относительный изгибающий момент равен

$$M_1^*/Rl = 0.188055$$

Отсюда $M_1^* = 0,188055 \times 300 \times 20,52 = 1157,67 \text{ kHcm}$

Д) Определим напряжений в опасном сечении

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{1157.67}{13.4} = 86.393 \frac{\text{kH}}{\text{cm}^2} = 863.93\text{МПа}$$

В таблице 7 приведены результаты определения напряжений в различных сечениях, направляющих для различных ее профилей, шага крепления и массы лифта.

Таблица 2.

Реакция системы 4 на воздействие расчетной выборки акселерограмм при ограничениях на динамические характеристики						
$P_2/2\pi, c^{-1}$	Акселерограмма	Значение R_0/Q при $P_2/2\pi$ в c^{-1}				
		1,0	2,0	2,5	3,0	4,0
1	2	3	4	5	6	7
7,0	7-25 Г-40	1,613	2,015	2,329	2,703	3,030
	8-3 Г-52	2,598	2,122	3,141	2,599	3,295
	8-5 Г-20	3,423	1,977	2,166	2,317	3,638
	8-6 Г-10	1,896	2,276	2,370	3,057	3,960
	8-6 Г-69	1,290	1,584	1,714	2,824	3,067
	σ_{n-1}	0,853	0,257	0,516	0,274	0,397
	σ_n	0,796	0,230	0,461	0,245	0,355
	R_0/Q	2,164	1,995	2,344	2,700	3,398
9,0	7-25 Г-40	1,510	1,927	2,832	2,328	2,780
	8-3 Г-52	2,220	2,401	2,893	3,741	2,711
	8-5 Г-20	2,304	1,899	1,816	2,512	2,803
	8-6 Г-10	1,913	2,373	2,060	3,522	3,275
	8-6 Г-69	1,321	1,269	1,902	2,306	3,432
	σ_{n-1}	0,431	0,460	0,521	0,693	0,397
	σ_n	0,385	0,411	0,466	0,620	0,294
	R_0/Q	1,854	1,974	2,301	2,882	3,000
11,0	7-25 Г-40	1,556	1,034	2,095	2,314	2,908
	8-3 Г-52	2,208	2,519	2,591	2,616	3,309
	8-5 Г-20	2,144	2,157	2,078	2,955	2,857
	8-6 Г-10	1,701	2,425	2,529	2,723	3,559
	8-6 Г-69	1,236	1,514	1,412	2,577	3,891
	σ_{n-1}	0,407	0,435	0,472	0,233	0,438
	σ_n	0,364	0,384	0,422	0,208	0,391
	R_0/Q	1,771	2,070	2,141	2,637	3,305
13,0	7-25 Г-40	1,760	2,322	2,415	2,975	2,630
	8-3 Г-52	2,175	2,541	3,196	2,684	3,454
	8-5 Г-20	2,342	2,292	2,429	2,584	3,006
	8-6 Г-10	1,829	2,839	2,770	3,652	3,233
	8-6 Г-69	1,090	1,538	2,194	3,342	4,218
	σ_{n-1}	0,438	0,482	0,391	0,448	0,593
	σ_n	0,432	0,431	0,350	0,401	0,530
	R_0/Q	1,839	2,306	2,601	3,047	3,308
	7-25 Г-40	1,837	2,467	2,648	2,922	3,345
	8-3 Г-52	2,267	2,385	3,607	4,125	3,128
	8-5 Г-20	2,839	2,495	2,203	2,830	3,109
	8-6 Г-10	1,952	2,744	2,165	3,674	4,006

15,0	8-6 Г-69	1,221	1,333	2,542	3,063	3,602
	σ_{n-1}	0,593	0,549	0,553	0,556	0,375
	σ_n	0,531	0,491	0,495	0,498	0,335
	R_0/Q	2,023	2,285	2,833	3,323	3,438

Таблица 3.

