

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 699.841

Абакаров А.Д., Зайнулабидова Х.Р.

ОЦЕНКА ОБЛАСТЕЙ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ СО СКОЛЬЗЯЩИМ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМ ПОЯСОМ

Abakarov A.D., Zajnulabidova H.R.

THE ASSESSMENT OF AREAS FOR THE RATIONAL USE OF SEISMIC ISOLATION SYSTEM FOR BUILDINGS WITH FUNDAMENTAL SLIDING BELT

Аннотация. Целью исследования является оценка сейсмической реакции зданий при их разной этажности и жёсткости, а также при разных параметрах системы сейсмоизоляции и сейсмического воздействия для определения областей рационального применения данных систем сейсмоизоляции. Установлено, что в технологии скользящего пояса основным составляющим является устройство системы скольжения, включающее компонент минимизации трения и компонент ограничения больших горизонтальных перемещений.

Проведены исследования эффективности применения сейсмоизолирующего скользящего пояса в зданиях разной этажности. Оценены рациональные параметры скользящих опор из условия максимума надёжности рассматриваемых систем в широком диапазоне изменения преобладающего периода сейсмического воздействия. Обосновано, что существенное влияние на эффективность использования сейсмоизолирующего скользящего пояса оказывает этажность, конструктивная схема здания, а именно допустимые перекосы этажей.

Ключевые слова: сейсмозащита, скользящий пояс, перекосы этажей, вероятность не превышения, сейсмические нагрузки

Abstract. The aim of the study is to assess the seismic response of buildings when they are of a different height and stiffness, as well as at different parameters of the system of seismic isolation and seismic forces to determine the efficient application of these systems. It is established that in the technology of the moving belt are main-conductive device is a slip system, including a component of the minimization of friction and the component of the constraints of large horizontal displacements. Computational model of the building with fundamental sliding belt is presented in the form of a cantilever beam with lumped masses. Conducted research of efficiency of application of seismic isolation the moving belt in the buildings of a different height. The rational valued parameters of sliding bearings from the condition of maximum

reliability of the systems under consideration in a wide range of variation of the predominant period of seismic excitation. It is proved that significant influence on the effectiveness of seismic isolation the sliding belt has a number of floors, design concept building, namely the permissible distortions of the floors.

Key words: seismic protection, sliding belt, distorted floors, not exceeding probability, seismic loads.

Введение. В настоящее время в большинстве случаев сейсмостойкость зданий и сооружений обеспечивается путём увеличения прочностных характеристик конструкций и связей между ними. Практика показала, что такой подход к проектированию вызывает определённые проблемы, связанные с тем, что увеличение сейсмостойкости посредством увеличения размеров сечения конструкций ведёт к увеличению материалоемкости конструкций, их жесткости и веса. Существуют способы, позволяющие избежать эти недостатки, например, использование податливых опор-фундаментов, снижающих горизонтальные связи здания с основанием [1]. Основное преимущество таких опор - снижение сейсмических нагрузок на здания и сооружения, поэтому эти системы называются системами активной сейсмозащиты и сейсмоизоляции.

Одним из вариантов эффективной сейсмоизоляции является использование сейсмоизолирующего скользящего пояса [2]. В технологии скользящего пояса основным составляющим является устройство системы скольжения, включающее компонент минимизации трения и компонент ограничения больших горизонтальных перемещений. Для скользящих элементов необходим не только низкий коэффициент трения, обеспечивающий эффект сейсмоизоляции, но и высокая несущая способность для восприятия вертикальной нагрузки. Ограничители горизонтальных перемещений не воспринимают вертикальные нагрузки, а только ограничивают перемещения, вызываемые горизонтальными сдвигающими нагрузками. Существенное влияние на эффективность использования сейсмоизолирующего скользящего пояса оказывает этажность и высота зданий.

Постановка задачи. Целью данной работы является оценка сейсмической реакции зданий при их разной этажности и жёсткости, а также при разных параметрах системы сейсмоизоляции и сейсмического воздействия для определения областей рационального применения данных систем сейсмоизоляции.

