

С. В. ПРОКОПОВИЧ

аспирант кафедры «Прочность материалов и конструкций», ФГБОУ ВО Петербургский
Государственный Университет Путей Сообщения им. Александра I;
инженер III категории, ООО «УК «Современные Мостовые Технологии»

УДК 624.042.7

ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ ЕГО ПРЕОБЛАДАЮЩЕГО ПЕРИОДА

В статье рассматриваются виды зависимостей энергетических характеристик сейсмического воздействия от его преобладающего периода. В частности, предложены виды зависимостей для интенсивности по Ариасу и плотности сейсмической энергии. В ходе данного исследования использовалась база записей 91 акселерограммы 9-балльных землетрясений, имеющаяся в Петербургском университете путей сообщения и университете нефти в г. Циндао. Поиск параметров искомых зависимостей выполнен методом наименьших квадратов. Рассмотрены, как формальные зависимости в виде полиномов и экспоненциальных функций, так и зависимости, характерные для воздействия в виде затухающей синусоиды. Параметрам последнего типа зависимостей можно придать физический смысл. Исследования показали, что часть параметров воздействия (пиковые ускорения и скорости, коэффициент гармоничности) имеет четкую корреляцию с преобладающим периодом акселерограмм, а для энергетических характеристик такой зависимости не наблюдается.

Ключевые слова: сейсмическое воздействие, интенсивность по Ариасу, плотность сейсмической энергии, преобладающий период, зависимость.

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент в нормативной документации для описания сейсмического воздействия в большинстве стран используются его кинематические характеристики: пиковые ускорения и смещения основания. Однако, исследования [1-3] показали, что эти характеристики не отражают фактическую степень повреждений зданий и сооружений, т.е. не являются определяющими для силы воздействия. Во мно-

гих исследованиях [2,3,15,17,18 и др.] отмечается, что решающую роль в увеличении объемов повреждений зданий и сооружений играют энергетические характеристики воздействия. К ним, в частности, относятся:

- интенсивность по Ариасу

$$I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^{\tau} \ddot{y}^2(t) dt ;$$

- плотность сейсмической энергии

$$SED = \int_0^{\tau} \dot{y}^2(t) dt ;$$

- абсолютная кумулятивная скорость

$$CAV = \int_0^{\tau} |\dot{y}| dt.$$

При использовании энергетических характеристик значительно упрощаются оценка силы землетрясений и их сопоставление, что позволяет корректно генерировать расчётные сейсмические воздействия. Стоит отметить, что кинематические характеристики, например, пиковое ускорение (PGA) сильно зависят от преобладающего периода воздействия T_{eq} [2, 9, 10 и др.]. Для энергетических зависимостей однозначного заключения по этому вопросу нет в литературе. Ниже рассмотрены зависимости интенсивности по Ариасу I_A и плотности сейсмической энергии SED от преобладающего периода воздействия T_{eq} .

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Оценка силы сейсмического воздействия из-за использования шкалы балльности является достаточно субъективной,

так как базируется на описании повреждений, наличии жертв и общей реакции населения. Шкалы балльности с начала прошлого века дополняются инструментальной частью (числовыми характеристиками силы землетрясения). Их можно получить на основе натуральных измерений. В качестве таких характеристик изначально выступали пиковые ускорения (PGA), причём на протяжении всей истории сейсмостойкости эта величина менялась – для 9 баллов от 1 м/с² (Омори [4]) до 4 м/с² (шкалы ИФЗ и MSK [5]) и впоследствии до 7 м/с² [6,7]. Ускорения основания PGA входят в правую часть уравнений колебаний и используются в нормативной документации для оценки сейсмического воздействия [8].

Как показала практика, этот подход не оправдал себя – сила воздействия и пиковые ускорения не соответствовали друг другу. Для справки 9-балльные землетрясения в Табасе и Мехико имели PGA, равное 8.6 м/с² и 1.68 м/с², соответственно [9]. Разрушительность землетрясений и, следовательно, сейсмический балл в большей степени зависит от энергетических характеристик воздействия, а не от пикового ускорения [17].