Определение напряжений в опасных сечениях направляющим					
ε	$\rho_4/2\pi, c^{-1}$	R_0, kH	R, kH	$M^*, kH - cm$	σ, MPa
1	2	3	4	5	6
Профиль направляющей №3					
$l = 300cm$		$Q = 2kH$			
0,30	6,727	24,950	6,238	351,898	262,61
1/3	6,405	26,438	6,609	388,154	286,67
0,40	6,028	28,186	7,046	431,219	321,81
0,50	5,946	28,173	7,043	422,084	314,99
0,60	6,386	26,526	6,632	354,469	264,66
2/3	7,055	23,680	5,960	277,166	206,84
Профиль направляющей №3					
$l = 300cm$		$Q = 3,5kH$			
0,20	6,533	45,225	11,306	507,799	378,95
0,25	5,633	47,858	11,965	616,676	460,67
0,30	5,084	54,310	13,577	765,967	571,62
1/3	4,842	57,226	14,306	840,18	627,00
0,40	4,557	59,893	14,973	916,31	684,81
0,50	4,495	60,361	15,090	904,32	674,87
0,60	4,827	57,360	14,340	766,90	572,31
2/3	5,333	50,083	12,521	586,21	437,47
0,70	5,713	48,228	12,057	517,39	386,11
0,75	6,522	45,317	11,329	413,152	308,32
Профиль направляющей №3					
$l = 200cm$		$Q = 6 kH$			
1/3	6,794	73,909	18,477	723,416	539,86
0,40	6,394	79,472	19,868	810,567	604,90
0,50	6,306	80,687	20,172	805,901	601,42
0,60	6,773	74,191	18,548	661,277	493,49
Профиль направляющей №3					
$l = 150cm$		$Q = 14 kH$			
1/3	6,847	170,712	42,678	1253,18	935,21
0,40	6,444	183,795	45,949	1405,96	1049,21
0,50	6,3562	186,652	46,663	1398,21	1043,44
0,60	6,827	171,374	42,843	1145,62	854,94
Профиль направляющей №2					
$l = 300cm$		$Q = 6 kH$			

1/3	6,942	71,846	17,962	1054,838	334,87
0,40	6,533	77,529	19,382	1186,129	376,55
0,50	6,444	78,765	19,691	1180,061	374,62
0,60	6,921	72,133	18,033	964,405	306,16
Профиль направляющей №2					
$l = 300\text{cm}$		$Q = 10\text{ kH}$			
0,25	6,256	135,650	33,913	1747,89	554,89
0,30	5,647	136,925	34,231	1931,20	613,08
1/3	5,377	140,650	35,238	2069,41	656,96
0,40	6,061	156,320	39,080	2391,55	759,22
0,50	4,992	159,291	39,823	2386,50	757,62
0,60	5,361	141,725	35,431	1894,84	601,54
2/3	5,923	140,565	35,141	1645,26	522,30
0,70	6,345	133,590	33,389	1433,16	454,97
Профиль направляющей №2					
$l = 150\text{cm}$		$Q = 42\text{ kH}$			
0,40	6,985	498,78	124,695	3815,45	1211,25
0,50	6,889	508,07	127,018	3805,97	1208,24
Профиль направляющей №2					
$l = 300\text{cm}$		$Q = 15\text{ kH}$			
1/3	7,103	177,600	44,400	2607,50	362,15
0,40	6,684	188,557	47,139	2884,75	400,07
0,50	6,594	191,720	47,930	2872,34	398,94
0,60	7,082	177,600	44,400	2374,48	329,79

Таблица 4.

Изгибающие моменты в характерных сечениях направляющей при единичном грузе в первом пролете.				
ε_1	M_1^*/lR	M_1/lR	M_2/lR	M_3/lR
0,10	0,087347	-0,026527	0,007108	-0,001905
0,20	0,149711	-0,051446	0,013785	-0,003694
0,25	0,171800	-0,062801	0,016827	-0,004509
0,30	0,188055	-0,073150	0,019601	-0,005252
1/3	0,195758	-0,079392	0,021273	-0,005700
0,40	0,203988	-0,090031	0,024124	-0,006464
0,50	0,199759	-0,100481	0,026924	-0,007214
0,60	0,178265	-0,102892	0,027570	-0,007387
2/3	0,156062	-0,099240	0,026591	-0,007125
0,70	0,143039	-0,095658	0,025631	-0,006868
0,75	0,121559	-0,087921	0,023558	-0,006312
0,80	0,098265	-0,077169	0,020677	-0,005541
0,90	0,048763	-0,045819	0,012277	-0,003290

Как видно из таблицы, полученные напряжения значительно превосходят допустимый уровень.

