

Для цитирования: Абакаров А.Д., Гасанов Р.Г. Оценка надежности и живучести систем с учетом взаимосвязи элементов при сейсмическом воздействии. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019; 46 (2): 118-125. DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-2-118-125

For citation: Abakarov A. J., Gasanov R. G. Assessment of reliability and vitality of systems taking into account the interrelation of elements with seismic exposure. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2019; 46 (2): 118-125. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-2-118-125

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 699.841

DOI: 10.21822/2073-6185-2019-46-2-118-125

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ И ЖИВУЧЕСТИ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Абакаров А.Д.¹, Гасанов Р.Г.²

¹⁻² Дагестанский государственный технический университет,

¹⁻² 367026, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70, Россия,

¹ e-mail: a.abakarov@bk.ru, ² e-mail: ruslan.gasanovich@mail.ru

Резюме. Цель. Целью исследования является разработка модели оценки надежности рамных систем с учетом перераспределения усилий между вертикальными конструкциями при образовании в них пластических шарниров от горизонтального сейсмического воздействия.

Метод. Метод исследования основан на анализе схем механизмов перехода рамных систем в предельные состояния, а также теории вероятностей, случайных процессов и надежности систем. **Результат.** На основе анализа путей перехода статически неопределимых рамных систем в отказовые состояния из-за образования пластических шарниров в узлах соединения стоек с ригелями разработана структурная схема соединения элементов системы, представленная в виде схемы раздельного резервирования. Представлены выражения для оценки вероятностей выключения условных элементов в расчетной модели и переходов системы, как в резервные, так и в отказовые состояния. Предложены выражения по оценке живучести рамных систем при снижении статической неопределимости в связи с образованием в конструкциях пластических шарниров. Приведен пример расчета. **Вывод.** Предлагаемая модель оценки надежности позволяет, в отличие от параметрической модели, оценить надежность сооружений с учетом перераспределения усилий в конструкциях при накоплении повреждений в стойках в виде пластических шарниров, и выявить резервы надежности, заложенные в статически неопределимых системах при сильных сейсмических воздействиях.

Ключевые слова: сейсмическое воздействие, рамные системы, статическая неопределимость, пластические шарниры, перераспределение усилий, резервные и предельные состояния, вероятности состояний, надежность систем, чувствительность систем

BUILDING AND ARCHITECTURE

ASSESSMENT OF RELIABILITY AND VITALITY OF SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT THE INTERRELATION OF ELEMENTS WITH SEISMIC EXPOSURE

*Abakar J. Abakarov*¹, *Ruslan G. Gasanov*²

¹⁻²

Daghestan State Technical University,
¹⁻²70 I. Shamil Ave., Makhachkala 367026, Russia,

¹e-mail: a.abakarov@bk.ru, ²e-mail: ruslan.gasanovich@mail.ru

Abstract. Objectives The aim of the study is to develop a model for assessing the reliability of frame systems, taking into account the redistribution of forces between vertical structures when plastic hinges are formed in them from horizontal seismic effects. **Method** The research method is based on the analysis of the schemes of mechanisms for the transition of frame systems to limit states, as well as probability theory, random processes and system reliability. **Results** Based on the analysis of the paths of transition of statically indefinable frame systems to failure states due to the formation of plastic hinges at the junction points of the posts with crossbars, a block diagram of the system elements connection has been developed, presented as a separate redundancy scheme. The expressions for estimating the probabilities of switching off the conditional elements in the computational model and transitions of the system, both to the backup and to the failure states are presented. Expressions are proposed for assessing the survivability of frame systems with a decrease in static indeterminacy due to the formation of plastic hinges in structures. The calculation example is given. **Conclusion** The proposed model for assessing reliability allows, in contrast to the parametric model, to evaluate the reliability of structures with regard to the redistribution of effort in structures with damage accumulated in racks in the form of plastic hinges, and to identify reliability reserves embedded in statically indeterminate systems under strong seismic effects.

Keywords: seismic impact, frame systems, static indeterminacy, plastic hinges, redistribution of forces, reserve and limit states, state probabilities, system reliability, system sensitivity.