Связь между кинематическими характеристиками воздействия и его преобладающим периодом была установлена в работах О. А. Савинова и его учеников [10]. Аналогичные зависимости позже пытались найти и для энергетических характеристик землетрясений. В работах [10, 11] использована общая аппроксимирующая функция параметров от преобладающего периода в виде

$$f(T) = C_0 + C_1 \cdot (e^{-\alpha \cdot T} + C_2 \cdot e^{-\beta \cdot T}), \quad (1)$$

где C_0, C_1, C_2, α и β – коэффициенты аппроксимации, определяемые подбором по методу наименьших квадратов.

Недостатками известных исследований [9-11] является большой разброс инструментальных данных и нефизичность используемых аппроксимаций, что затрудняет выбор приемлемых коэффициентов аппроксимирующих формул, делая эту процедуру формальной.

Основной целью статьи является получение новой, более простой и физической аппроксимации зависимости интенсивности по Ариасу I_A и плотности сейсмической энергии от преобладающего периода сейсмического воздействия T .

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

При исследовании рассматривались различные аппроксимации зависимости $I_A(T)$ и $SED(T)$. Параметры аппроксимации определялись методом наименьших квадратов. Для проведения исследований была использована база акселерограмм 9-балльных землетрясений, собранная российскими и китайскими специалистами [12].

Прежде всего, была сделана попытка придать аппроксимации физический смысл. С этой целью была записана зависимость $I_A(T)$ для воздействия с велосигмой в виде затухающей синусоиды.

$$V = e^{-\varepsilon \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t), \quad (2)$$

где ε – параметр затухания; ω – частота воздействия.

Эта зависимость имеет вид

$$I_A = I_{A1} + I_{A2} + I_{A3} + I_{A4};$$

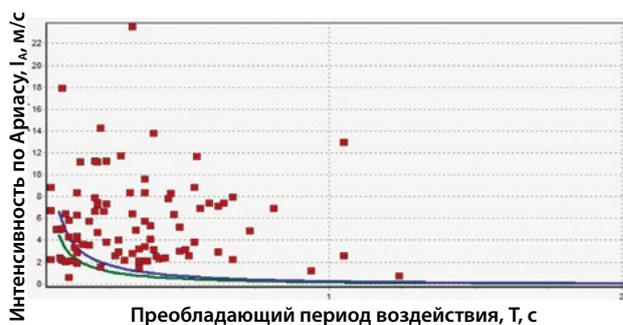


Рисунок 1 — Аппроксимация зависимости $I_A(T)$ по формуле (5) Нижняя кривая – среднее значение $I_A(T)$, верхняя – $I_A(T) + \sigma_A(T)$

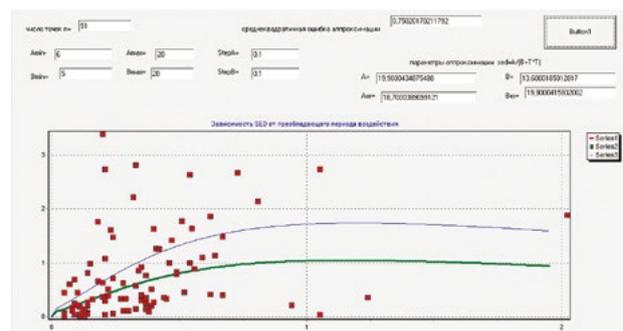


Рисунок 2 — Аппроксимация зависимости $SED(T)$ по формуле (12) Нижняя кривая – среднее значение $SED(T)$, верхняя – $SED(T) + \sigma_{SED}(T)$

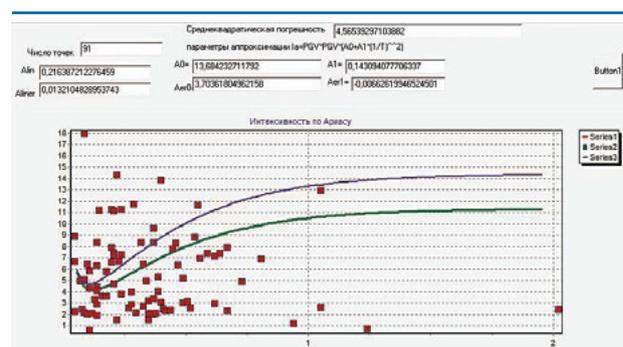


Рисунок 3 — Аппроксимация зависимости $I_A(T)$ по формуле (10) Нижняя кривая – среднее значение $I_A(T)$, верхняя – $I_A(T) + \sigma_A(T)$

