

# Влияние применения резино-металлических сейсмоопор на изменение динамических и статических характеристик многоэтажного здания.

Л. Н. Бакаева<sup>1</sup>, К. А. Егармин<sup>2</sup>, Э. А. Галиханова<sup>3</sup>.

<sup>1-3</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Информация о статье      обзор

## Аннотация

*Сейсмическая опасность является значительным фактором в вопросах выбора района жительства и оказывает большое влияние на экономическую сторону строительства. Задачей современных инженеров является поиск оптимальных безопасных конструктивных решений даже для сейсмоопасных районах страны. В статье исследуются динамические характеристики, полученные от 2-х расчетных моделей: с сейсмоизоляцией и без сейсмоизоляции. В качестве активной сейсмоизоляции выбраны резинометаллические опоры как один из наиболее перспективных и современных способом. В расчетах задана сейсмическая нагрузка для района сейсмичностью в 9 баллов и для II категории грунтов. Расчеты производятся на конечно-элементной схеме, замоделированной в программах SCAD Office. Моделью является секция жилого здания, расположенного в г. Сочи. Сравниваются характеристики обеих расчетных моделей: ускорение, перемещение КЭ, крутящий момент, продольные усилия. Приводится сравнительный анализ и делается вывод об эффективности использования сейсмоизолирующих резинометаллических опор.*

Ключевые слова:            строительство, сейсмозащита, резинометаллические опоры, амортизаторы, энергоемкость, антисейсмическое устройство, полиуретаны

## Содержание

1.	Введение	15
2.	Обзор литературы	15
3.	Постановка цели и задачи исследования	16
4.	Описание исследования	16
5.	Результаты	17
6.	Заключение	20

### Контактный автор:

1. +79052765134, lubashka150994@mail.ru (Бакаева Любовь Николаевна, студент)
2. +7(961)8031520, kon.egarmin@mail.ru (Егармин Константин Александрович К. А., старший преподаватель)
3. +79050044199, elinlvs.g@gmail.com (Галиханова Элина Азатовна, студент)

## 1. Введение

Человек адаптирует среду обитания для своих нужд. В современном мире сейсмоопасные регионы-районы стыка литосферных плит, не являются поводом для переезда в другую местность, а являются возможностью для изучения и совершенствования теории динамических воздействий, различных демпфирующих устройств и способов сейсмоизоляции.

Опыт мировых землетрясений [1-3] показывает, что изучение способов защиты зданий и сооружений от сейсмического воздействия является важной задачей для инженеров. Одним из самых доступных решений является использование резинометаллических опор. Благодаря отличным упругим свойствам резины (также это могут быть полиуританы, неопрен [4-5]), сооружение может совершать значительные боковые перемещения под воздействием сейсмической нагрузки, при этом, не разрушаясь.

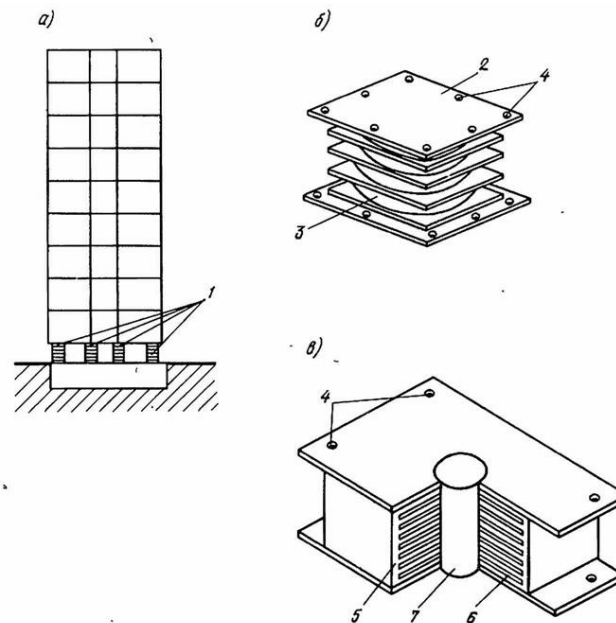


Рис. 1. Сейсмоизоляция здания с помощью резинометаллических опор [3]:

а – схема установки опоры; б – схема конструкции опоры GAPEC; в – схема конструкции опоры, разработанной в Новой Зеландии; 1 – опора; 2 – стальная плита; 3 – слой неопрена; 4 – отверстия для анкерных болтов; 5 – резина; 6 – сталь; 7 – свинец

## 2. Обзор литературы

Авторы статей [6-9] занимались оценкой сейсмоустойчивости зданий на сеймоопорах, определяли оптимальные параметры гасителей колебаний, а также был проведен сравнительный анализ преимущества использования систем сейсмозащиты по сравнению с традиционными методами увеличения массы сооружений.

В статьях [10-13] рассматриваются вопросы повышения сейсмостойкости зданий и сооружений с использованием сейсмоизоляции в виде резинометаллических опор.

