

УДК 624.042.7

Ю.П. Назаров, Е.В. Позняк*ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко,
*ФГБОУ ВПО НИУ МЭИ,
ООО «Еврософт»**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА
ДИНАМИЧНОСТИ В РАСЧЕТАХ
НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ**

Показано, что определение коэффициента динамичности (КД) как отношения спектра ускорения к максимальному ускорению вытекает из классического определения КД как отношения максимального динамического перемещения к перемещению от статической нагрузки. Проанализированы детерминистический и вероятностный подходы к определению КД. Приведен пример расчета КД и их огибающей для поступательных и ротационных компонент сейсмического воздействия средствами ПО «Одиссей».

Ключевые слова: сейсмическое воздействие, коэффициент динамичности, акселерограмма, сейсмические нагрузки, спектральный метод.

Опыт общения авторов статьи как разработчиков программного обеспечения для анализа сейсмологических данных и получения расчетных параметров сейсмических нагрузок «Еврософт Одиссей» (ООО «Еврософт») с пользователями программы выявил некоторую неопределенность как в понимании смысла термина «коэффициент динамичности (КД)», так и в вопросах применения различных методик расчета КД.

Несмотря на то, что спектральный метод давно применяется в практике сейсмических расчетов и хорошо освоен инженерами, у проектировщиков часто возникает вопрос о том, как правильно определить КД по заданным акселерограммам. Коллектив лаборатории автоматизации и проектирования ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко совместно с ООО «Еврософт» разработал ПО «Одиссей Еврософт». ПО позволяет автоматически строить графики КД и их огибающие в осях периодов или частот. Как авторам «Одиссея», нам приходится отвечать на вопросы наших пользователей следующего содержания:

«Не совсем понятно, что вложено в понятие „Коэффициент динамичности“ в „Одиссее“. Насколько я понимаю, „Одиссей“

Yu.P. Nazarov, E.V. Poznyak*Central Research Institute of Building Constructions
Named after V.A. Kucherenko,
*National Research University "MPEI", LLC "Eurosoft"**ESTIMATION OF AMPLIFICATION
FACTOR IN EARTHQUAKE ENGINEERING**

The authors are the developers of Odyssey Software (Eurosoft Co.) for the analysis of seismological data and computing of seismic loads and their parameters. While communicating with the users of the software, the authors have revealed some uncertainty about both understanding of the term "amplification factor (AF)" and calculation of the amplification factor using various methods. In this article, a simple example shows that the determination of the amplification factor as the ratio of the acceleration's spectrum to the maximal acceleration is derived from the classical definition of AF in the form of the ratio of maximal dynamic displacement to the displacement by the action of static load. Deterministic and probabilistic approaches for the calculating of the AF were discussed. There was an example of AFs calculation and their envelopes for translational and rotational components of seismic impact by using Odyssey Software.

Key words: seismic action, amplification factor, accelerogram, seismic loads, spectral analysis

The authors of the article are the developers of the software for the analysis of seismic data for getting the calculated parameters of seismic loads "Eurosoft Odyssey" (LLC "Eurosoft"). The experience of communication with the users revealed some uncertainty both in the understanding of the term "amplification factor" (AF) and in the questions of application of different AF calculation methods.

Despite the fact that the spectral method has long been applied in seismic analyses and is well mastered by engineers, some of them doubt how to determine an amplification factor by analyzing the given accelerograms. The engineers of Software and Structural Design Laboratory of Central Research Institute of Building Constructions (TsNIISK named after V.A. Kucherenko, Moscow, Russia) and Eurosoft Co., Russia, have developed Odyssey software to automatically generate the amplification factors and their envelopes in the axes of the natural periods or frequencies. As the authors of Odyssey, we often have to answer the following questions of our users:

"I do not understand what the amplification factor in the Odyssey means. As far as I understand, Odyssey is software for pro-

является программой для обработки акселерограмм землетрясений. В СНиП II-7—81*, да и вообще в спектральном методе, заложен КД, который равен отношению результирующего спектра к максимальной амплитуде применяемой акселерограммы. Результирующий спектр получается по результатам решения основного уравнения динамики для одномассового консервативного осциллятора с различными значениями собственной частоты. Поэтому не совсем понятна ваша формулировка „...КД есть отношение перемещения при динамической нагрузке к статическому перемещению...“.