где

$$I_{A1} = \varepsilon^2 \cdot \left(-\frac{e^{-2 \cdot \varepsilon \cdot t}}{4 \cdot \omega^2 + 4 \cdot \varepsilon^2} \cdot (-\varepsilon \cdot \cos(\omega \cdot t) + \omega \cdot \sin(2 \cdot \omega \cdot t)); \right.$$

$$I_{A2} = \omega^2 \cdot \left(\frac{e^{-2 \cdot \varepsilon \cdot t}}{4 \cdot \omega^2 + 4 \cdot \varepsilon^2} \cdot (-\varepsilon \cdot \cos(2 \cdot \omega \cdot t) + \omega \cdot \sin(2 \cdot \omega \cdot t) \right.$$

$$I_{A3} = \varepsilon \cdot \omega \cdot \left(-\frac{e^{-2 \cdot \varepsilon \cdot t}}{16 \cdot \omega^2 + 4 \cdot \varepsilon^2} \cdot (-\varepsilon \cdot \cos(2 \cdot \omega \cdot t) + \omega \cdot \sin(4 \cdot \omega \cdot t)); \right.$$

$$I_{A4} = -(\varepsilon^2 + \omega^2 + \varepsilon \cdot \omega) \cdot \frac{e^{-2 \cdot \varepsilon \cdot t}}{4 \cdot \varepsilon}.$$

Если убрать из формулы малозначщие члены, получится простая аппроксимирующая функция в виде

$$I_A = \frac{a}{T^2} \quad (3)$$

где a – искомый параметр аппроксимации, зависящий от скорости затухания процесса во времени.

Однако, при использовании аппроксимации (3) нужно учитывать изменение пиковой скорости с ростом преобладающего периода воздействия. Такая зависимость была получена ранее А.А.Долгой [11]. В процессе исследований была получена аналогичная зависимость, близкая к зависимости [11] и имеющая вид:

$$PGV = 0.91 - 0.695 \cdot e^{-2.91 \cdot T}, \quad (4)$$

подставив (4) в (3) получаем

$$I_A = \frac{PGV^2 \cdot a}{T^2} \quad (5)$$

Наряду с этой аппроксимирующей функцией были рассмотрены для сравнения другие способы аппроксимации:

$$I_A = a + bT \quad (6)$$

$$I_A = a \ln(T) + b \quad (7)$$

$$I_A = ae^{bt} + c \quad (8)$$

где a, b, c – искомые коэффициенты аппроксимации.

Функции сравнивались по среднеквадратическому и среднему отклонениям.

Оценка в первом приближении показывает, что значение I_A должно лежать в пределах 5 ± 4 м/с.

Те же операции были выполнены с плотностью сейсмической энергии (SED):

$$SED = -\frac{e^{-2 \cdot \varepsilon \cdot t}}{4 \cdot \varepsilon} - \frac{e^{-2 \cdot \varepsilon \cdot t}}{4 \cdot \varepsilon^2 + 4 \cdot \omega^2} \cdot (-\varepsilon \cdot \cos(2 \cdot \omega \cdot t) + \omega \cdot \sin(2 \cdot \omega \cdot t)) \quad (9)$$

Убрав из формулы (9) все малозначщие члены и добавив PGV, получили формулу, аналогичную (5)

$$SED = PGV^2 \cdot \frac{a}{b + T^2} \quad (10)$$

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты аппроксимации зависимости $I_A(T)$ по формуле (5) и $SED(T)$ по формуле (10) приведены на рис.1 и рис. 2, соответственно.