Введение. В отличие от некоторых технических систем в строительных конструктивных системах повреждение или разрушение, какой либо конструкции приводит, если не к отказу, то к перераспределению действующих нагрузок (усилий) между оставшимися [1-11]. При оценке вероятности безотказности зданий и сооружений эта взаимосвязь между элементами должна быть учтена, так как позволяет получить более точные оценки безотказности статически неопределимых систем.

Постановка задачи. В настоящей работе рассматривается задача расчета надежности и живучести рамных систем при сейсмическом воздействии с учетом возможных форм повреждения или разрушения (отказа), т.е. создания механизма за счет образования пластических шарниров в стойках рамы. Анализ форм разрушения многоэтажных рамных систем является сложной задачей, так как могут быть десятки вариантов перехода в механизм в зависимости от степени их статической неопределимости [12].

Например, мы посчитали, что двухпролетная двухэтажная рама, даже при условии абсолютно жестких дисков перекрытий, только при горизонтальных узловых нагрузках имеет 34 варианта возможных состояний при 6 разных вариантах образования механизма разрушения (рис. 1). Задачу можно несколько упростить, если рассмотреть наиболее вероятные формы разрушения, например а и б на рис. 1.

Действительно, если образуются пластические шарниры в уровне верха колонн этажа, то изгибающие моменты в уровне низа этих колонн увеличиваются в связи с перераспределением усилий, что повышает вероятность образования там пластических шарниров и наоборот.

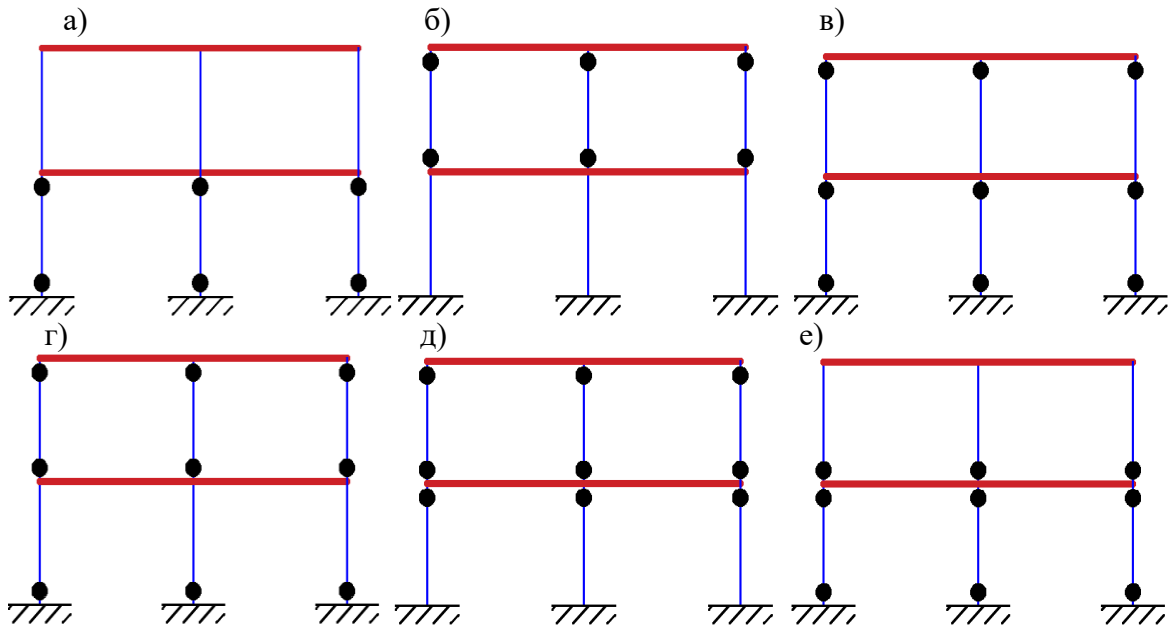


Рис. 1. Схемы механизмов перехода рамы в предельное (отказовое) состояние в результате образования пластических шарниров в узлах стоек при горизонтальных нагрузках

Fig. 1. Schemes of the frame transition to the ultimate (reject) state as a result of the formation of plastic hinges in the rack nodes under horizontal loads

На рис. 2 показана рама с n -м числом этажей, на каждом этаже по 2 сечения, образование пластических шарниров, в колоннах которых приводит к отказу системы.