Благодаря мировой актуальности, тема гашения колебаний в условиях сейсмической опасности получила отклик во многих исследованиях. В статьях [14-17] приведена классификация современных методов сейсмоизоляции, опыт мирового применения. В статье детально рассмотрено применение гибкого этажа здания, упругих опорных элементов.

В работах [18-20] ведется расчетно-теоретическое обоснование возможности повышения сейсмостойкости эксплуатируемых зданий при помощи сеймоопор на основе эластомеров.

В [21-22] содержатся нормативные документы, в соответствии с которыми было проведено данное исследование.

Авторы [23-27] занимаются разработкой численных методов расчета тонкостенных металлических стержневых систем, выявлением особенностей и проблем анализа НДС в элементах каркасных конструкций.

### 3. Постановка цели и задачи исследования

Целью данной работы является сравнение и анализ динамических характеристик 2-х расчетных схем здания: с сейсмоизоляцией в виде резинометаллических опор и без сейсмоизоляции. Моделирование проектного землетрясения и исследование характера поведения здания во время динамических воздействий.

В качестве модели исследования был использован проект жилого 2-х секционного 11-этажного дома из монолитного железобетона, расположенный в г. Сочи. Общая сейсмичность района строительства оценивается в 9 баллов. Планировка несущих стен прямоугольная- для предотвращения крутильных колебаний в местах стыков, размеры секции здания в плане 15x20 м. Фундамент свайный с монолитным ростверком. Между секциями жилого здания предусмотрен антисейсмический шов 150 мм.

### 4. Описание исследования

Для исследования эффективности использования резинометаллических опор, в программе SCAD 21.1.1 было замоделировано две конечно-элементные схемы. Первая схема представляет собой модель жилого дома без устройства сейсмоизоляции. Согласно второму варианту между несущим каркасом здания и ростверком было установлено 70 резинометаллических опор типа LRB-S 600/102-120 [10] итальянского производителя FIP INDUSTRIALE. Выбор данного типа PMCO был обусловлен расчетной несущей способностью на одну опору и допускаремым проектным перемещением.

В расчетном комплексе SCAD данный вид сейсмоизоляции моделировался конечным элементом 55 с назначением горизонтальной жесткости по осям X и Y 22,87 кН/мм.

Укрупненная расчетная модель здания была сформирована в препроцессоре ФОРУМ, позволяющем довольно точно связать основные конструктивные элементы здания с привязкой к сетке осей, сформировать проемы и отверстия с необходимой степенью детализации.

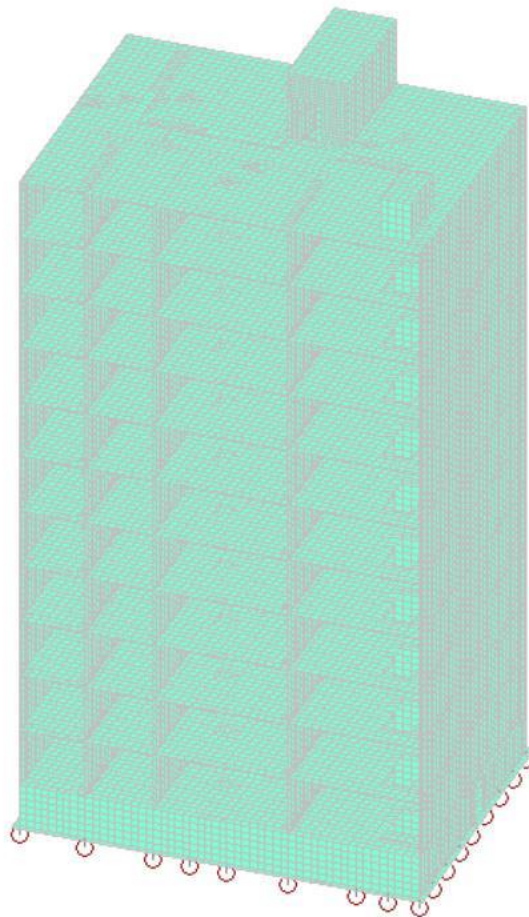


Рис. 2. Модель секции 11-этажного жилого дома, выполненная в ПК SCAD

В соответствии с СП 20.13330.2016 [21] были рассчитаны и заданы основные нагрузки на конструкции. Руководствуясь СП 14.13330.2014 [22], были заданы сейсмические нагрузки в направлении одной из горизонтальных осей.

Оценка эффективности использования сейсмоизоляции способом установки РМО выполнялась на основе сравнительного анализа динамических характеристик и напряженно-деформированного состояния несущих конструкций методом численного эксперимента с применением программного комплекса SCAD.

## 5. Результаты

В таблице 1 представлены некоторые характеристики конструктивной схемы многоэтажного жилого дома. Заметно явное снижение диапазона напряжений для несущих конструкций здания.