Как видно из рисунка, основная масса натуральных точек легла выше аппроксимирующей кривой. Это указывает на то, что изначальная модель воздействия в виде (2) не согласуется с натурными данными. Если добавить к модели воздействия импульс скорости $\delta(t)$, т.е. представить скорость в виде

$$V(t) = \alpha \cdot \delta(t) + V_0 e^{-\varepsilon t} \sin \omega t, \quad (11)$$

то в интенсивности по Ариасу добавится константа, равная α^2 .

Следует отметить, что наличие в воздействии импульса скорости отмечалось многими исследователями [13-15].

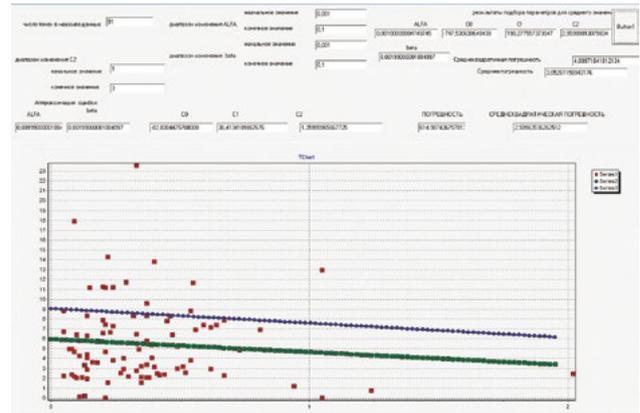


Рисунок 4 — Аппроксимация зависимости $I_A(T)$ по формуле (1). Нижняя кривая – среднее значение $I_A(T)$, верхняя – $I_A(T) + \sigma_{I_A}(T)$

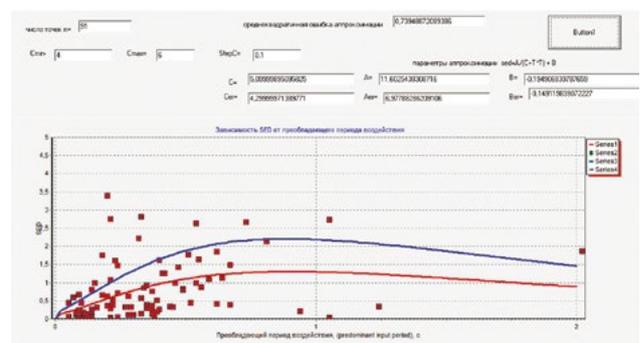


Рисунок 5 — Аппроксимация SED(T) по формуле (10). Нижняя кривая – среднее значение SED(T), верхняя – $SED(T) + \sigma_{SED}(T)$

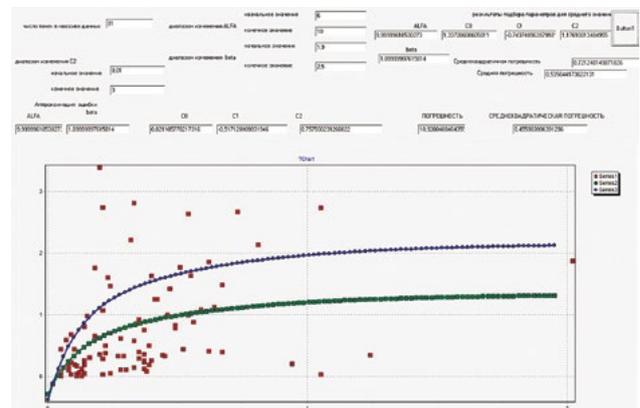


Рисунок 6 — Аппроксимация по (1) для SED. Нижняя кривая – среднее значение SED(T), верхняя – $SED(T) + \sigma_{SED}(T)$

С учетом сказанного, аппроксимацию (5) следует дополнить, приняв

$$I_A = PGV(T) \cdot \left(\frac{a}{T^2} + b \right) \quad (12)$$

В этой аппроксимации параметр a определяет скорость затухания процесса колебаний, а параметр b – остаточное смещение воздействия.

Полученная с использованием (12) аппроксимация показана на рис. 3. Как видно из рисунка, для высокочастотных воздействий проявляется тенденция падения величины I_A с ростом преобладающего периода в соответствии с формулой (5), однако далее рост величины PGV(T) становится определяющим.