Здесь если хотя бы на одном этаже в колоннах, попадающих в эти два сечения, образуются пластические шарниры, то это приводит к отказу сооружения.

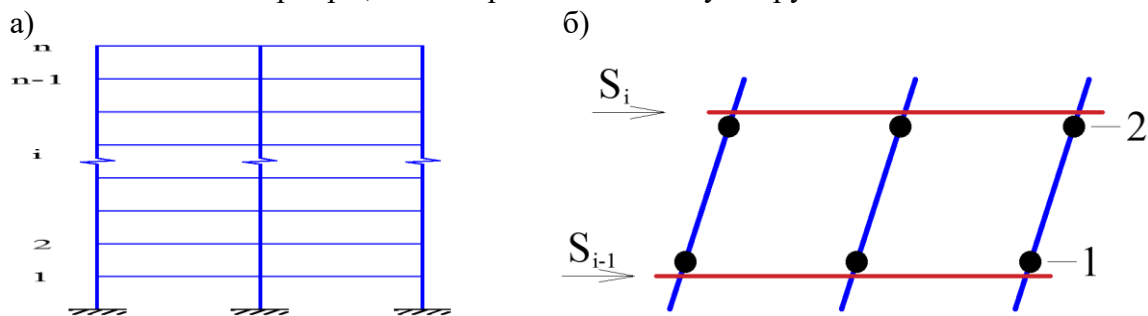


Рис. 2. Рама с n количеством этажей
 а – схема рамы; б – схема перехода i -го этажа в предельное состояние при горизонтальных нагрузках, где 1 и 2 – номера сечений.
 Fig. 2. Frame with n number of floors
 and - the frame scheme; б - scheme of transition of the i -th floor to the limit state at horizontal loads, where 1 and 2 are section numbers.

Методы исследования. Из рис. 2.б следует, что для перехода рамы в состояние отказа пластические шарниры должны быть образованы и по сечению 1 и по сечению 2. Так как перекрытия жестко охватывают колонны, усилия в колоннах по каждому сечению будут одинаковыми и поэтому можно считать, что пластические шарниры в колоннах по каждому сечению образуются одновременно.

Образование пластических шарниров или по сечению 1 или по сечению 2 не приводит к образованию механизма разрушения, что позволяет представить модель оценки надежности системы, в виде состоящей из двух параллельно соединенных элементов в каждом блоке, моделирующем этаж, как это показано на рис. 3. Исходя из того, что образование механизма разрушения хотя бы на одном этаже приводит к отказу всей системы, сами блоки в схеме соединены друг с другом последовательно.

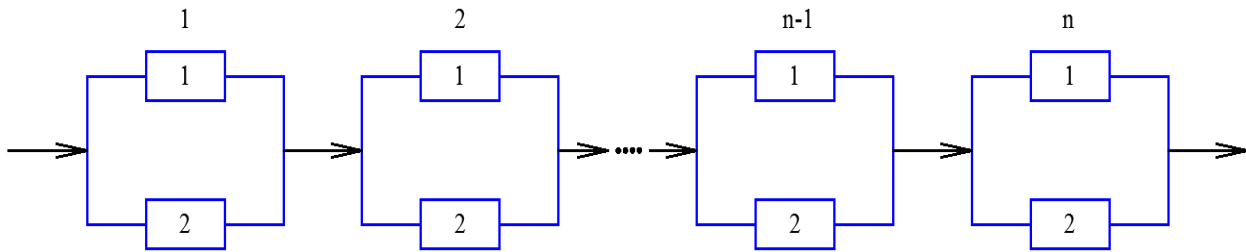


Рис. 3. Схема соединения элементов и этажей рамы
 Fig. 3. Wiring diagram of the elements and frame floors

Тогда надежность системы в целом можно оценить в виде

$$R(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (1)$$

где $P_i(t)$ – вероятность безотказности i -го этажа (блока).

Безотказная работа i -го этажа системы, т.е. i -го блока схемы раздельного резервирования, показанной на рис. 3, в течение времени t может быть результатом любого из следующих 3 несовместных событий:

а) оба элемента – 1 и 2 не отказывают в течение времени t .