Таблица 1

Параметры                      Расчетная модель здания без системы сейсмоизоляции                      Расчетная модель здания с системой сейсмоизоляции

Перемещения по Y от особого сочетания нагрузок 1 (по Y)

	Y		
	мм	мм	
✓	14,089	18,833	6387
✓	18,833	23,577	3367
✓	23,577	28,321	4052
✓	28,321	33,065	4456
✓	33,065	37,809	4266
✓	37,809	42,552	4372
✓	42,552	47,296	4354
✓	47,296	52,04	2865
✓	52,04	56,784	3626
✓	56,784	61,528	4262
✓	61,528	66,272	4314
✓	66,272	71,016	3763
✓	71,016	75,76	3709
✓	75,76	80,504	3742
✓	80,504	85,248	2568
✓	85,248	89,992	716

14 -89

	Y		
	мм	мм	
✓	3,513	4,744	7564
✓	4,744	5,975	8703
✓	5,975	7,205	7579
✓	7,205	8,436	6399
✓	8,436	9,667	6080
✓	9,667	10,898	5601
✓	10,898	12,129	4675
✓	12,129	13,36	3573
✓	13,36	14,59	2960
✓	14,59	15,821	2566
✓	15,821	17,052	2064
✓	17,052	18,283	1908
✓	18,283	19,514	1454
✓	19,514	20,745	878
✓	20,745	21,976	701
✓	21,976	23,206	557

3,5- 23

Диапазон перемещений КЭ (мм)

Ускорения от суммарной сейсмической нагрузки по Y

	Y		
	м/сек <sup>2</sup>	м/сек <sup>2</sup>	
✓	1,41	1,496	20873
✓	1,496	1,583	7553
✓	1,583	1,669	3563
✓	1,669	1,756	1468
✓	1,756	1,842	2995
✓	1,842	1,929	1192
✓	1,929	2,016	2987
✓	2,016	2,102	1187
✓	2,102	2,189	2729
✓	2,189	2,275	1166
✓	2,275	2,362	2729
✓	2,362	2,449	1012
✓	2,449	2,535	2830
✓	2,535	2,622	225
✓	2,622	2,708	283
✓	2,708	2,795	327

	Y		
	м/сек <sup>2</sup>	м/сек <sup>2</sup>	
✓	0,881	1,089	7483
✓	1,089	1,296	8045
✓	1,296	1,503	7015
✓	1,503	1,711	6442
✓	1,711	1,918	5322
✓	1,918	2,126	4770
✓	2,126	2,333	3502
✓	2,333	2,541	2556
✓	2,541	2,748	2021
✓	2,748	2,956	1660
✓	2,956	3,163	1358
✓	3,163	3,371	1148
✓	3,371	3,578	726
✓	3,578	3,786	476
✓	3,786	3,993	391
✓	3,993	4,201	204

Параметры      Расчетная модель здания без системы сейсмоизоляции      Расчетная модель здания с системой сейсмоизоляции

Максимальные ускорения ( м/с<sup>2</sup>)  
M<sub>xy</sub> от суммарной сейсмической нагрузки по Y

1,4 - 2,7

0,9 – 4,2

		M <sub>xy</sub>		
		Т*м/м	Т*м/м	
✓	■	-3,901	-3,385	3
✓	■	-3,385	-2,87	12
✓	■	-2,87	-2,354	19
✓	■	-2,354	-1,838	55
✓	■	-1,838	-1,322	235
✓	■	-1,322	-0,806	846
✓	■	-0,806	-0,29	7040
✓	■	-0,29	0,225	50342
✓	■	0,225	0,741	9277
✓	■	0,741	1,257	799
✓	■	1,257	1,773	213
✓	■	1,773	2,289	65
✓	■	2,289	2,805	21
✓	■	2,805	3,32	7
✓	■	3,32	3,836	3
✓	■	3,836	4,352	3

		M <sub>xy</sub>		
		Т*м/м	Т*м/м	
✓	■	-3,808	-3,342	7
✓	■	-3,342	-2,876	8
✓	■	-2,876	-2,41	19
✓	■	-2,41	-1,945	46
✓	■	-1,945	-1,479	101
✓	■	-1,479	-1,013	306
✓	■	-1,013	-0,547	1764
✓	■	-0,547	-0,081	16968
✓	■	-0,081	0,385	48187
✓	■	0,385	0,85	4820
✓	■	0,85	1,316	415
✓	■	1,316	1,782	94
✓	■	1,782	2,248	49
✓	■	2,248	2,714	25
✓	■	2,714	3,18	9
✓	■	3,18	3,645	1

Диапазон максимльных крутящих моментов (Т\*м/м)  
N<sub>x</sub> от суммарной сейсмической нагрузки по x

(-3,9)– 4,3

(-3,8) – 3,6

		N <sub>x</sub>		
		Т/м <sup>2</sup>	Т/м <sup>2</sup>	
✓	■	-2184,199	-1996,76	4
✓	■	-1996,76	-1809,322	4
✓	■	-1809,322	-1621,884	9
✓	■	-1621,884	-1434,445	20
✓	■	-1434,445	-1247,007	35
✓	■	-1247,007	-1059,568	52
✓	■	-1059,568	-872,13	115
✓	■	-872,13	-684,691	242
✓	■	-684,691	-497,253	737
✓	■	-497,253	-309,814	3283
✓	■	-309,814	-122,376	12711
✓	■	-122,376	65,063	44303
✓	■	65,063	252,501	2217
✓	■	252,501	439,94	216
✓	■	439,94	627,378	83
✓	■	627,378	814,817	26