Таблица 1 — Результаты использования различных аппроксимирующих формул

Вид аппроксимации	Параметры аппроксимации	Среднеквадратичная погрешность	Примечания
$I_A = C_0 + C_1(e^{-\alpha T} + C_2 e^{-\beta T})$	$C_0=0,741; C_1=190,28; C_2=2,96;$ $\alpha=0,001; \beta=0,002$	4,01	Ранее использованная аппроксимация
$I_A = PGV(T)^2 \cdot \left(\frac{a}{T^2}\right)$	$a=0,215$	5,892	Использование модели воздействия в виде затухающей синусоиды
$I_A = PGV(T)^2 \cdot \left(\frac{a}{T^2} + b\right)$	$a=13,684$ $b=0,1431$	4,57	Использование модели воздействия в виде суммы затухающей синусоиды и импульса скорости
$I_A = a + bT$	$a=5,98$ $b=-1,332$	4,01	
$I_A = a + b \ln T$	$a=5,256$ $b=0,184$	4,03	
$I_A = a + b \cdot e^{-cT}$	$a=5,479$ $b=1,977 \cdot 10^{16}$ $c=766,796$	4,03	
$I_A = \text{const}$	$\text{const}=5.44$	4.03	

Таблица 2 — Результаты использования различных аппроксимирующих формул для SED

Вид аппроксимации	Параметры аппроксимации	Среднеквадратичная погрешность	Примечания
$SED = C_0 + C_1 \cdot (e^{-\alpha T} + C_2 \cdot e^{-\beta T})$	$C_0=1,337; C_1=0,744; C_2=1,176;$ $\alpha=10; \beta=2$	0,721	Ранее использованная аппроксимация
$SED = PGV(T)^2 \cdot \frac{A}{(B + T^2)}$	$A=19,9;$ $B=13,6$	0,75	Использование модели воздействия в виде затухающей синусоиды
$SED = PGV(T)^2 \cdot \left(\frac{A}{(B + T^2)} + C\right)$	$A=11,6;$ $B=5,1$ $C=-0,195$	0,74	Использование модели воздействия в виде суммы затухающей синусоиды и импульса скорости
$SED = a + b \cdot T$	$a=0,446$ $b=0,838$	0,737	
$SED = a + b \cdot \ln(T)$	$a=1,244$ $b=0,382$	0,721	
$SED = a + b \cdot e^{-c \cdot T}$	$a=1,22$ $b=1,267$ $c=3,667$	1,317	
$SED = \text{const}$	$\text{const}=0,352$	0,876	

Для сравнения на рис. 4 показана аппроксимация, полученная с использованием формулы (1).

Вид графика для SED(T), изображённого на рисунке 2, вполне приемлемый, но формула (12) не учитывает наличие импульса скорости. Поэтому, с учётом импульса, аппроксимация для величины SED будет выглядеть следующим образом

$$SED = PGV(T)^2 \cdot \left(\frac{A}{(B + T^2)} + C\right), \quad (13)$$

где A – также, как и a в формуле (10) является параметром затухания, C выражает импульс скорости, а B – частот-

ность процесса.

Аналогично I_A для SED на рисунках 5 и 6 представлены виды зависимостей по формуле (13) и формуле (1).

В таблицах 1 и 2 отображены результаты использования различных аппроксимирующих формул.

ВЫВОДЫ

Как отмечено ранее, часть параметров воздействия (пиковые ускорения и скорости, коэффициент гармоничности) имеет четкую корреляцию с преобладающим периодом

акселерограмм, а для энергетических характеристик такой зависимости не наблюдается.

Ввиду большого разброса величины PGA, все погрешности в различных формулах аппроксимации, зависимости этих параметров от преобладающего периода акселерограммы сопоставимы.

Наиболее разумным было бы считать величину I_A постоянной в рамках данного балла или же использовать для ее описания формулу (10), которая обладает физическим смыслом. Допустимо считать величину I_A не зависящей от преобладающего периода воздействия T , принимая в расчетах в качестве расчетной величины сумму $I_A + \sigma_{I_A} \approx 9.5 \text{ м/с}$.