Вероятность этого события:

$$P_i^a(t) = P_{i1}(t) \cdot P_{i2}(t), \quad (2)$$

где $P_{i1}(t)$ и $P_{i2}(t)$ - вероятности безотказной работы элементов в состояниях совместно-го использования в течение времени t .

б) 2 элемент не отказывает до момента t , а 1 элемент отказывает в момент $\tau < t$. Вероятность этого события:

$$P_i^b(t) = \int_0^t P_{i1}(\tau) P_{i2}(\tau) q_2(t - \tau) \lambda_1(\tau) d\tau. \quad (3)$$

здесь: $q_2(t - \tau)$ - вероятность безотказной работы 2 элемента в интервале времени $t - \tau$ в режиме одиночного использования, определенная при условии, что до момента τ этот элемент находился в режиме совместного использования;

$\lambda_1(\tau)$ – интенсивность отказа 1 элемента в момент τ при условии совместного использования.

в) 1 элемент не отказывает до момента t , а 2 элемент отказывает в момент $\tau < t$. Вероятность этого события:

$$P_i^c(t) = \int_0^t P_{i1}(\tau) P_{i2}(\tau) q_1(t - \tau) \lambda_2(\tau) d\tau, \quad (4)$$

где $q_1(t - \tau)$ и $\lambda_2(\tau)$ аналогичны величинам $q_2(t - \tau)$ и $\lambda_1(\tau)$.

Тогда вероятность безотказности i -го блока системы:

$$P_i(t) = P_i^a(t) + P_i^b(t) + P_i^c(t). \quad (5)$$

Исходя из того, что $P_i(t)$ является вероятностью неперехода i -го этажа в состояние механизма, то с учетом всех этажей вероятность отказа здания оцениваем в виде:

$$Q(t) = 1 - R(t). \quad (6)$$

Немаловажное значение для принятия решения имеет и показатели живучести зданий и сооружений при экстремальных воздействиях. Под живучестью мы понимаем безотказность системы при отказе одного, двух или нескольких элементов [6,13].

В нашем случае это значит вероятности безотказности одного из 2 условных элементов на этаже за период воздействия t , если другой элемент отказал до этого момента. Значит, вероятности $P_i^b(t)$ и $P_i^c(t)$ можно считать количественными показателями живучести системы.

Для i -го этажа этот показатель находим так:

$$P_i^*(t) = P_i^{\bar{o}}(t) \cdot P_i^e(t). \quad (7)$$

В целом для здания:

$$R^*(t) = \prod_{i=1}^n P_i^*(t). \quad (8)$$

Если $P_i^{\bar{o}}(t) = P_i^e(t)$, т.е. вероятности необразования пластических шарниров в сечениях 1 и 2 равны друг к другу в режимах совместного и одиночного использования, то

$$P_i^{\bar{o}}(t) = P_i^e(t) = \bar{P}(t). \quad (9)$$

Тогда выражения (5) и (7) можно будет записать в виде:

$$P_i(t) = P_i^a(t) + 2\bar{P}_i(t); \quad (10)$$

$$P_i^*(t) = \bar{P}_i^2(t). \quad (11)$$

Переходы вышеприведенной системы в состояния, вызываемые образованием пластических шарниров в стойках, можно описать марковским случайным процессом с непрерывным временем и дискретными состояниями [14,15], так как при стационарных случайных колебаниях процесс будет ординарным и отсутствующим последствия. То есть вероятности переходов системы в последующие состояния будут зависеть только от того, в каком состоянии система находится в данный момент времени. При этом интенсивности переходов будут постоянными во времени.

Тогда выражение для оценки вероятности безотказности системы в i -том уровне $P_i(t)$ будет иметь вид [16]:

$$P_i(t) = e^{-2\lambda_i t} + \frac{2\lambda_i}{\bar{\lambda}_i - 2\lambda_i} (e^{-2\lambda_i t} - e^{-\bar{\lambda}_i t}). \quad (12)$$

Здесь: λ_i интенсивность образования пластических шарниров, т.е. выключения 1 или 2 условного элемента в режиме совместного их использования;

$\bar{\lambda}_i$ – интенсивность выключения условного элемента в режиме, когда другой элемент уже выключен.