		N <sub>x</sub>		
		Т/м <sup>2</sup>	Т/м <sup>2</sup>	
✓	■	-2291,439	-2107,84	4
✓	■	-2107,84	-1924,241	6
✓	■	-1924,241	-1740,642	10
✓	■	-1740,642	-1557,043	17
✓	■	-1557,043	-1373,444	35
✓	■	-1373,444	-1189,845	54
✓	■	-1189,845	-1006,245	91
✓	■	-1006,245	-822,646	168
✓	■	-822,646	-639,048	489
✓	■	-639,048	-455,449	1513
✓	■	-455,449	-271,849	4991
✓	■	-271,849	-88,25	12900
✓	■	-88,25	95,349	41992
✓	■	95,349	278,948	1046
✓	■	278,948	462,547	112
✓	■	462,547	646,146	19

Продольные усилия N<sub>x</sub>(Т/м<sup>2</sup>)

(-2184) - 814

(-2291) - 646



Параметры Расчетная модель здания без системы сейсмоизоляции Расчетная модель здания с системой сейсмоизоляции

$N_y$  от суммарной сейсмической нагрузки по Y

$N_y$		$T/m^2$	$T/m^2$	
✓	■	-678,241	-608,036	8
✓	■	-608,036	-537,831	11
✓	■	-537,831	-467,627	12
✓	■	-467,627	-397,422	18
✓	■	-397,422	-327,217	50
✓	■	-327,217	-257,012	91
✓	■	-257,012	-186,808	198
✓	■	-186,808	-116,603	552
✓	■	-116,603	-46,398	3021
✓	■	-46,398	23,807	54354
✓	■	23,807	94,012	4628
✓	■	94,012	164,216	517
✓	■	164,216	234,421	172
✓	■	234,421	304,626	89
✓	■	304,626	374,831	37
✓	■	374,831	445,035	10

$N_y$		$T/m^2$	$T/m^2$	
✓	■	-464,026	-413,827	3
✓	■	-413,827	-363,627	6
✓	■	-363,627	-313,428	14
✓	■	-313,428	-263,228	55
✓	■	-263,228	-213,029	118
✓	■	-213,029	-162,829	210
✓	■	-162,829	-112,63	510
✓	■	-112,63	-62,43	1803
✓	■	-62,43	-12,231	13237
✓	■	-12,231	37,969	49445
✓	■	37,969	88,169	2060
✓	■	88,169	138,368	367
✓	■	138,368	188,568	118
✓	■	188,568	238,767	76
✓	■	238,767	288,967	28
✓	■	288,967	339,166	1

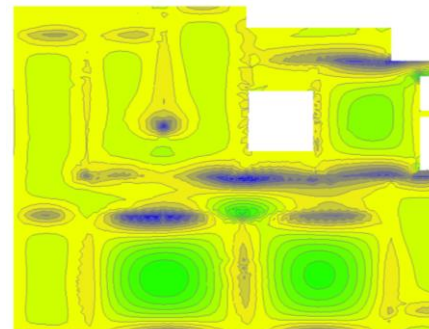
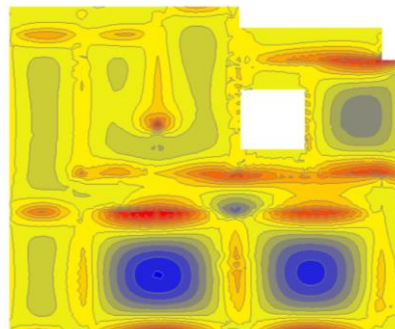
Продольные усилия  $N_y$  ( $T/m^2$ )  
Изгибающий момент  $M_{xy}$

(-678) - 445

$M_y$		$T^m/m$	$T^m/m$	
■	■	-1,762	-1,547	29
■	■	-1,547	-1,331	61
■	■	-1,331	-1,116	103
■	■	-1,116	-0,9	160
■	■	-0,9	-0,685	222
■	■	-0,685	-0,47	366
■	■	-0,47	-0,254	564
■	■	-0,254	-0,039	1015
■	■	-0,039	0,176	1125
■	■	0,176	0,392	516
■	■	0,392	0,607	213
■	■	0,607	0,823	161
■	■	0,823	1,038	110
■	■	1,038	1,253	82
■	■	1,253	1,469	47
■	■	1,469	1,684	7