Для сравнения проведем расчет с использованием данных таблицы 2. поставив целью задачи, определение напряжений при заданной массе лифта.

При анализе результатов таблицы 2. получено максимальное значение $R_0/Q = 3,718$. Задаваясь допустимым значениям нормальных напряжениях направляющей $[\sigma] = 273 \text{ МПа}$ для стали 30 и $Q = 10 \text{ кН}$

Отсюда $R = 3,718 K_1 Q = 9.295 \text{ кН}$

Где $K_1 = 0,25$ - коэффициент надежности [20]

Динамические характеристики лифта, т.е. масса кабины (противовеса), жестокость направляющей в таблице 2 ограничены величиной $\rho_4/2\pi = 7$ герц. Из этого условия определим допустимое значение шага крепления направляющей. Круговая частота

$$P_4 = 2 \times \pi \times 7 = 43,98 \text{ рад/с}$$

Отсюда статистический прогиб направляющей под силой R равен

$$\Delta_{ст} = \frac{g}{\rho_4^2} = \frac{981}{43,98^2} = 0,507 \text{ см}$$

Максимальный момент в направляющей (из таблица 4) возникает в сечении $\varepsilon_1 = 0,4$. Соответствующий прогиб в этой точке по таблице 1 равен

$$\Delta = 14,158 \cdot 10^{-3} \frac{Q l^3}{E J_x} = 0,507 \text{ см}$$

Отсюда при $E J_x = 111,8 \cdot 10^4 \text{ кН см}^2$ (для направляющей № 3а)

$$l = \sqrt[3]{\frac{E J_x \times \Delta_{ст}}{Q \cdot 14,158 \cdot 10^{-3}}} = 158,8 \text{ см}$$

Принимаем шаг креплений $l = 150 \text{ см}$ и определяем расчетные напряжения в направляющей.

Изгибающий момент при $\varepsilon_1 = 0,4$

$$M_1^* = 0,204 R \times l = 0,204 \times 9,259 \times 150 = 284,43 \text{ кН см}$$

Отсюда $\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{284,43}{13,4} = 21,226 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 212,26 \text{ МПа} < [\sigma]$

В заключении следует, что комплекс программ, разработанный в НПО "Лифтмаш", позволяет провести расчеты для любых диапазонов динамических на эти характеристики, а также исследовать реакцию системы в случае определенности динамических характеристик при расчете конкретного сооружения.

Помимо этого, комплекс программ может быть использован при расчетах систем сооружение-лифт на динамические воздействие гармонического типа, импульсные воздействие и т.д.

Выводы

В ходе исследования были выполнены расчеты и проведен анализ напряжений в направляющей системе лифта. Результаты расчетов, полученные на основе данных из

таблицы 3, показали значительное превышение допустимого уровня напряжений, что указывает на потенциальные проблемы с прочностью и безопасностью системы лифта.

Однако, альтернативные расчеты, проведенные с использованием данных из таблицы 1, позволили получить значения напряжений, которые находятся в пределах допустимых норм и удовлетворяют требованиям безопасности. Это говорит о том, что применение данных из таблицы 1 при проектировании и расчетах системы лифта позволяет достичь более надежных и безопасных параметров.

На основании полученных результатов можно рекомендовать использовать данные из таблицы 1 в дальнейших исследованиях и проектировании систем лифта. Это позволит обеспечить безопасную эксплуатацию лифта с учетом заданных параметров и допустимых напряжений в направляющей системе.

Таким образом, представленные результаты и выводы позволяют сделать важные практические рекомендации для разработчиков и инженеров, занимающихся проектированием систем лифтов. Применение данных из таблицы 1 обеспечивает более точные и надежные расчеты напряжений в направляющей, что в свою очередь способствует повышению безопасности и эффективности работы лифтовых систем.