Вероятностную оценку живучести системы в i -том уровне находим так:

$$P_i^*(t) = e^{-2\bar{\lambda}_i t}. \quad (13)$$

Обсуждение результатов. Возможность реализации данного подхода покажем на примере простейшей системы. На рис.4 показана последовательность образования пластических шарниров в однопролетной одноэтажной раме с жестким ригелем от преобладающей горизонтальной сейсмической нагрузки.

Состояние H_0 – это начальное, H_1 – соответствует образованию пластических шарниров в уровне верха стоек (сечение 1-1), состояние H_2 – соответствует в уровне низа стоек (сечение 2-2). Состояние H_3 соответствует механизму разрушения рамы (отказу системы). Учитывая, что до перехода рамы в отказовое состояние возможны два безотказовых состояния, раму можно представить как систему с двумя параллельно соединенными элементами. Так как стойки рамы являются одинаковыми и равномерно нагруженными как в начальном, так и промежуточных состояниях, оба элемента в расчетной модели также можно принять одинаковыми. Это позволяет надежность системы оценить по выражению (12). В табл. 1 приведены количественные оценки надежности рамы, полученные при представлении её как системы с одним элементом и как системы с двумя параллельно соединенными элементами. Принято, что отказ рамы наступает при превышении расчетного уровня ускорения для системы, определенного в виде [17]:

$$[W] = Ag\beta \quad (14)$$

где g – ускорение силы тяжести, β - коэффициент динамичности, A - коэффициент сейсмичности.

Рассмотрены варианты расчета рамы на 8 и 9 баллов при первой категории грунта по сейсмическим свойствам. Сейсмическое воздействие представлено в виде «белого шума» со спектральной плотностью $S_0 = 50 \text{ см}^2/\text{рад} \cdot \text{с}^3$, что соответствует спектральной плотности акселерограммы землетрясения Эль-Центро 1940г.

Продолжительность воздействия принята равной $t=10\text{с}$. Интенсивность образования пластических шарниров в условном элементе определена в виде:

$$\lambda = \frac{\omega}{\pi} \exp\left[-[W]^2/2(\sigma_y \omega^2)^2\right], \quad (15)$$

где ω - частота собственных колебаний системы в рассматриваемом состоянии;
 σ_y - среднеквадратичная величина перемещения системы в рассматриваемом состоянии.

Дисперсия перемещения верха стоек рамы определена по формуле [18]:

$$\sigma_y^2 = \frac{\pi S_0}{2 \xi \omega^3}, \quad (16)$$

где ξ – коэффициент затухания системы.

Принятые и полученные данные для расчета надежности рамы приведены в табл. 2.

Здесь в графе НС приведены данные, полученные для рамы в начальном состоянии (рис.4 а), а в графе ПС – для рамы с шарнирами пластичности в верхних или нижних узлах (рис.4 б, в).