(-464) - 339

$M_y$		$T^m/m$	$T^m/m$	
■	■	-1,204	-1,065	11
■	■	-1,065	-0,925	41
■	■	-0,925	-0,785	83
■	■	-0,785	-0,645	139
■	■	-0,645	-0,505	194
■	■	-0,505	-0,365	279
■	■	-0,365	-0,226	438
■	■	-0,226	-0,086	787
■	■	-0,086	0,054	1172
■	■	0,054	0,194	775
■	■	0,194	0,334	243
■	■	0,334	0,473	188
■	■	0,473	0,613	121
■	■	0,613	0,753	102
■	■	0,753	0,893	54
■	■	0,893	1,033	7



Параметры	Расчетная модель здания без системы сейсмоизоляции	Расчетная модель здания с системой сейсмоизоляции																																																																																																												
Диапазон максимальных изгибающих моментов (Т*м/м) Поперечная сила $Q_y$ (Т/м)	(-1,7) – 1,6	(-1,2) – 1																																																																																																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><math>Q_y</math></th> <th></th> </tr> <tr> <th>Т/м</th> <th>Т/м</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>-7,435</td><td>-6,39</td><td>1</td></tr> <tr><td>-6,39</td><td>-5,345</td><td>1</td></tr> <tr><td>-5,345</td><td>-4,3</td><td>3</td></tr> <tr><td>-4,3</td><td>-3,255</td><td>5</td></tr> <tr><td>-3,255</td><td>-2,209</td><td>15</td></tr> <tr><td>-2,209</td><td>-1,164</td><td>136</td></tr> <tr><td>-1,164</td><td>-0,119</td><td>856</td></tr> <tr><td>-0,119</td><td>0,926</td><td>1646</td></tr> <tr><td>0,926</td><td>1,971</td><td>146</td></tr> <tr><td>1,971</td><td>3,016</td><td>16</td></tr> <tr><td>3,016</td><td>4,061</td><td>9</td></tr> <tr><td>4,061</td><td>5,107</td><td>4</td></tr> <tr><td>5,107</td><td>6,152</td><td>3</td></tr> <tr><td>6,152</td><td>7,197</td><td>2</td></tr> <tr><td>7,197</td><td>8,242</td><td>1</td></tr> <tr><td>8,242</td><td>9,287</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	$Q_y$			Т/м	Т/м		-7,435	-6,39	1	-6,39	-5,345	1	-5,345	-4,3	3	-4,3	-3,255	5	-3,255	-2,209	15	-2,209	-1,164	136	-1,164	-0,119	856	-0,119	0,926	1646	0,926	1,971	146	1,971	3,016	16	3,016	4,061	9	4,061	5,107	4	5,107	6,152	3	6,152	7,197	2	7,197	8,242	1	8,242	9,287	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><math>Q_y</math></th> <th></th> </tr> <tr> <th>Т/м</th> <th>Т/м</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>-6,162</td><td>-5,229</td><td>2</td></tr> <tr><td>-5,229</td><td>-4,295</td><td>2</td></tr> <tr><td>-4,295</td><td>-3,362</td><td>3</td></tr> <tr><td>-3,362</td><td>-2,429</td><td>10</td></tr> <tr><td>-2,429</td><td>-1,496</td><td>40</td></tr> <tr><td>-1,496</td><td>-0,563</td><td>341</td></tr> <tr><td>-0,563</td><td>0,371</td><td>1832</td></tr> <tr><td>0,371</td><td>1,304</td><td>478</td></tr> <tr><td>1,304</td><td>2,237</td><td>53</td></tr> <tr><td>2,237</td><td>3,17</td><td>11</td></tr> <tr><td>3,17</td><td>4,103</td><td>8</td></tr> <tr><td>4,103</td><td>5,036</td><td>4</td></tr> <tr><td>5,036</td><td>5,97</td><td>3</td></tr> <tr><td>5,97</td><td>6,903</td><td>1</td></tr> <tr><td>6,903</td><td>7,836</td><td>1</td></tr> <tr><td>7,836</td><td>8,769</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	$Q_y$			Т/м	Т/м		-6,162	-5,229	2	-5,229	-4,295	2	-4,295	-3,362	3	-3,362	-2,429	10	-2,429	-1,496	40	-1,496	-0,563	341	-0,563	0,371	1832	0,371	1,304	478	1,304	2,237	53	2,237	3,17	11	3,17	4,103	8	4,103	5,036	4	5,036	5,97	3	5,97	6,903	1	6,903	7,836	1	7,836	8,769	1
$Q_y$																																																																																																														
Т/м	Т/м																																																																																																													
-7,435	-6,39	1																																																																																																												
-6,39	-5,345	1																																																																																																												
-5,345	-4,3	3																																																																																																												
-4,3	-3,255	5																																																																																																												
-3,255	-2,209	15																																																																																																												
-2,209	-1,164	136																																																																																																												
-1,164	-0,119	856																																																																																																												
-0,119	0,926	1646																																																																																																												
0,926	1,971	146																																																																																																												
1,971	3,016	16																																																																																																												
3,016	4,061	9																																																																																																												
4,061	5,107	4																																																																																																												
5,107	6,152	3																																																																																																												
6,152	7,197	2																																																																																																												
7,197	8,242	1																																																																																																												
8,242	9,287	1																																																																																																												
$Q_y$																																																																																																														
Т/м	Т/м																																																																																																													
-6,162	-5,229	2																																																																																																												
-5,229	-4,295	2																																																																																																												
-4,295	-3,362	3																																																																																																												
-3,362	-2,429	10																																																																																																												
-2,429	-1,496	40																																																																																																												
-1,496	-0,563	341																																																																																																												
-0,563	0,371	1832																																																																																																												
0,371	1,304	478																																																																																																												
1,304	2,237	53																																																																																																												
2,237	3,17	11																																																																																																												
3,17	4,103	8																																																																																																												
4,103	5,036	4																																																																																																												
5,036	5,97	3																																																																																																												
5,97	6,903	1																																																																																																												
6,903	7,836	1																																																																																																												
7,836	8,769	1																																																																																																												
Диапазон значений поперечной силы (Т/м)	(-7,4) - 9,2	(-6,1) - 8,7																																																																																																												