Для зависимости $SED(T_{eq})$ характерен рост с увеличением T_{eq} , особенно в диапазоне $0 < T_{eq} < 0.75 \text{ с}$. В отличие от

$I_A(T_{eq})$, $SED(T_{eq})$ не так чувствителен к наличию импульса – импульс скорости немного снижает погрешность, но общий вид зависимости не меняет.

Однако, параметр, характеризующий импульс скорости, позволяет учесть природу воздействия, а сама зависимость – просто регулировать модель воздействия. В инженерной практике также допустимо принимать SED не зависящим от преобладающего периода и равным $SED + \sigma_{SED} \approx 1.228 \text{ м}^2/\text{с}$.

Отметим в заключении, что воздействие в виде суммы затухающей синусоиды и импульса скорости отражает реальную зависимость $I_A(T_{eq})$. Это подтверждает известное предположение А. М. Уздина и Л. Н. Дмитриховской о выделении из реальных воздействий импульса скорости [13].

Литература

1. Уздин А.М. Задание сейсмического воздействия. Взгляд инженера-строителя // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2005. №1. С. 27-31.
2. Уздин А.М., Нестерова О.П., Прокопович С.В., Долгая А.А., Чанг Юань, Гуань Юхай, Ван Хайбинь. Моделирование сейсмических воздействий для динамического расчета зданий и сооружений // Российско-китайский научный журнал «Содружество». Ежемесячный научный журнал научно-практической конференции. 2017. № 20. 1 часть. С. 59-66.
3. Kenneth W. Campbell, Yosef Bozorgnia. Cumulative Absolute Velocity (CAV) and Seismic Intensity Based on the PEER-NGA Database. *Earthquake Spectra*, Vol.28, Number 2. Pp.457-485.
4. Omori F. Seismic Experiments on the Fracturing and Overturning of Columns, *Publ. Earthquake Invest. Comm. in foreign Languages*. 1900. №4. Tokyo.
5. ГОСТ 6249-52 «Шкала для определения силы землетрясений в пределах от 6 до 9 баллов».
6. Антикаев Ф.Ф. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. М.: Наука и образование. 175 с.
7. ГОСТ Р 57546-2017 Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности.

8. СП 14.13330.2011 *Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81**
9. Богданова А.М., Нестерова О.П., Никонова Н.В., Ткаченко А.С., Уздин А.М., Рахманова М., Азаев Т.М., Зайнулабидова Х.Р. Числовые характеристики сейсмических воздействий // *Наука и мир*. 2017. №3 (43). Том 1. С. 49-55.
10. Долгая А.А. Моделирование сейсмического воздействия коротким временным процессом // *Э-И. ВНИИНТПИ. Сер. «Сейсмостойкое строительство»*. Вып. 5-6. 1994. С.56-63.
11. Долгая А.А., Индейкин А.В. Статистический анализ интенсивности по Ариасу и скорости для реальных землетрясений // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2002. № 2. С. 32-33.
12. Faccioli E., Paolucci R., Rey Ju. Displacement spectra for long periods // *Earthquake Spectra*. Vol.20. No.2. Pp.347-376.
13. Уздин А.М., Dmitrovskaya L.N., Sakharov O.A. Setting the Level of Design Acceleration on the Basis of the Energy Theory of Earthquake Engineering. *Fourteen European Conference on Earthquake Engineering*. Macedonia, Ohrid, 2010. CD-paper №189, Abstract Book. P.98.
14. Никонова Н.В. Модель сейсмического воздействия для расчета сооружений с учетом особенностей возможного очага

землетрясений // *Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений*. 2014. №4. С. 23-27.

15. Шивуа А.Д. Анализ энергетических методов оценки сейсмической энергии, поступившей в систему при землетрясении // *Вестник гражданских инженеров*. 2014. № 6 (47). С. 96-103
16. Айзенберг Я. М. Шкала сейсмической интенсивности и нормы строительного проектирования // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2012. №3. С.17-19.
17. Уздин А.М., Елизаров С.В., Белаш Т.А. Сейсмостойкие конструкции транспортных зданий и сооружений. Учебное пособие. ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 2012. 500 с.
18. Рутман Ю.Л., Симборт Э. Анализ возможностей применения энергетического критерия CAV для расчета сейсмостойкости сооружения / IX Всеукраинская науч.-техн. конф. «Строительство в сейсмических районах Украины». Киев: ДП НДІБК. 2012. С. 618–625.