Можно пояснить поподробнее, как вычисляется КД в „Одиссее“? Вопросы, собственно, вызваны тем, что у меня КД, полученный в „Одиссее“, качественно не сходится с кривой КД, полученной при вычислениях в системе MathCad».

Это очень важный вопрос. Его требуется разобрать подробно, иначе убежденность в том, что понятие КД в теории сейсмостойкости имеет особый смысл, будет оставаться причиной недопонимания коллег.

В понятие КД вложен только один смысл — это ВСЕГДА (и в нормах, и, конечно, в «Одиссее») отношение максимального значения динамического перемещения к перемещению от статической нагрузки. Это определение можно найти практически в любом учебнике по теории колебаний. Приведем небольшой список для молодых инженеров: формулы (2.18)—(2.23) [1]; формула (3.24) [2]; формула (2) [3, с. 127]; формула (3.3) [4].

Обоснуем приведенное определение КД на простом примере. Рассмотрим вынужденные колебания системы с одной степенью свободы

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + cx = P(t),$$

где m — масса осциллятора; b — коэффициент вязкого сопротивления; c — жесткость; $P(t)$ — сейсмическая сила. В стандартной форме это уравнение имеет вид

$$\ddot{x} + 2\varepsilon\dot{x} + \Omega^2 x = \frac{1}{m} P(t), \quad (1)$$

где $\varepsilon = \frac{b}{2m}$ — коэффициент демпфирования; $\Omega^2 = \frac{c}{m}$ — квадрат собственной частоты осциллятора.

cessing of earthquakes accelerograms. In SNiP II-7-81* and in the spectral method the amplification factor is presupposed, which is equal to the ratio of the resulting spectrum to the maximum amplitude of the given accelerogram. The resulting spectrum is obtained from the solution of the basic equation of dynamics for one-mass conservative oscillator with different values of natural frequencies. Therefore I do not understand Your definition „...the amplification factor (AF) is the ratio of the displacement under dynamic load to static displacement...“.

Can you please explain to me a little more in detail, what is the amplification factor in Odyssey? ... These questions are caused by the fact that the amplification factor calculated by Odyssey is not equal to the curve of the amplification factor that I received using MathCad.”

This is a very important question. It requires a detailed explanation, otherwise the conviction that the concept of the amplification factor in seismic analyses has its special meaning, will remain a cause of misunderstanding between colleagues.

The concept of the amplification factor (AF) ALWAYS means (and in the Codes and, of course, in Odyssey software) the ratio of the maximum value of the dynamic displacement to the displacement caused by static load. This definition can be found in almost any textbook on the theory of oscillations. Here is a small list for young engineers: formulas (2.18—2.23) [1]; formula (3.24) [2]; formula (2) [3, c. 127]; formula (3.3) [4].

We would like to explain the above definition of AF on a simple example. Let us consider the forced oscillations of a system with one degree of freedom

here m is a mass of simple oscillator, b — viscous resistance coefficient, c — stiffness, $P(t)$ — seismic load. In standard form this equation can be written as

here $\varepsilon = \frac{b}{2m}$ is a damping coefficient, $\Omega^2 = \frac{c}{m}$ is the square of natural frequency of the oscillator.

В СНиП II-7—81* заложен квазистатический метод расчета, т.е. к системе (1) прикладываются *статические* сейсмические нагрузки. Для статических нагрузок решение $x = x_{ст}$ не зависит от времени, что равносильно отбрасыванию двух первых слагаемых в левой части (1)

$$\ddot{x} + 2\varepsilon\dot{x} + \Omega^2 x = \frac{1}{m} P(t) \xrightarrow{P=\text{const}} \Omega^2 x_{ст} = \frac{1}{m} P.$$

Решая последнее уравнение, определяем перемещение от статически приложенной силы (статическое перемещение)

$$x_{ст} = \frac{P}{m\Omega^2}. \quad (2)$$

Как найти динамические перемещения? Мы знаем, что КД по определению равен

$$\beta = \frac{x_{дин}}{x_{ст}}, \quad (3)$$

т.е. максимальное динамическое перемещение $x_{дин} = \beta x_{ст}$. Это эквивалентно умножению сейсмических сил P на КД в формуле (2)

$$x_{дин} = \beta x_{ст} = \frac{\beta P}{m\Omega^2}. \quad (4)$$

Так с помощью КД учитываются динамические эффекты в статическом расчете.