## 6. Заключение

На основе анализа полученных результатов численного эксперимента можно сделать вывод, что резинометаллические опоры являются хорошим способом сейсмоизоляции здания. Благодаря данному способу снижаются динамические характеристики и концентрации напряжений конструктивных элементов защищаемого объекта.

В ходе исследования была получена довольно качественная расчетная модель, позволяющая вести дальнейшее изучение способов гашения колебаний.

## Литература

- [1]. Каррыев, Б. Вот пришло землетрясение// Издательские решения, 2017. —880 стр.
- [2]. Потапов А.Д., Ревелис И.Л. Землетрясения. Причины и последствия//Высшая школа, 2009. — 246 с.
- [3]. Чигиринская Л.С. Сейсмостойкость зданий и сооружений. Учебное пособие// Ангарская государственная техническая академия, 2009. — 107 с.
- [4]. Морозова Е.В. Обеспечение сейсмостойкости надстраиваемых зданий// Сборник научных статей Украинского института металлических конструкций им. В.М. Шимановского—2012. —№ 10—с. 220-228.
- [5]. Ковалева Н.В., Рутман Ю.Л., Давыдова Г.В., Определение оптимальных параметров демпфирования в системах сейсмоизоляции//Инженерно строительный журнал—2013. —№5— с.107-148.
- [6]. Мосина Н., Веревкин Д., Чубаков М., Опыт применения программного комплекса SCAD Office для анализа системы сейсмозащиты здания Республиканского национального театра драмы в Горно-Алтайске//CADmasters—2007. — специальный выпуск. —с. 145-151
- [7]. Егупов В.К., Командрина Т.А. Расчет зданий на сейсмические воздействия// Издательство «Будівельник», 1969. —207 с.
- [8]. Васильчиков В.В. Оценка сейсмостойкости и сейсмоустойчивости зданий с учетом пространственных колебаний конструкции и податливости основания: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.17/ Васильчиков, Валентин Владимирович— М., 2001. — 156 с.
- [9]. Айзенберг Я.М. Сейсмоизоляция высоких зданий// Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2007, №4.
- [10]. Бубис А.А., Юн А.Я., Петряшев С.О., Петряшев Н.О., Приближенные методики расчета зданий с системой сейсмоизоляции на сейсмические воздействия// «Расчет и проектирование конструкций в среде SCAD Office 21», г.Москва, 2014. —29 с.
- [11]. Андреев В.И., Джинчвелашвили Г.А., Колесников А.В., Расчет зданий и сооружений на сейсмические воздействия с учетом нелинейных эффектов// Технологии—2012. —№ 7— с.33-35.
- [12]. Поляков В.С., Килимник Л.Ш., Черкашин А.В., Современные методы сейсмозащиты зданий. М.: Стройиздат, 1989. 320 с.
- [13]. Саргасян А.Е., Джинчвелашвили Г.А. Оценка сейсмостойкости и сейсмоустойчивости сооружений с сейсмоизолирующими опорами. // Транспортное строительство. — 1998, № 11, с. 19-23.
- [14]. Кулдай Д.А., Оценка сейсмического воздействия на здание с сейсмоизоляцией// Строительство и техногенная безопасность. —2016, №3(55), с.24-27.
- [15]. Егармин К.А. Анализ работы рамных узлов одноэтажного стального каркаса в условиях высокой сейсмичности с использованием ПК «SCAD»