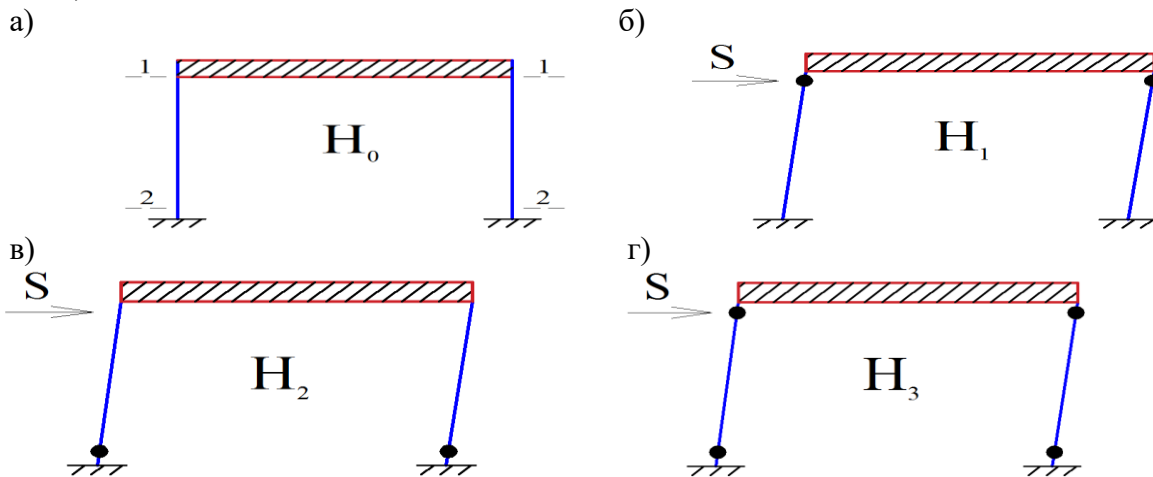


Рис. 4. Последовательность образования пластических шарниров в раме
Fig. 4. The sequence of formation of plastic hinges in the frame

Из табл. 1, 2 следует, что учет возможных промежуточных безотказовых состояний статически неопределимых рам, по вышеприведенной методике расчета, позволяет выявить существенные резервы надежности, заложенные в этих системах.

Таблица 1. Надежность рамы
Table 1. Frame reliability

Расчетная балльность рамы Estimated Frame Rating	Показатель вероятности безотказности рамы Frame Reliability Probability Index	
	при одноэлементной расчетной модели with a singleton calculation model	при двухэлементной расчетной модели with two-element calculation model
J=8 баллов points	0,3230	0,8474
J=9 баллов points	0,999958	0,999999

Таблица 2. Исходные данные для расчета надежности рамы
Table 2. Baseline data for calculating the reliability of the frame

Период собственных колебаний t , с Period of natural oscillations t , s		Коэффициент затухания, ξ Attenuation coefficient, ξ		σ_y , CM		Предельное ускорение $[W]$, cm/c^2 Acceleration limit	
нс	пс	нс	пс	нс	пс	нс	пс
0,6	1,2	0,05	0,1	1,17	2,34	J=8 баллов points	
						333	166
						J=9 баллов points	
						666	332

Вывод. Разработана модель оценки надежности рамных систем с жесткими дисками перекрытий учитывающая перераспределение усилий в стойках при образовании пластических шарниров в процессе сейсмических колебаний. Приведены выражения по оценке живучести при сейсмическом воздействии рамных систем с повреждениями в виде пластических шарниров в узлах. Установлено, что учет перераспределения усилий между элементами статически неопределимых строительных систем при повреждениях отдельных из них позволяет выявить дополнительные резервы их надежности.

Библиографический список:

1. Ржаницын, А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность/ А.Р. Ржаницын. М.: Стройиздат. 1978. 239с.
2. Болотин, В.В. Методы теорий вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений/ В.В. Болотин. – М.: Стройиздат, 1982. 351с.
3. Капур, К. Надежность и проектирование систем/ К. Капур, Л. Ламберсон.–М.: Мир, 1980. 604с.
4. Аугусти, Г. Вероятностные методы в строительном проектировании/ Г. Аугусти, А. Баратта, Ф. Кашиати.–М.: Стройиздат, 1988. -584с.
5. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании/ В.Д. Райзер.–М.: Изд-во АСВ, 1998. 302с.
6. Перельмутер, А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций/ А.В. Перельмутер.– М.: Изд-во АСВ, 2007. 256с.
7. Лычев А.С. Надежность строительных конструкций/ А.С. Лычев// Учебное пособие. –М.: Изд-во АСВ, 2008. 184с.
8. Уздин А.М. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений/ А.М. Уздин, Т.А. Сандович, Аль-Насер Мохамед Самих Амин. – С. ПБ.: Изд. ВНИИГ, 1993. -175с.
9. Абакаров, А.Д. Надежность конструкций с параллельным резервированием элементов при случайных воздействиях /А.Д. Абакаров // Строительная механика и расчет сооружений. 1987. 1. с. 6-10.
10. Gasparini, D.A. Response of MDOF Sustrms to Nonstationary Random Excitation/ D.A. Gasparini// J. Eng. Mech..Div, 1979. Vol .105, EN1, pp 13-26.
11. Der Kiureghian, A. A Response Spectrum Method for random vibration analusis of MDF Sustrms/ A. Der Kiureghian // Jornal of Earth. Eng. And StructDunamics, 1981. Vol 9, pp. 419-435.
12. Тихий М. Расчет железобетонных рамных конструкций в пластической стадии. Перераспределение усилий/ М. Тихий, Й. Ракосник.- Пер. с чешск. М.: Стройиздат., 1976. 198 с.
13. Черкесов Г.Н. Методы и модели оценки живучести сложных систем. М.:Знание, 1987. 56 с.
14. Пугачев, В.С. Теория случайных функций/ В.С. Пугачев. – М.: Физматгиз, 1960. 383с.
15. Тихонов, В.И. Марковские случайные процессы/ В.И. Тихонов, М.А. Миронов. – М.: Совет. радио, 1977. 485с.
16. Напетваридзе, Ш.Г. Вероятностные оценки сейсмических нагрузок/ Ш.Г. Напетваридзе, Б.А. Кириков, А.Д. Абакаров. М.: Наука, 1987. 120с.
17. Свод правил СП 14.13330. 2014 «Строительство в сейсмических районах». СНиП -7-81.М.: Минстрой России, 2014. 124с.
18. Болотин, В.В. К расчету строительных конструкций на сейсмические воздействия / В.В. Болотин // Строительная механика и расчет сооружений. 1980. №1. с. 9-14.