Сейсмические силы — это инерционные силы конструкции при кинематическом возбуждении фундамента, т.е.

$$P(t) = -ma(t).$$

Если расчет проводится по акселерограммам, известно максимальное значение ускорения грунта a . Если расчет проводится по нормам, то a — это нормативное значение максимального ускорения грунта. В обоих случаях постоянно во времени ускорению a соответствует *статическая сейсмическая сила*

$$P = -ma.$$

С учетом (4) и последней формулы следует альтернативный вариант формулы (3)

$$\beta = \Omega^2 \frac{x_{дин}}{a}. \quad (5)$$

Посмотрим теперь, как КД связан со спектром ускорений. По формуле (4), для учета динамических эффектов статическую сейсмическую силу (фактически — ускорение a) надо умножить на КД β . Так мы получаем

In SNiP II-7-81* (Russian Building Code II-7-81*), a quasi-static approach is applied, i.e. the system (1) is loaded by *static* seismic force. For the static force, the solution $x = x_{ст}$ does not depend on time, therefore we can discard the first two terms in the left part of (1)

Solving the end equation we can find the displacement caused by a statically applied force (static displacement)

How to find the dynamic displacements? We know that the amplification factor, by definition, is

so, maximal dynamic displacement is equal to $x_{дин} = \beta x_{ст}$. It is equivalent to multiplying seismic forces P by the amplification factor in (2)

Thus, with the help of amplification factor the dynamic effects in static analysis are taken into account.

Seismic forces are the inertial forces of a structure at a kinematical excitation of the foundation, that is

If the structural analysis is carried out on accelerograms, we know the value of peak ground acceleration a . If the analysis is carried out according to the Building Code, we know this value from the Code. In both cases, constant acceleration a corresponds to the *static seismic force*

From (4) and the last equation we have other form of formula (3)

Now let's see how the amplification factor is related to a spectrum of accelerations. To account for the dynamic effects, the static seismic force (in other words, acceleration a) must be multiplied by the amplification factor

спектральное ускорение — максимальное ускорение одномассового осциллятора с собственной частотой Ω (или собственным периодом T) которое вычисляется так:

Спектральное ускорение = $a\beta$.

Для множества осцилляторов с разными собственными периодами T КД β будет функцией $\beta(T)$. Совокупность спектральных ускорений составляет спектр ускорений

Спектр ускорений = $a\beta(T)$. (6)

Таким образом, КД — это нормированный на величину максимального ускорения спектр ускорений. Поэтому, строго говоря, формула (3) — определение КД, а (5) и (6) — это следствия из классического определения (3). И никаких «разных» определений здесь нет.

К числу часто задаваемых вопросов относится и такой: *как можно рассчитать КД самостоятельно, «в домашних условиях», по заданной акселерограмме?* Если при расчете руководствоваться формулой (6), т.е. исходить из спектра ускорений, то чаще всего алгоритм действий такой: правую часть уравнения (1) представляют в виде акселерограммы $a(t)$; перемещение $x(t)$ определяют численным интегрированием интеграла Дюамеля, затем результат дважды дифференцируют и находят максимальное по модулю ускорение. Заметим, что акселерограмма $a(t)$ — функция с высокочастотными составляющими, поэтому процедура двойного численного дифференцирования функции $x(t)$ может быть крайне неустойчивой в вычислительном смысле. Для случая малого демпфирования можно воспользоваться приближенной формулой $\ddot{x}(t) \approx \Omega^2 x(t)$. Проведя эту процедуру для каждого собственного периода T или частоты Ω , получают спектр ускорений. Далее этот спектр нормируют на величину максимального ускорения.