Материалы хранятся по адресу:
192284, г. Санкт-Петербург,
ул. Димитрова, д. 13/70 кв.29
spr94@outlook.com

PROKOPOVICH S., engineer, Department “Strength of materials and structures”, FGBOU to St. Petersburg state University of railway engineering. Alexander I

ESTIMATING THE DEPENDENCE OF SEISMIC INPUT ENERGY CHARACTERISTICS ON ITS PREDOMINANT PERIOD

Abstract

The paper considers the types of dependencies of the seismic input energy characteristics on input prevailing period. In particular, the types of dependencies for the Arias intensity and the seismic energy density are proposed. In the course of this study,

a database including 91 accelerograms of earthquakes with intensity 9 on the MSK scale was used. This database was collected at the Petersburg State Transport University and the University of Petroleum in Qingdao. Parameters of the approximating dependences were calculated by the least squares method. Formal dependences in the form of polynomials and exponential func-

tions, and dependencies, characteristic for the input in the form of a damped sinusoid were considered. Parameters of the last type of dependencies can have a physical meaning. Studies have shown that some of the input parameters (peak accelerations and velocities, harmonic coefficient) have a clear correlation with

the accelerogram prevailing period, and for energy characteristics such relationship is not observed.

Keywords: seismic impact, intensity in the arias, the density of seismic energy, the dominant period addition.

References

1. Uzdin A.M. Zadanie seismicheskogo vozdeistviia. Vzgliad inzhenera-stroitelia//*Seismostoiroe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* [Earthquake engineering. Constructions safety] 2005. №1. Pp. 27-31. [In Russian]
2. Uzdin A.M., Nesterova O.P., Prokopovich S.V., Dolgaia A.A., Chang Uan, Guan' Uhai, Van Haibin'. Modelirovanie seismicheskikh vozdeistvii dlia dinamicheskogo rascheta zdani i sooruzhenii// Rossiisko-kitaiskii nauchnyi zhurnal «Sodruzhestvo». Ezhemesiachnyi nauchnyi zhurnal nauchno-prakticheskoi konferentsii. 2017. № 20. 1 chast'. Pp. 59-66. [In Russian]
3. Kenneth W. Campbell, Yosef Bozorgnia. Cumulative Absolute Velocity (CAV) and Seismic Intensity Based on the PEER-NGA Database. *Earthquake Spectra*, Vol. 28, Number 2. Pp. 457-485.
4. Omori F. Seismic Experiments on the Fracturing and Overturning of Columns. *Publ. Earthquake Invest. Comm. in foreign Languages*. 1900. №4. Tokyo.
5. GOST 6249-52 «Shkala dlia opredeleniia sily zemletriasenii v predelakh ot 6 do 9 ballov» [In Russian]
6. Aptikaev F.F. Instrumental'naia shkala seismicheskoi intensivnosti. M.: Nauka i obrazovanie. 175 p. [In Russian]
7. GOST 57546-2017 Zemletriaseniia. Shkala seimicheskoi intensivnosti. [In Russian]
8. SP 14.13330.2011 Stroitel'stvo v seimicheskikh raionah. Aktualizirovannaia redaktsiia SNiP II-7-81 [In Russian]
9. Bogdanova A.M., Nesterova O.P., Nikonova N.V., Tkachenko A.S., Uzdin A.M., Rahmanova M., Azaev T.M., Zainulabidova H.R. Chislovye harakteristiki seimicheskikh vozdeistvii//*Nauka i mir*. 2017.3 (43). Tom 1. Pp.49-55. [In Russian]
10. Dolgaia A.A. Modelirovanie seimicheskogo vozdeistviia korotkim vremennym protsessom// E-I.VNIINTPI. Ser. «Seimostoiroe stroitel'stvo». Vyp.5-6.1994.Pp.56-63. [In Russian]
11. Dolgaia A.A., Indeikin A.V. Statisticheskii analiz intensivnosti po Ariasu I skorosti dlia real'nyh zemletriasenii // *Seimostoiroe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* [Earthquake engineering. Constructions safety] 2002. №2. Pp. 32-33 [In Russian]
12. Faccioli E., Paolucci R., Rey Ju. Displacement spectra for long periods // *Earthquake Spectra*. Vol.20. No.2. Pp.347-376.
13. Uzdin A.M., Dmitrovskaya L.N., Sakharov O.A. Setting the Level of Design Acceleration on the Basis of the Energy Theory of Earthquake Engineering. Fourteen European Conference on Earthquake Engineering. Macedonia, Ochrid, 2010. CD-paper №189, Abstract Book. P. 98.
14. Nikonova N.V. Model' seimicheskogo vozdeistviia dlia rascheta sooruzhenii s uchetom osobennosti vozmoznogo ochaga zemletriasenii // *Prirodnye i tehnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenii* [Natural and man-made risks. Safety of structures]. 2014. №4. Pp.23-27 [In Russian]
15. Shivua A.D. Analiz energeticheskikh metodov otsenki seimicheskoi energii, postupivshei v sistemu pri zemletriasenii//*Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of civil engineers]. 2014. №6 (47). Pp. 96-103 [In Russian]
16. Eizenberg J.M. Shkala seimicheskoi intensivnosti i normy stroitel'nogo proektirovaniia//*Seimostoiroe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* [Earthquake engineering. Constructions safety]. 2012. №3. Pp. 17-19 [In Russian]
17. Uzdin A.M., Elizarov S.V., Belash T.A. Seimostoiroe konstruktssii transportnyh zdani i sooruzhenii. Uchebnoe posobie. FGOU «Uchebno-metodicheskii tsentr po obrazovaniiu na zheleznodorozhnom transporte». 2012. 500 p. [In Russian]
18. Rutman U.L., Simbort E. Analiz vozmozhnosti primeneniia energeticheskogo kriteriia CAV dlia rascheta seimostoirosti sooruzheniia/ IX Vseukrainskaia nauch.-tehn. konf. «Stroitel'stvo v seimicheskikh raionah Ukrainy». Kiev: DP NDIBK. 2012. Pp.618-626. [In Russian]