References:

1. Rzhانيتsyn, A.R. Teoriya rascheta stroitel'nykh konstruktсий na nadezhnost'/ A.R. Rzhانيتsyn. M.: Stroyizdat. 1978. 239s. [Rzhانيتsyn, A.R. Theory of calculation of building structures for reliability / A.P. Rzhانيتsyn. M.: Stroyizdat, 1978. 239s. (In Russ)]

2. Bolotin V.V. Metody teorii veroyatnostey i teorii nadezhnosti v raschetakh sooruzheniy/ V.V. Bolotin. – M.: Stroyizdat, 1982. 351s. [Bolotin, V.V. Methods of theories of probability and the theory of reliability in the calculations of structures / V.V. Bolotin. – M.: Stroyizdat, 1982. 351s. (In Russ)]
3. Kapur K. Nadezhnost' i proyektirovaniye sistem/ K. Kapur, L. Lamberson.–M. : Mir, 1980. 604s. [Kapoor, K. Reliability and system design / K. Kapoor, L. Lamberson. M. : World -1980. 604c. (In Russ)]
4. Augusti G. Veroyatnostnyye metody v stroitel'nom proyektirovanii/ G. Augusti, A. Baratta, F. Kashiati.–M. : Stroyizdat, 1988. - 584s. [Augusti, G. Probabilistic methods in building design / G. Augusti, A. Baratta, F. Kashiati. – M. : Stroyizdat, 1988. 584c. (In Russ)]
5. Rayzer V.D. Teoriya nadezhnosti v stroitel'nom proyektirovanii/ V.D. Rayzer.–M. : Izd-vo ASV, 1998. 302s. [Raiser V.D. Theory of reliability in building design / V.D. Raiser. –M. : Publishing house DIA, 1998. -302c. (In Russ)]
6. Perel'muter, A.V. Izbrannyye problemy nadezhnosti i bezopasnosti stroitel'nykh konstruksiy/ A.V. Perel'muter.– M. : Izd-vo ASV, 2007. 256s. [Perelmuter A.V. Selected problems of reliability and safety of building structures / A.V. Perelmuter. – M.: Publishing House DIA, 2007. -256c. (In Russ)]
7. Lychev A.S. Nadezhnost' stroitel'nykh konstruksiy/ A.S. Lychev// Uchebnoye posobiye. –M.: Izd-vo ASV, 2008. 184s. [Lychev A.S. Reliability of building structures / A.S. Lychev // Study Guide. –M. : Publishing house DIA, 2008. 184c. (In Russ)]
8. Uzdin A.M. Osnovy teorii seymstoykosti i seymstoykogo stroitel'stva zdaniy i sooruzheniy/ A.M. Uzdin, T.A. Sandovich, Al'-NaserMokhamed Samikh Amin. S. PB. : Izd. VNIIG, 1993. 175s. [Uzdin A.M. Fundamentals of the theory of seismic resistance and seismic resistant construction of buildings and structures / A.M. Uzdin, T.A. Sandovich, Al'-Nasser Mohamed Samih Amin. S. PB.: Ed.VNIIG, 1993. 175s. (In Russ)]
9. Abakarov, A.D. Nadezhnost' konstruksiy s parallel'nym rezervirovaniyem elementov pri sluchay-nykh vozdeystviyakh /A.D. Abakarov // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. 1987. 1. s. 6-10. [Abakarov A.D. Reliability of structures with parallel redundancy of elements under random effects / A.Д. Abakarov // Construction mechanics and calculation of structures. - 1987. -№1. -with. 6-10. (In Russ)]