Как же вычисляется КД в «Одиссее»? Методика расчета основана на вероятностном подходе к описанию сейсмического воздействия и методах статистической динамики [5—8]. Это означает, что акселерограмма $a(t)$ представляется как одна из реализаций случайного процесса и описывается с помощью его вероятностных характеристик, таких как математическое ожидание, дисперсия, спектральная плотность и корреляционная функция. Поскольку чаще всего расчет на сейсмо-

β . It follows from (4). So, we get the spectral acceleration as the maximal acceleration of simple oscillator with natural frequency Ω (or period T), which is calculated as:

Spectral acceleration = $a\beta$.

If you consider a lot of simple oscillators with different natural period T , the amplification factor β is a function $\beta(T)$. The complex of spectral accelerations is a spectrum of acceleration

Spectrum of acceleration = $a\beta(T)$. (6)

It means that the amplification factor is a spectrum of acceleration normalized by peak ground acceleration a . Therefore, strictly speaking, (3) is a definition of the amplification factor, while (5) and (6) are a corollary of this classical definition (3). And there are no any "different" definitions here.

Among the frequently asked questions there is another one: how can I calculate the amplification factor from the given accelerogram "at home" or independently?

If we come from (6) (i.e. from a spectrum of acceleration), it is appropriate to use the following algorithm: the right side of equation (1) is represented in the form of accelerogram $a(t)$. The displacement $x(t)$ is found by numerical integration of the Duhamel integral, then the result is differentiated twice and you can determine the maximal acceleration. We should note that accelerogram $a(t)$ is a function with high frequency components, so the procedure of double numerical differentiation of $x(t)$ can be extremely unstable in the computational sense. For the case of small damping the approximate formula $\ddot{x}(t) \approx \Omega^2 x(t)$ may be used. Applying the procedure described above for each period T or frequency Ω a spectrum of acceleration is obtained. Further, this spectrum is normalized to the value of the peak ground acceleration.

How is the amplification factor in Odyssey calculated? The applied algorithm is based on a probabilistic description of seismic action and some methods of statistical dynamics [5—8]. This means that the given accelerogram $a(t)$ is represented as one of the time series of a stochastic process and is described by its probabilistic characteristics, such as mathematical expectation, variance, spectral density and correlation function.

стойкость проводят по единственной записи землетрясения, соответствующий процесс считают эргодическим¹. Решение $x(t)$ является реакцией стационарной линейной системы на внешнее случайное воздействие $a(t)$, а уравнение (1) используется для получения связи спектральных плотностей случайных процессов на входе и выходе линейной системы. Добавим, что эта методика появилась благодаря трудам замечательных отечественных ученых-механиков В.В. Болотина и М.Ф. Барштейна.

С вероятностных позиций при случайных нагрузках КД также представляет собой реализацию случайного процесса. Как любой случайный процесс, он характеризуется своими вероятностными параметрами. Для эргодического случайного процесса рассеяние КД описывается его стандартом

$$\sigma_{\beta} = \frac{\sigma_x}{x_{cr}}, \quad (7)$$

где σ_x — стандарт перемещения $x(t)$. Именно стандарт σ_{β} принимают за КД в статистической динамике. Поскольку стандарт не случайная величина, его удобно использовать при расчетах.

Аналогично — для формулы (5):

$$\sigma_{\beta} = \Omega^2 \frac{\sigma_x}{a}.$$

Для многомерных систем КД представляет собой функцию собственных частот Ω_k (или периодов $T_k = \frac{2\pi}{\Omega_k}$) [7—10]:

$$\sigma_{\beta}(\Omega_k, \gamma) = \left(\int_0^{\infty} \frac{\Omega_k^4 S_a(\omega)}{(\Omega_k^2 - \omega^2)^2 + \Omega_k^2 \gamma^2 \omega^2} d\omega \right)^{\frac{1}{2}},$$

где $\gamma = 2 \frac{\varepsilon_k}{\Omega_k}$ — коэффициент рассеяния энергии; $S_a(\omega)$ — спектральная плотность входного процесса $a(t)$.