Методы исследования. Рассматриваемый сейсмоизолирующий пояс выполняется в виде ряда опор, расположенных между фундаментом здания и надземными конструкциями в местах пересечения стен, с шагом не более 3м [3]. Каждая опора имеет две пластины из нержавеющей стали и фторопласта. Для ограничения перемещений в фундаментном поясе предусмотрены упругие и жёсткие ограничители горизонтальных перемещений с зазорами Δ_1 и Δ_2 , соответственно. Опорный узел конструкции скользящего пояса показан на рис. 1.

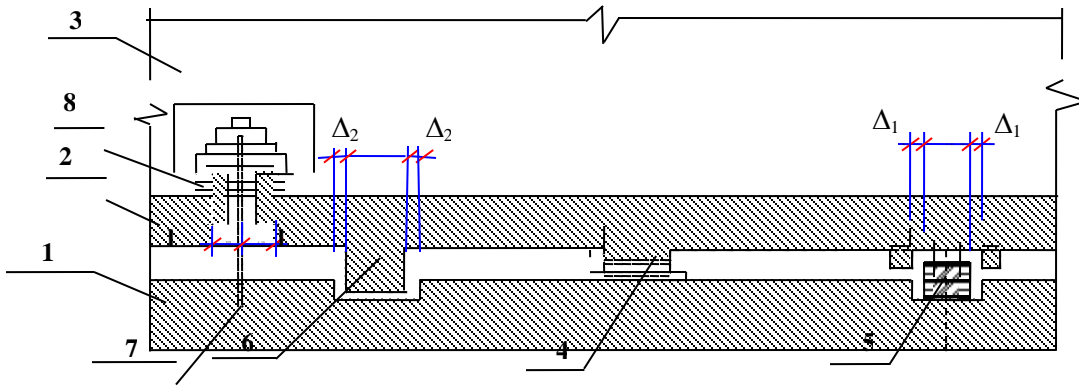


Рисунок 1. - Схема элементов сейсмоизолирующего скользящего пояса

- 1 - верхняя обвязка фундаментов (стен подвала или технического подполья);
- 2 - ростверк;
- 3 - надземные конструкции здания;
- 4 - скользящая опора;
- 5 - упругий ограничитель горизонтальных перемещений (демпфер);
- 6 - жесткий ограничитель горизонтальных перемещений (упор);
- 7 - ограничитель вертикальных перемещений (вертикальная связь);
- 8 - вертикальный амортизатор.

Расчётная модель здания со скользящим фундаментным поясом, представленная в виде консольного стержня с сосредоточенными массами, приведена на рис.2.

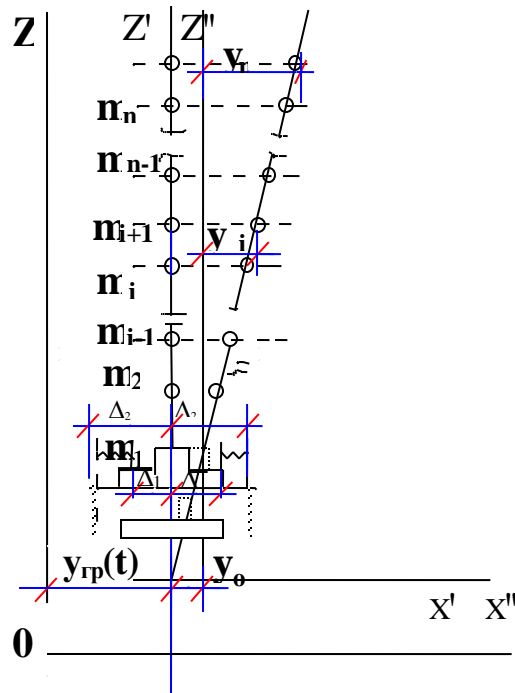


Рисунок 2. - Расчётная модель здания с сейсмоизолирующим скользящим поясом

Система дифференциальных уравнений скольжения здания в горизонтальной плоскости при сейсмическом воздействии записывается в виде:

$$m_0 \ddot{Y}_0 + \beta_0 \dot{Y}_0 + F_{\text{тр}} \text{Sign} \dot{Y}_0 + \beta_1 (\dot{Y}_0 - \dot{Y}_1) - R_1 (Y_1 - Y_0) = -m_0 \ddot{Y}_{\text{гр}}$$

$$m_i \ddot{Y}_i + \beta_i (\dot{Y}_i - \dot{Y}_{i-1}) + R_i (Y_i - Y_{i-1}) + \beta_{i+1} (\dot{Y}_i - \dot{Y}_{i+1}) - R_{i+1} (Y_{i+1} - Y_i) = -m_i (\ddot{Y}_{\text{гр}} + \ddot{Y}_0) \quad (1)$$

$$m_n \ddot{Y}_n + \beta_n (\dot{Y}_n - \dot{Y}_{n-1}) + R_n (Y_n - Y_{n-1}) = -m_n (\ddot{Y}_{\text{гр}} + \ddot{Y}_0),$$

$$i=1 \div n-1 \quad Z$$

где Y_i – горизонтальное перемещение i -той массы; \dot{Y}_i – скорость i -той массы;