## References

- [1]. Karryyev, B. Vot prishlo zemletryaseniye// Izdatelstkiye resheniya, 2017. —880 str.
- [2]. Potapov A.D., Revelis I.L. Zemletryaseniya. Prichiny i posledstviya//Vysshaya shkola, 2009. — 246 s.
- [3]. Chigirinskaya L.S. Seysmostoykost zdaniy i sooruzheniy. Uchebnoye posobiye// Angarskaya gosudarstvennaya tekhnicheskaya akademiya, 2009. —107 s.
- [4]. Morozova Ye.V. Obespecheniye seysmostoykosti nadstraivayemykh zdaniy// Sbornik nauchnykh statey Ukrainskogo instituta metallicheskih konstruktsiy im. V.M. Shimanovskogo—2012. —№ 10—с. 220-228.
- [5]. Kovaleva N.V., Rutman Yu.L., Davydova G.V., Opredeleniye optimalnykh parametrov dempfirovaniya v sistemakh seysmoizolyatsii//Inzhenerno stroitelnyy zhurnal—2013. —№5— с.107-148.
- [6]. Mosina N., Verevkin D., Chubakov M., Opyt primeneniya programmnoy kompleksa SCAD Office dlya analiza sistemy seysmozashchity zdaniya Respublikanskogo natsionalnogo teatra dramy v Gorno-Altayske//CADmasters—2007. — spetsialnyy vypusk. —s. 145-151
- [7]. Yegupov V.K., Komandrina T.A. Raschet zdaniy na seysmicheskiye vozdeystviya// Izdatelstvo «Budivel'nik», 1969. —207 s.
- [8]. Vasilchikov V.V. Otsenka seysmostoykosti i seysmoustoychivosti zdaniy s uchetom prostranstvennykh kolebaniy konstruktsii i podatlivosti osnovaniya: dis. ... kand. tekh. nauk: 05.23.17/ Vasilchikov, Valentin Vladimirovich— М., 2001. — 156 s.
- [9]. Ayzenberg Ya.M. Seysmoizolyatsiya vysokikh zdaniy// Seysmostoykoye stroitelstvo. Bezopasnost sooruzheniy. 2007, №4.
- [10]. Bubis A.A., Yun A.Ya., Petryashev S.O., Petryashev N.O., Priblizhennyye metodiki rascheta zdaniy s sistemoy seysmoizolyatsii na seysmicheskiye vozdeystviya// «Расчет и проектирование конструкций в среде SCAD Office 21», г.Москва, 2014. —29 s.
- [11]. Andreyev V.I., Dzhinchvelashvili G.A., Kolesnikov A.V., Raschet zdaniy i sooruzheniy na seysmicheskiye vozdeystviya s uchetom nelineynykh effektivov// Tekhnologii—2012. —№ 7— с.33-35.
- [12]. Polyakov V.S., Kilimnik L.Sh., Cherkashin A.V., Sovremennyye metody seysmozashchity zdaniy. M.: Stroyizdat, 1989. 320 s.
- [13]. Sargasyan A.Ye., Dzhinchvelashvili G.A. Otsenka seysmostoykosti i seysmoustoychivosti sooruzheniy s seysmoizoliruyushchimi oporami. // Transportnoye stroitelstvo. — 1998, № 11, s. 19-23.
- [14]. Kulday D.A., Otsenka seysmicheskogo vozdeystviya na zdaniye s seysmoizolyatsiyey// Stroitelstvo i tekhnogennaya bezopasnost. —2016, №3(55), s.24-27.
- [15]. Yegarmin K.A. Analiz raboty ramnykh uzlov odnoetazhnogo stalnogo karkasa v usloviyakh vysokoy seysmiki s ispolzovaniyem PK «SCAD»