Since input data for seismic analysis is most often based only on one record of an earthquake, the stochastic process is considered as ergodic¹. The solution $x(t)$ is the response of stationary linear system to an external seismic load $a(t)$, and equation (1) is used to obtain the relationships between spectral densities of input $a(t)$ and output $x(t)$ of a linear system. Note that this technique had been worked out by our leading scientists V.V. Bolotin and M.F. Burstein.

For the probabilistic analyses at stochastic loads, the amplification factor also represents the time-series of the random process. As any random process, it is characterized by its probabilistic parameters. For ergodic random process, the scattering of the amplification factor is defined by its standard

here σ_x is the standard of displacements $x(t)$. The standard σ_{β} is considered as the amplification factor in the statistical dynamics. The standard is not a random value, it is convenient to be used in analyses.

Formula (5) can be likewise written as:

For the systems with many degrees of freedom, the amplification factor is a function of the natural frequencies Ω_k (or natural periods $T_k = \frac{2\pi}{\Omega_k}$) [7—10]:

here $\gamma = 2 \frac{\varepsilon_k}{\Omega_k}$ — the energy dissipation factor, $S_a(\omega)$ — a spectral density of random input process $a(t)$.

¹ Случайный процесс считается эргодическим, если все его основные вероятностные характеристики можно определить по единственной реализации. Гипотеза об эргодичности принимается, когда нет возможности получить ансамбль реализаций, как в случае с записями сейсмических движений грунта.

¹ A random process is ergodic, if all its basic probabilistic characteristics can be determined from one time-series. The hypothesis of ergodicity is assumed, when it is not possible to obtain a lot of time-series for one random process, for instance, in the case of seismic motion of the ground.

Добавим, что ПО «Одиссей» позволяет провести расчет КД в осях частот и периодов для акселерограмм поступательного и ротационного движений, а также построить огибающие для одного или нескольких графиков КД (рис. 1—4) [11—13]. При этом формой огибающей можно управлять, «срезая» главный максимум КД и устанавливая начальные и конечные значения огибающей. Сами КД или их огибающая могут быть записаны в текстовый файл и переданы в таком виде в ПО STARK ES или другое ПО для расчета сооружения на сейсмическое воздействие линейно-спектральным методом.

It should be added that the Odyssey software allows calculating the amplification factors for the axes of frequencies and periods for translational and rotational accelerograms, as well as to plot envelopes for one or more graphs of AF (Fig. 1—4) [11—13]. The parameters of their envelopes can be controlled by "cutting off" the main maximum of AF and setting the start and end values of the envelope. AFs and their envelopes can be written in a text file and imported in STARK ES or other software for structural seismic analyses using linear spectral method.

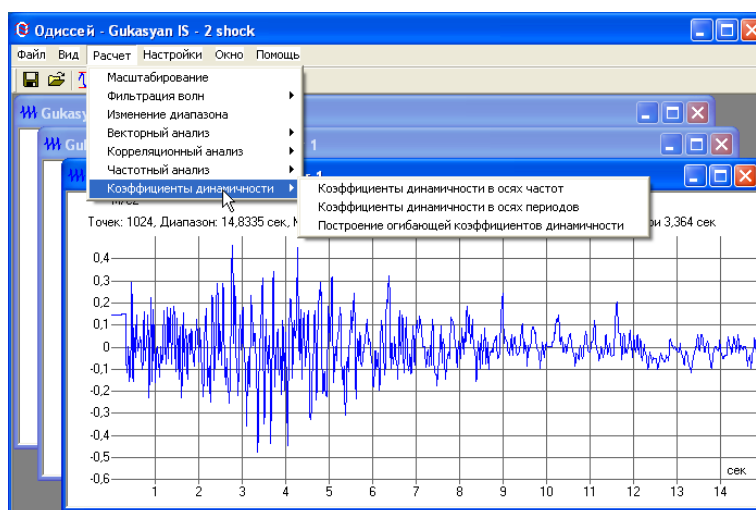


Рис. 1. Окно ПО «Одиссей» и меню «Коэффициенты динамичности». Акселерограммы землетрясения в г. Спитак, 1988 г.