\ddot{Y}_i – ускорение i -той массы; m_i – величина сосредоточенной массы;

β_i – коэффициент внутреннего вязкого трения; R_i – жёсткость i -го этажа;

$\ddot{Y}_{\text{гр}}$ – ускорения колебания грунтов, представленные в виде нестационарного случайного процесса во времени.

$Y_0, \dot{Y}_0, \ddot{Y}_0, \beta_0, m_0$ – то же на уровне верха фундамента;

$\text{Sign} \dot{Y}_0$ – единичная функция; $F_{\text{тр}}$ – сила трения

Основными управляемыми параметрами системы сейсмоизоляции со скользящим фундаментным поясом являются: коэффициент трения-скольжения пластин, который зависит от их материала; величины жёсткостей упругого и жёсткого ограничителей перемещений; задаваемые величины зазоров упругого и жёсткого ограничителей перемещений, которые по техническим требованиям не могут быть больше определённых значений.

В настоящей работе расчёт сейсмической реакции (перемещений, перекосов этажей, инерционных сил, горизонтальных сдвигающих сил) зданий жёсткой и гибкой конструктивных систем с этажностью 5, 9 и 12 произведена интегрированием на ЭВМ системы дифференциальных уравнений (1) методом Рунге-Кутты 4-го порядка.

При этом сейсмическое воздействие моделируется на ЭВМ в виде нестационарного случайного процесса с косинус плюс синус корреляционной функцией исходного стационарного случайного процесса [4].

Продолжительность сейсмического воздействия принимается равной, 20 сек, а интенсивность – 7, 8 и 9 баллам.

В настоящей работе рассмотрен вариант системы сейсмоизоляции без упругих ограничителей перемещений, а расстояние Δ_2 считается предельно допустимым.

На первом этапе оценивалась эффективность рассматриваемой системы сейсмоизоляции при разных параметрах зданий, скользящих опор и сейсмического воздействия путём сравнения с сейсмической реакцией зданий без сейсмоизоляции.

Результаты исследований по оценке сейсмических поперечных сдвигающих сил приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1.- Максимальные горизонтальные сейсмические сдвигающие силы в 5-ти этажном здании жёсткой конструктивной схемы

N п/п	Ускорение колебания грунта $\ddot{Y}_{гр}$, см/с ²	T_j сек	Сдвигающие силы Q_0 в кН, в нулевом уровне в зависимости от коэффициента трения-скольжения пластин				Сдвигающие силы Q_5 в кН, в уровне верха в зависимости от коэффициента трения-скольжения пластин				Сдвигающие силы в здании без сейсмоизоляции, кН	
			$f_{тр}=0,12$	$f_{тр}=0,15$	$f_{тр}=0,20$	$f_{тр}=0,25$	$f_{тр}=0,12$	$f_{тр}=0,15$	$f_{тр}=0,20$	$f_{тр}=0,25$	Q_1	Q_5
1	100	0,1	961,80	1101,94	1462,36	1837,54	25,23	27,36	30,82	7,85	6757,9	1841
2		0,3	937,33	1107,85	1442,32	1820,12	60,69	59,41	78,77	47,85	6851,15	1786,66
3		0,5	888,15	1084,84	1455,44	1821,59	51,83	63,51	68,34	63,33	4226,7	1069,5
4		0,7	881,40	1087,18	1455,59	1826,97	79,90	72,60	83,53	87,77	3585,6	885,7
5		0,9	867,14	1071,48	1456,00	1828,22	62,89	79,82	51,65	114,47	3052,0	732,3

Таблица 2.- Максимальные горизонтальные сейсмические сдвигающие силы, в уровнях масс m_0 и m_9 девятиэтажного здания