- / К.А. Егармин, Г.Ю. Сысоев, Н.И. Ватин, М.В. Врублевская // Строительство уникальных зданий и сооружений. –2015. –№ 2. – С. 34-44
- [16]. Бакаева Л.Н. Защита зданий и сооружений от сейсмического воздействия//Л.Н. Бакаева, К.А. Егармин/Синергия наук.–2017.– №7. –с. 225-233
- [17]. Арутюнян, А.Р. Современные методы сейсмоизоляции зданий и сооружений / А.Р. Арутюнян // Инженерно-строительный журнал. – 2010. –№ 3. – С. 56-60
- [18]. Смирнов В.И., Никитина Е.А. Демпфирование как элемент сейсмозащиты зданий// Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2007, №4.
- [19]. Бабаларян А.О., Польшчиков Р.А., Усольцева О.А., Инновационные методы сейсмозащиты зданий// Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран в XXI веке. –2017. –№2–с. 132-137.
- [20]. Руми Д.Ф., Усаров М., Аюбов Г.Т., Эластомерные опоры как средство активной сейсмозащиты зданий// Тверской государственный технический университет (Тверь). – 2015 г., статья в сборнике трудов конференции, с.231-235.
- [21]. СП 14.13330.2014, Строительство в сейсмических районах. Свод правил –2014-06-01 , Издательство стандартов– 131 с.
- [22]. СП 20.13330.2016, Нагрузки и воздействия. Свод правил–2017-06-04.М.:Изд-во стандартов, 2017. – 104 с.
- [23]. Рыбаков В.А., Гамаюнова О.С. Напряженно-деформированное состояние элементов каркасных сооружений из тонкостенных стержней // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 7(12). С. 79-123.
- [24]. Ватин Н. И., Рыбаков В. А. Расчет металлоконструкций: седьмая степень свободы // Стройпрофиль. 2007. № 2. С. 60.
- [25]. Лалин В.В., Рыбаков В.А., Морозов С.А., Исследование конечных элементов для расчета тонкостенных стержневых систем // Инженерно-строительный журнал . 2012. № 1 (27). С. 53-73.
- [26]. Рыбаков В.А. Применение полусдвиговой теории В.И. Сливкера для анализа напряженно-деформированного состояния систем тонкостенных стержней / Дисс. канд. техн. наук : 01.02.04. Санкт-Петербург, 2012. 184 с.
- [27]. Lalin V., Rybakov V., Sergey A., The finite elements for design of frame of thin-walled beams//Applied Mechanics and Materials. 2014. Т. 578-579. С. 858-863
- [19]. Babalaryan A.O., Polshchikov R.A., Usoltseva O.A., Innovatsionnyye metody seysmozashchity zdaniy// Nauchno-tekhnicheskoye i ekonomicheskoye sotrudnichestvo stran v XXI veke. –2017. –№2–s. 132-137.
- [20]. Rumi D.F, Usarov M., Ayubov G.T., Elastomernyye opory kak sredstvo aktivnoy seysmozashchity zdaniy// Tverskoy gosudarstvennyy tekhnicheskyy universitet (Tver). – 2015 g., statya v sbornike trudov konferentsii, s.231-235.
- [21]. SP 14.13330.2014, Stroitelstvo v seysmicheskikh rayonakh. Svod pravil –2014-06-01 , Izdatelstvo standartov– 131 s.
- [22]. SP 20.13330.2016, Nagruzki i vozdeystviya. Svod pravil–2017-06-04.M.:Izd-vo standartov, 2017. – 104 s.
- [23]. Rybakov V.A., Gamayunova O.S. Napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye elementov karkasnykh sooruzheniy iz tonkostennykh sterzhney // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2013. № 7(12). S. 79-123.
- [24]. Vatin N. I., Rybakov V. A. Raschet metallokonstruktsiy: sedmaya stepen svobody // Stroyprofil. 2007. № 2. S. 60.
- [25]. Lalin V.V., Rybakov V.A., Morozov S.A., Issledovaniye konechnykh elementov dlya rascheta tonkostennykh sterzhnevyykh sistem // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal . 2012. № 1 (27). S. 53-73.
- [26]. Rybakov V.A. Primneniye polusdvigovoy teorii V.I. Slivkera dlya analiza napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya sistem tonkostennykh sterzhney / Diss. kand. tekhn. nauk : 01.02.04. Sankt-Peterburg, 2012. 184 s.
- [27]. Lalin V., Rybakov V., Sergey A., The finite elements for design of frame of thin-walled beams//Applied Mechanics and Materials. 2014. Т. 578-579. С. 858-863

**Бакаева, Л. Н., Егармин, К. А., Галиханова, Э. А.** Ошибка! Неизвестное имя свойства документа. **Влияние применения резино-металлических сейсмоопор на изменение динамических и статических характеристик многоэтажного здания. // Alfabuild. 2019. № 5 (12). С. 15-26.**

**Bakaeva, Liubov, Egarmin, Konstantin, Galikhanova, Elina.** Ошибка! Неизвестное имя свойства документа. **Effect of using rubber-metal seismic bearings on the dynamic and static characteristics of a multi-storey building.. Alfabuild. 2019. 5 (12). Pp. 15-26. (rus)**

# Effect of using rubber-metal seismic bearings on the dynamic and static characteristics of a multi-storey building.

Liubov Bakaeva<sup>1</sup>, Konstantin Egarmin<sup>2</sup>, Elina Galikhanova<sup>3</sup>.

<sup>1-3</sup> Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

review article

## Abstract

*Seismic danger is a significant factor in the choice of residence and has a great impact on the economic side of construction. The task of modern engineers is to search for optimal safe seismic construction decisions, even for seismically dangerous regions of the country. Dynamic characteristics obtained from 2 calculation models are investigated in the article: with seismic isolation and without seismic isolation. As an active seismic isolation rubber-metal supports are chosen as one of the most promising and modern methods. In the calculations, a seismic load is assigned for the area with seismicity of 9 points and for category II of soils. Calculations are made on a finite-element scheme, modeled in SCAD Office programs. The model is a section of a residential building located in Sochi. The characteristics of both computational models are compared: acceleration, displacement of the CE, torque, longitudinal forces. A comparative analysis is given and a conclusion is drawn about the effectiveness of using seismic insulating rubber mounts.*

Keywords:

construction, seismic protection, rubber-metal supports, energy intensity, shock absorbers, anti-seismic device, polyurethanes

---

<sup>1</sup> Corresponding author

1. +79052765134, lubashka150994@mail.ru (Bakaeva Liubov, undergraduate)  
2. +7(961)8031520, kon.egarmin@mail.ru (Egarmin Konstantin, senior lecturer)  
3. +79050044199, elinlvs.g@gmail.com (Galikhanova Elina, undergraduate)