Fig. 1. Odyssey Software and the item Amplification factors. Records of Spitak earthquake, 1988

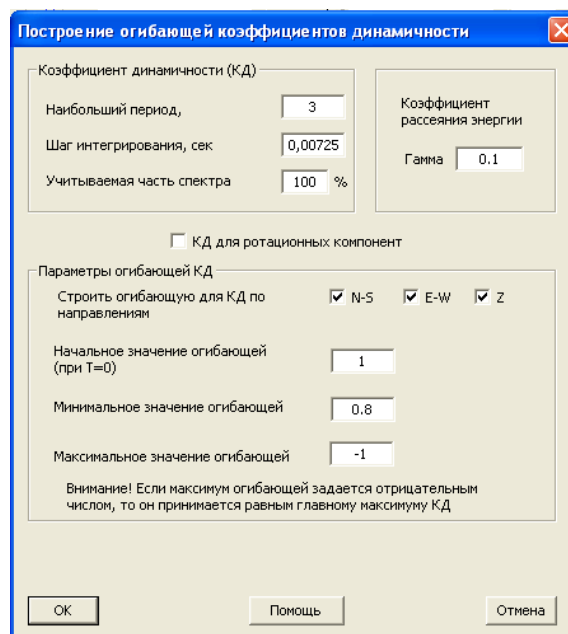


Рис. 2. Задание параметров огибающей (отмечены три компоненты сейсмического воздействия)

Fig. 2. Predetermination of envelope parameters (Three directions of translational seismic ground motions are marked)

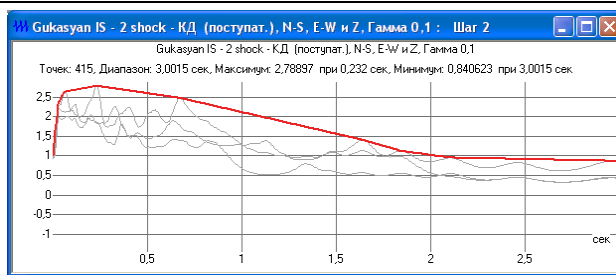


Рис. 3. Три графика КД для поступательного движения и общая огибающая. Землетрясение в г. Спитаке, 1988 г.

Fig. 3. Amplification factors for three marked directions and their envelope. Records of Spitak earthquake, 1988

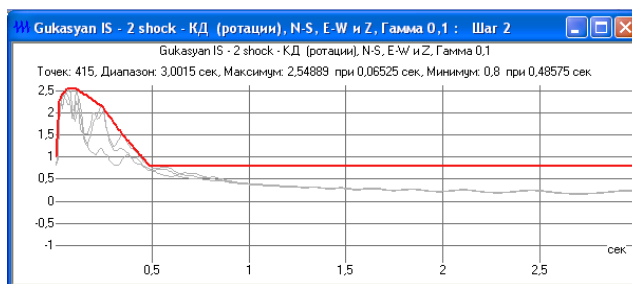


Рис. 4. Три графика КД для ротационного движения и общая огибающая. Землетрясение в г. Спитаке, 1988 г.

Fig. 4. Amplification factors for rotational motions and their envelope. Records of Spitak earthquake, 1988

В заключение хотелось бы отметить, что обилие формул (3), (5)—(7), определяющих КД в разных источниках, может смутить молодого инженера-проектировщика и привести его к ложному выводу о том, что часть из них не годится для сейсмического воздействия. Поэтому еще раз сформулируем основной вывод: и детерминистическое определение КД (5), (6), и вероятностное (7), по сути, следуют из классического определения КД как отношения максимального динамического перемещения к перемещению от статической нагрузки (3). Как показывает наш опыт, результаты расчета КД по детерминистическому и вероятностному подходам дают практически схожие результаты.