Для цитирования: Прокопович С.В. Оценка зависимости энергетических характеристик сейсмического воздействия от его преобладающего периода // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2018. № 4. С. 50-55.

For citation: Prokopovich S.V. Estimating the dependence of seismic input energy characteristics on its predominant period // *Seimostoiroe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* [Earthquake engineering. Constructions safety], 2018, no. 4, pp. 50-55. (In Russian).

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

Тяпин А. Г.

СОВРЕМЕННЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К РАСЧЕТУ ОТВЕТСТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

М.: Издательство АСВ, 2018. 518 с.



В издательстве АСВ вышла в свет четвертая монография д. т. н. А.Г. Тяпина, на этот раз посвященная новым тенденциям в американских нормах расчета сооружений ядерных объектов на сейсмические воздействия. В 2017 году опубликована новая редакция стандарта ASCE4-16. Зная ту огромную роль, которую сыграла предыдущая редакция этого стандарта (ASCE4-98), автор полагает, что в ближайшие годы новая редакция также станет индустриальным стандартом по всему миру. С учетом большого количества зарубежных проектов Росатома, отечественным специалистам важно знать, какие новшества появились в новой редакции, чтобы работать с зарубежными заказчиками. Кроме того, ряд уникальных гражданских сооружений уже сопоставим с сооружениями ядерных объектов по своим размерам, жесткостям и массам, поэтому нормы атомной отрасли в части сейсмических расчетов могут, по мнению автора, использоваться и для подобных гражданских объектов. Сравнительный анализ новых нормативных документов и документов прежнего поколения, проводимый автором в данной монографии, представляет интерес

для студентов и аспирантов, готовящихся к работе в этой отрасли, а также для преподавателей строительных ВУЗов. По вопросам заказа монографии можно обращаться в издательство АСВ E-mail: iasv@iasv.ru, тел. 8(925)084-74-24.