№ п/п	Ускорение колебания грунта $\ddot{Y}_{гр}$ см/с ²	T_j сек	Параметры скользющего пояса	Сдвигающие силы Q , кН в зданиях с жёсткой конструктивной схемой в уровнях:		Сдвигающие силы Q , кН в зданиях с гибкой конструктивной схемой в уровнях:		Сдвигающие силы Q в здании без сейсмоизоляции с жёсткой конструктивной схемой в уровнях:	
				масса m_0	массы m_9	массы m_0	массы m_9	массы m_0	массы m_9
1	400	0,1	$f_{тр}=0,12$, [y_0]=12 см	5271,71	1128,05	5133,96	1507,89	24685,78	4635,79
2		0,2		7363,25	1206,44	7665,37	1144,32	38790,63	8900,92
3		0,3		8651,44	1433,18	12281,43	1230,37	45322,93	10392,83
4		0,4		16819,16	2230,64	16372,28	1773,45	50537,17	8889,4

Анализ результатов расчёта показывает, что сейсмоизоляция 5-ти этажного здания скользящим фундаментным поясом приводит к снижению максимальных сейсмических сдвигающих сил в диапазоне преобладающих периодов сейсмических колебаний грунтов от 0,1 до 0,9 сек в 3-5 раз, при $f_{тр}$ находящемся в интервале от 0,12 до 2,5.

Такая же картина наблюдается и для 9-ти этажных зданий как жёсткой, так и гибкой конструктивной схемы при интервале преобладающих периодов сейсмических колебаний грунтов от 0,1 до 0,4 сек при $f_{тр}=0,12$.

При увеличении значений T_j и $f_{тр}$ эффект сейсмоизоляции снижается.

На втором этапе методом статистических испытаний оценивалась надёжность (вероятность безотказности) рассматриваемых зданий при разных параметрах системы сейсмоизоляции и сейсмического воздействия.

Вероятностные характеристики безотказности зданий со скользящим фундаментным поясом определялись по следующим выражениям:

вероятности P_0 не превышения предельного перемещения $[y_0]$ в уровне массы m_0

$$P_0 = 1 - \frac{N_0^*}{N}, \quad (2)$$

где N_0^* - число испытаний, при которых перемещение нулевого уровня y_0 больше допустимого $[y_0]$, N – общее количество испытаний;

вероятности P_i не превышения перекосов этажей в уровне i – той массы:

$$P_i = 1 - \frac{N_i^*}{N}, \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Здесь, N_i^* -число испытаний, при которых для i -го этажа выполняется условие

$$\theta_i = \frac{y_i - y_{i-1}}{H_i} > [\theta], \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

где $[\theta]$ – допустимый уровень перекоса этажа, θ_i – расчётный уровень перекоса i -го этажа,

y_i и y_{i-1} - горизонтальные перемещения i -той и $i-1$ массы, H_i –высота i – го этажа.

Надёжность надфундаментной части здания оценивалась в виде:

$$P_t = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (5)$$

где P_i определяется по формуле (2).

Надёжность здания в целом определяем по формуле:

$$P = P_0 \cdot P_t. \quad (6)$$

Число испытаний в расчётах принято равным $N=100$. Графики вероятностей P_0 не превышения допустимого перемещения при меняющемся преобладающем периоде колебаний грунта приведены на рис. 3.