In conclusion, we would like to note that a great amount of formulas (3), (5)—(7), determining AF in different references, can confuse a young engineer and lead him or her to a false conclusion that some of them are not suitable for seismic effects. So, we do formulate the basic conclusion once again: both the deterministic definition of the amplification factor (5), (6), and the probabilistic definition (7), in fact, follow from classical definition of AF as the ratio of maximal dynamic displacement to the displacement from the static load (3). Our experience shows that the deterministic and probabilistic calculations of AF give almost similar results.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов А.Ф., Александров А.В., Лашченко Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений. М. : Стройиздат, 1984. 415 с.
2. Клаф Р., Пензиен Дж. Динамика сооружений / пер. с англ. Л.Ш. Килимника, А.В. Швецов. М. : Стройиздат, 1979. 320 с.
3. Вибрации в технике : Справочник : в 6 т. Том 1. Колебания линейных систем / под ред. В.В. Болотина. М. : Машиностроение, 1999. 352 с.
4. Барштейн М.Ф., Бородачев Н.М., Блюмина Л.Х. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия : Справочник проектировщика / под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. М. : Стройиздат, 1981. 215 с.

REFERENCES

1. Smirnov A.F., Aleksandrov A.V., Lashchenikov B.Ya., Shaposhnikov N.N. *Stroitel'naya mekhanika. Dinamika i ustoychivost' sooruzheniy* [Structural Mechanics. Dynamics and Stability of Structures]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1984, 415 p. (In Russian)
2. Klaf R., Penzien Dzh. *Dinamika sooruzheniy* [Dynamics of Structures]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1979, 320 p. (In Russian)
3. Bolotin V.V. *Vibratsii v tekhnike : Spravochnik : v 6 tomakh. Tom 1. Kolebaniya lineynykh sistem* [Vibrations in Engineering. Reference Book : in 6 Volumes. Vol. 1. Fluctuations of Linear Systems]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1999, 352 p. (In Russian)
4. Barshteyn M.F., Borodachev N.M., Blyumina L.Kh. *Dinamicheskiy raschet sooruzheniy na spetsial'nye vozdeystviya : Spravochnik proektirovshchika* [Dynamic Analysis of Structures on Special Effects : The guide of Designer]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1981, 215 p. (In Russian)

5. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1981. 351 с.

6. Болотин В.В. Статистические методы в строительной механике. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Изд-во литературы по строительству, 1965. 279 с.

7. Барштейн М.Ф. Приложение вероятностных методов к расчету сооружений на сейсмические воздействия // Строительная механика и расчет сооружений. 1960. № 2. С. 6—14.

8. Назаров Ю.П. Аналитические основы расчета сооружений на сейсмические воздействия. М. : Наука, 2010. 468 с.

9. Назаров Ю.П. Расчетные модели сейсмических воздействий. М. : Наука, 2012. 414 с.

10. Назаров Ю.П. Динамика спортивных сооружений. М. : Наука, 2014. 218 с.

11. Назаров Ю.П., Позняк Е.В., Филимонов А.В. Анализ вида волновой модели и получение расчетных параметров сейсмического воздействия для высотного здания // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 5. С. 40—45.

12. Nazarov Y.P., Poznyak E.V., Filimonov A.V. Seismic Data Analysis in Odyssey Software // International Journal of Emerging Technologies in Computational and Applied Sciences (IJETCAS), December 2013 — February 2014. Iss. 7. Vol. 1. Pp. 75—77.

13. Позняк Е.В. О расчетах на сейсмостойкость с программным обеспечением «Еврософт Одиссей» // Приложение к журналу «Справочник. Инженерный журнал». 2013. № 5. С. 22—24.

Поступила в редакцию в декабре 2014 г.