Литература:

1. Измайлов Ю.А., Чуприна А.А. Поведение каменных зданий при Карпатском землетрясении // экспресс информация. Серия 14. Строительство и архитектура. - 1987. - 5 8. - С. 27 - 31.
2. Инженерный анализ последствий землетрясений в Японии и США / Пер. с англ. Под ред. Быхованого. - М.: Госстройиздат, 1961.
3. Ионов А.А. Исследование вибраций пассажирских лифтов грузоподъемностью 350 500 кг, и скоростью до 1 м/с // Труды ЦНKB по лифтам / - М.: ЦНИИТЭстроймаш, - 1973. - С. 118 - 127.
4. Ионов А.А., Мирский Г.Г. Пути снижения вибрации пассажирских лифтов // Труды по литом / - М.: ЦНИИТЭстроймаш, - 1973. С. 93 - 99.
5. Корчинский И.Л., Поляков С.В., Биковский В.А. и др. Основы проектирования зданий в сейсмических районах. - М.: Гостройиздат 1961. - 319 с.
6. Лисицын Д.Ф. Расчет пружинных буферов для лифтов // Труды ЦНKB по лифтам / - М.: ЦНИИТЭстроймаш 1973, - С. 31 - 41
7. Медведев С.В., Инженерная сейсмология. - М.: Гостройиздат, - 1962. - 284 с.
8. Милютин А.П. Динамика лифта на упругом основании // Труды ЦНKB по литом / - М.: ЦНИИТЭстроймаш, - 1973. - С. 69 - 75.
9. Милютин А.П. Динамика лифта на упругом основании // Труды ЦНKB по лифтом / - М.: ЦНИИТЭстроймаш, - 1973. - С. 75-79.
10. Мирский Г.Г. Ловители резного торможения // Труды ЦНKB по лифтам, / - М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1973, 0, 40 - 55.
11. Назарова М.К., Сигал Ф.Р., Погребинский И.М. Исследование воздействия Карпатского землетрясения 1986 г. на лифтовые сооружения в зданиях, построенных в Киеве // Экспресс-информация. Серия 14. Строительство и архитектура. 1987. - № 12. С. 32 - 34.
12. Назарова М.К., Мелибаев А.А. Исследование сейсмостойкости лифтовых установок // Тез. докл. конф. Ш научно-теоретич. И техн. профессоров,

преподавателей, аспирантов и науч. работников ТашПИ им. А.Р.Беруни. Ташкент: 1989. – С. 80.

13. Наварова М.К. Натурные испытания зданий повышенной этажности и лифтовых и лифтовых установок на динамические воздействия // Архитектура и строительство Узбекистана. 1989.

14. Нара Т. Повышение сейсмостойкости у лифтов / Пер. с япон. журнала "Хитати херо". - М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1981. 22 с.

15. Ода К., Окура М., Отоми С. О сейсмостойкости лифтов / Пер. с япон. "Мацубиси дэнки гихо". - М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1976. - 20 г.

16. Полковников В.С., Лобов Н.А., Грузинов Е.В. Монтаж и эксплуатация лифтов. - М.: Высшая школа, 1987. - 256 с.

17. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений. - М.: Стройиздат, • 1978. - 311 с.

18. Рассказовский В.Т. Основы физических методов определения сейсмических воздействий. - Ташкент: Фан, 1973.

19. Ржевский В.А., Сейдузова С.С. Спектральная сейсмическая сотрясаемость и расчет сооружений на сейсмостойкость. Инт-т физ. Земли АН СССР, - 1983, - № 1. - С. 22 – 30.

20. Румшинский Л.З., математическая обработка результатов эксперимента. / Справочное руководство. М.: Наука, - 1971.

21. Сигал Ф.Р., Назарова М.К. Математическое моделирование колебаний механических систем с упругими ограничениями на ЭВМ // ЭВМ в расчетах и практике проектирования объектов строительства: Сб. науч. Тр. – Ташкент: ТашПИ им. Беруни. 1986. – С. 18-20.

22. Справочник по динамике сооружения / Под редакцией Коренева Б.Г., Рабиновича И.М. - М.: Стройиздат, 1972. 372.

23. Толмачев А.В., Мирский Г.Г., Зотов Б.С. Натурные исследования шума лифтового оборудования в зданиях // Труды ЦНKB по лифтам/ - М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1973. С. 169 172.