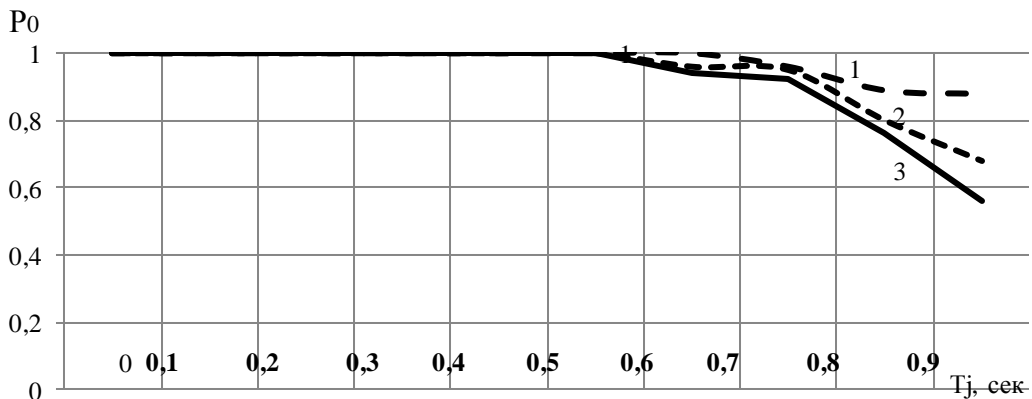


Рисунок 3. - Графики вероятностей P_0

На рисунке 3 представлены графики вероятностей P_0 не превышения допустимого перемещения $[y_0]=12$ см в уровне верха фундаментов в зданиях разной этажности с жёсткой конструктивной схемой и со скользящим фундаментным поясом с коэффициентом $f_{тр}=0,12$, при сейсмическом воздействии с параметрами $\ddot{Y}_{гр}=200$ см/с², $T_j=0,1\div 0,9$ сек: 1 - для 5 - ти этажного здания, 2 – для 9-ти этажного здания, 3 – для 12 - этажного здания.

Вероятности безотказности P_t и P_0 для многоэтажных зданий с жёсткой конструктивной схемой и с сейсмоизолирующим скользящим поясом приведены в таблице 3.

Таблица 3- Вероятность безотказной работы систем

Максимальное ускорение $\ddot{Y}_{гр}$ см/с ²	Коэф трения- скольжения μ	[θ]	[y_0], см	число этажей n	Вероятности не превышения P_t, P_0 при различных значениях преобладающего периода колебаний грунта T_j											
					0,1 сек		0,3 сек		0,4 сек		0,6 сек		0,7 сек		0,9 сек	
					P_t	P_0	P_t	P_0	P_t	P_0	P_t	P_0	P_t	P_0	P_t	P_0
200	0,12	0,001	12	5	1	1	1	1	1	1	1	0,92	1	0,9	1	0,88
				9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,96	1	0,68
				12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,92		0,56
				17	1	1	1	0,4	1	0,3	1	0,25	1	0,2	1	0,1
	0,12	0,001	20	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
				9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,95	1	0,92
				12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,96	1	0,92
				17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0,15	0,001	12	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
				9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,96
				12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,84
				17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0,20	0,001	12	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
				9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
				12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,84
				17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
400	0,12	0,001	12	5	1	1	1	1	1	1	0,88	1	0,80	1	0,72	
				9	1	1	1	1	1	0,88	1	0,72	1	0,68	1	0,48
				12	1	1	1	1	1	0,86	1	0,78	1	0,83	1	0,58
	0,20	0,001	20	5	1	1	1	1	1	1	0,83	1	0,76	0,8	0,48	
				9	1	1	1	1	1	0,96	0,98	0,90	0,85	0,76	0,79	0,32
		12		1	1	1	1	1	1	1	0,70	1	0,52	0,55	0,2	
		0,006		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
				9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			

Исследования показали, что существенное влияние на эффективность использования сейсмоизолирующего скользящего пояса оказывает не только этажность, но и конструктивная схема здания, а именно допустимые перекосы этажей.

В зданиях с жёсткой конструктивной схемой этот показатель принят равным 0,001, а с гибкой - 0,006. Чем больше эти показатели, тем выше надёжность зданий.

Вывод. Результаты проведенного исследования позволяют сформулировать следующие положения.

Сейсмоизоляция жёстких зданий скользящим фундаментным поясом рациональна в следующих случаях:

- на территориях с преобладающими периодами сейсмических колебаний грунта в диапазоне $T_j=0,1\div 0,9$ сек и расчётной сейсмичностью 7 баллов, что соответствует ускорениям колебаний грунтов 100 см/с^2 при строительстве зданий до 12 этажей включительно с параметрами скользящего пояса $f_{\text{тр}}=0,12$, $\Delta_2=12 \text{ см}$.
- при расчётной сейсмичности 8 баллов (200 см/с^2) и преобладающих периодах колебаний грунта в диапазоне $T_j=0,1\div 0,9$ сек для зданий высотой до 9 этажей включительно с параметрами скользящего пояса $f_{\text{тр}}=0,12$, $[y_0]=12 \text{ см}$
- при расчётной сейсмичности 9 баллов (400 см/с^2) и преобладающих периодах колебаний грунта в диапазоне $T_j=0,1\div 0,4$ сек для зданий высотой до 5 этажей включительно с параметрами скользящего пояса $f_{\text{тр}}=0,12$, $[y_0]=12 \text{ см}$