5. Bolotin V.V. *Metody teorii veroyatnostey i teorii nadezhnosti v raschetakh sooruzheniy* [Probability Theory and Reliability Theory Methods in the Structural Analyses]. 2nd ed., revised and enlarged. Moscow, Stroyizdat Publ., 1981, 351 p. (In Russian)

6. Bolotin V.V. *Statisticheskie metody v stroitel'noy mekhanike* [Statistical Methods in Structural Mechanics]. 2nd ed., revised and enlarged, Moscow, Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu Publ., 1965, 279 p. (In Russian)

7. Barshteyn M.F. Prilozhenie veroyatnostnykh metodov k raschetu sooruzheniy na seysmicheskie vozdeystviya [Application Of Probabilistic Methods In Seismic Analyses Of Structures]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy* [Structural Mechanics and Calculation of Structures]. 1960, no. 2, pp. 6—14. (In Russian)

8. Nazarov Yu.P. *Analiticheskie osnovy rascheta sooruzheniy na seysmicheskie vozdeystviya* [Analytical Fundamentals of Seismic Impacts Calculation for Constructions]. Moscow, Nauka Publ., 2010, 468 p. (In Russian)

9. Nazarov Yu.P. *Raschetnye modeli seysmicheskikh vozdeystviy* [Calculation Models of Seismic Actions]. Moscow, Nauka Publ., 2012, 414 p. (In Russian)

10. Nazarov Yu.P. *Dinamika sportivnykh sooruzheniy* [The Dynamics of Sports Buildings]. Moscow, Nauka Publ., 2014. (In Russian)

11. Nazarov Yu.P., Poznyak E.V., Filimonov A.V. Analiz vida volnovoy modeli i poluchenie raschetnykh parametrov seysmicheskogo vozdeystviya dlya vysotnogo zdaniya [Wave Model Analysis and Calculation of Seismic Action Parameters for High-Rise Buildings]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2014, no. 5, pp. 40—45. (In Russian)

12. Nazarov Y.P., Poznyak E.V., Filimonov A.V. Seismic Data Analysis in Odyssey Software. International Journal of Emerging Technologies in Computational and Applied Sciences (IJETCAS), December 2013 — February 2014, issue 7, vol. 1, pp. 75—77.

13. Poznyak E.V. O raschetakh na seysmostoykost' s programmym obespecheniem «Evrosoft Odissey» [On Seismic Analyses Using Software Eurosoft Odyssey Software]. Prilozhenie k zhurnalu «Spravochnik. Inzhenernyy zhurnal» [Appendix to the Journal “Handbook. An Engineering journal”]. 2013, no. 5, pp. 22—24. (In Russian)

Received in September 2014.

Об авторах: Назаров Юрий Павлович — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В. А. Кучеренко (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко); директор, ООО «Еврософт», 109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, д. 6, Nazarov@eurosoft.com;

Позняк Елена Викторовна — кандидат технических наук, доцент кафедры динамики и прочности машин им. В.В. Болотина, Московский энергетический институт (ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ»), 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14; старший научный сотрудник, ООО «Еврософт», 109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, д. 6, PozniakYV@mpei.ru.

About the authors: Nazarov Yuriy Pavlovich — Doctor of Technical Sciences, Professor, chief research worker, Central Research Institute of Building Constructions Named after V.A. Kucherenko (TsNIISK named after V.A. Kucherenko), director, LLC “Eurosoft”, 6 2-ya Institutskaya str., Moscow, 109428, Russian Federation; nazarov@eurosoft.com;

Poznyak Elena Viktorovna — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Dynamics and Reliability of the Machinery, National Research University Moscow Power Engineering Institute (MPEI), 14 Krasnokazarmennaya str., Moscow, 111250, Russian Federation; Senior Researcher, LLC “Eurosoft”, pozniakYV@mpei.ru.

Для цитирования:

Назаров Ю.П., Позняк Е.В. Определение коэффициента динамичности в расчетах на сейсмостойкость [Электронный ресурс] // Строительство: наука и образование. 2015. № 1. Ст. 2. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru>.

For citation:

Nazarov Yu.P., Poznyak E.V. Opredelenie koeffitsienta dinamichnosti v raschetakh na seysmostoykost' [Estimation of Amplification Factor in Earthquake Engineering]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2015, no. 1, paper 2. Available at: <http://www.nso-journal.ru>.

Строительство: наука и образование. 2015. № 1. Ст. 2. <http://www.nso-journal.ru>