10. Gasparini, D.A. Response of MDOF Sustems to Nonstationary Random Excitation / D.A. Gasparini // J. Eng. Mech..Div, 1979. Vol 105, EN1, pp. 13-26.
11. Der Kiureghian A. A Sustems / A. Der Response Spectrum Method for random vibration // Jornal of Earth. Eng. And StructDunamics, 1981. Vol 9, pp. 419-435.
12. Tikhyy M. Raschet zhelezobetonnykh ramnykh konstruksiy v plasticheskoy stadii. Pereraspredeleniye usiliy/ M. Tikhyy, Y. Rakosnik.- Per. s cheshsk. M.: Stroyizdat., 1976. 198 s. [Tikhyy, M. Calculation of reinforced concrete frame structures in the plastic stage. Redistribution of efforts / M. Tikhyy, Y. Rakosnik. - Per. with Czech M. : Stroyizdat., 1976. 198 p. (In Russ)]
13. Cherkesov G.N. Metody i modeli otsenki zhivuchesti slozhnykh sistem. M.: Znaniye, 1987. 56 s. [Cherkesov G.N. Methods and models for assessing the survivability of complex systems. M.: Knowledge, 1987. 56 p. (In Russ)]
14. Pugachev V.S. Teoriya sluchaynykh funktsiy/ V.S. Pugachev. – M.: Fizmatgiz, 1960. 383s. [Pugachev V.S. Theory of random functions / V.S. Pugachev. M. : Fizmatgiz, 1960. 383p. (In Russ)]
15. Tikhonov, V.I. Markovskie sluchaynyye protsessy/ V.I. Tikhonov, M.A. Mironov. M.: Sovet. radio, 1977. 485s. [Tikhonov V.I. Markov random processes / V.I. Tikhonov, M.A. Mironov. M. : Sovet.radio, 1977. 485p. (In Russ)]
16. Napetvaridze, SH.G. Veroyatnostnyye otsenki seymicheskikh nagruzok/ SH.G. Napetvaridze, B.A. Kiri-kov, A.D. Abakarov. M. : Nauka, 1987. 120s. [Napetvaridze Sh.G. Probabilistic estimates of seismic loads / Sh.G. Napetvaridze, B.A. Kirikov, A.D. Abakarov. M.: Science, 1987. 120s. (In Russ)]
17. Svod pravil SP 14.13330. 2014 «Stroitel'stvo v seymicheskikh rayonakh». SNiP -7-81.M. :Minstroy Rossii, 2014. 124c. [The code of rules of the joint venture 14. 13330. 2014 "Construction in seismic areas". SNiP -7-81. M. : Minstroy of Russia, 2014. 124c. (In Russ)]
18. Bolotin, V.V. K raschetu stroitel'nykh konstruksiy na seymicheskiye vozdeystviya / V.V. Bolotin // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. 1980. №1. s. 9-14. [Bolotin V.V. To the calculation of building structures for seismic effects / V.V. Bolotin // Construction mechanics and calculation of structures. 1980. №1. pp. 9-14. (In Russ)]

Сведения об авторах.

Абакаров Абакар Жансулаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Архитектура».

Гасанов Руслан Гасанович – ассистент, кафедра «Архитектура».

Information about the authors.

Abakar J. Abakarov – Dr. Sc. (Technical), Prof., Department of «Architecture».

Ruslan G. Gasanov – Assistant of the Department «Architecture».

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 18.02.2019.

Принята в печать 07.04.2019.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 18.02.2019.

Accepted for publication 07.04.2019.