Сейсмоизоляция скользящим фундаментным поясом для зданий с гибкой конструктивной схемой рациональна в следующих случаях:

- при расчётной сейсмичностью 7 баллов (100 см/с^2) и преобладающих периодах колебаний грунта в диапазоне $T_j=0,1\div 0,9$ сек для зданий высотой до 25 этажей с параметрами скользящего пояса $f_{\text{тр}}=0,12$, $[y_0]=12 \text{ см}$. При большей этажности (до 25 этажей) на территориях с $T_j=0,1\div 0,4$ сек;
- при расчётной сейсмичности 8 баллов (200 см/с^2) и преобладающих периодах колебаний грунта в диапазоне $T_j=0,1\div 0,9$ сек для зданий высотой до 18 этажей с параметрами скользящего пояса $f_{\text{тр}}=0,12$, $[y_0]=12 \text{ см}$
- при расчётной сейсмичности 9 баллов (400 см/с^2) и преобладающих периодах колебаний грунта в диапазоне $T_j=0,1\div 0,9$ сек для зданий высотой до 10 этажей с параметрами скользящего пояса $f_{\text{тр}}=0,20$, $[y_0]=20 \text{ см}$, при большей этажности (25 этажей) здания можно строить на территориях с прогнозируемыми высокочастотными воздействиями ($T_j=0,1\div 0,4$ сек).

Библиографический список:

1. Казина Г.А., Килимник Л.Ш. Современные методы сейсмозащиты зданий и сооружений. Обзор. М.: ВНИИИС, 1987. – 65 с.
2. Поляков В.С., Килимник, Л.Ш., Черкашин А.В. Современные методы сейсмозащиты зданий / В.С. - М.: Стройиздат, 1989.- 320 с.
3. Плевков В.С., Мальганов А.И., Балдин И.В. Железобетонные и каменные конструкции сейсмостойких зданий и сооружений: - М.: АСВ, 2010. – 290 с.
4. Абакаров А.Д., Зайнулабидова Х.Р., Курбанов И.Б. Синтезированные акселерограммы для г. Махачкалы //Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. - 2010. - №56. - С. 245-250.

References:

1. G.A Casinos, L.S Kilimnik Modern methods of seismic built- and structures. Overview. М.: VNIIS, 1987. - 65 p.
2. V.S. Polyakov, L.S Kilimnik, Cherkashin AV Modern methods of seismic protection of buildings / VS - М.: Stroyizdat, 1989.- 320 p.
3. V.S. Spitting, A.I. Malganov, I.V. Baldin, Reinforced concrete and stone structures earthquake-resistant buildings and structures: - М.: ASV, 2010. - 290 p.
A.D. Abakarov, H.R. Zaynulabidova, I.B. Kurbanov Synthesized aksellero-grammy to Makhachkala // Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences. - 2010. - №56. - pp. 245-250.

УДК 721.747.575

Байрамова Д.М.

ХУДОЖЕСТВЕННО-ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТЬ ВНУТРЕННЕГО ПРОСТРАНСТВА В АРХИТЕКТУРЕ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Bayramova D.M.

ARTISTIC-AESTHETIC EXPRESSIVENESS OF INTERNAL SPACE IN THE ARCHITECTURE OF CENTRAL ASIA

Аннотация. Обосновано, что одной из основных задач архитекторов при проектировании туристических комплексов вблизи историко-культурных заповедников является соблюдение композиционных принципов и художественно-эстетической выразительности пространства с целью воспроизведения атмосферы прошлого. Целью исследования является поиск новых форм интерпретации древних культур в современных интерьерах, учитывая нарастающую тенденцию обращения к традиционному стилю в архитектуре и дизайне. Выявлены особенности композиции и художественной выразительности интерьеров в архитектуре Средней Азии. Определены их основные отличительные черты и художественно-эстетическая функция. Установлено, что объемно-пространственная структура здания определяет композицию внутреннего пространства, а также взаимосвязь между внешней и внутренней структурой здания с пространством интерьеров и окружающей средой. Рассмотрены примеры архитектуры объектов туристического обслуживания в историче-