

О ДОПОЛНЕНИЯХ И ИЗМЕНЕНИЯХ В НОРМАХ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ АРМЕНИИ

© 2005 г. Э. Е. Хачиян

Институт геологических наук НАН РА
375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения
E-mail: edkhach@sci.am
Поступила в редакцию 25.01.2005 г.

Приводятся разработанные автором основные дополнения и изменения, которые включены в новую редакцию норм сейсмостойкого строительства Республики Армения. Они касаются классификации грунтовых условий по сейсмическим свойствам (отдельно для однородных и неоднородных оснований), величин коэффициентов грунтовых условий в зависимости от ожидаемого ускорения грунта данной сейсмоопасной зоны; преобладающих периодов, длин поперечных волн и продолжительности интервалов интенсивных сотрясений грунтов. Приводятся также параметры новых спектров реакции землетрясений в зависимости от категории грунтов и скорректированные значения коэффициентов допустимых повреждений зданий и сооружений.

В Республике Армения после распада СССР, в одной из первых среди стран СНГ, были разработаны и внедрены национальные нормы по сейсмостойкому строительству СНРА II-2.02-94. При разработке новых норм учтены уроки и тяжелые последствия Спитакского землетрясения 1988 года, мировой опыт сейсмостойкого строительства и научные достижения в области инженерной сейсмологии и сейсмостойкости сооружений. Нормы СНРА II-2.02-94 существенно отличаются от бывших советских СНиП II-7-81. В нормах СНРА II-2.02-94 отсутствует понятие балла. Существенно повышен общий уровень сейсмической опасности всей территории республики. Территория республики разделена на три сейсмоопасные зоны – 1, 2, 3 с ожидаемым ускорением грунта А соответственно 0,2g, 0,3g и 0,4g, причем зона с ускорением грунта 0,2g составляет всего 15% от всей территории республики. Грунты площадки строительства по сейсмическим свойствам разделены на 4 категории, установление которых производится не только по физико-механическим свойствам грунтов, но и по динамическим характеристикам приповерхностной 30-метровой грунтовой толщи – величинами скоростей распространения волн сдвига V_s и преобладающих периодов колебаний T_0 . Выведены новые коэффициенты грунтовых условий k_0 , равные 0,8; 1,0; 1,2 и 1,4 соответственно для грунтов I, II, III и IV категорий. С целью избежания резонансных явлений при землетрясениях нормы предъявляют требования, чтобы период основного тона свободных колебаний зданий и сооружений T_1 отличался от преобладающего периода грунтовой толщи T_0 не менее чем в 1,5 раза. В нормах были приняты новые очертания динамического коэффициента $\beta(T)$ из трех ветвей для грунтов разной категории с параметрами $\beta(0)=1$, $\beta_{\infty}=2,5$ и неограниченным нижним пределом $\beta(T)$ для всех категорий грунтов. Существенно изменились значения коэффициента повреждаемости k_1 – вместо 0,25 от 0,3 до 0,7. Нормы регламентируют также значения допустимых перекосов этажей зданий различных конструктивных решений. В СНРА II-2.02-94 имеются также отличные от СНиП

II-7-81 рекомендации по учету влияния крутильных колебаний (в зависимости не только от эксцентриситета между центрами масс и жесткостей, но и от категории по сейсмическим свойствам основания сооружений), вертикальной составляющей сейсмического воздействия, взаимодействия между грунтом и сооружением, влияния высших форм колебаний и др. В отличие от СНиП II-7-81 в СНРА II-2.02-94 введен новый раздел о восстановлении и усилении зданий и сооружений, получивших повреждения во время землетрясения, со специальной шкалой степеней повреждений, на основе которых должны быть осуществлены восстановительные работы и мероприятия по усилению. С этой целью нормы рекомендуют по вновь проектируемым зданиям и сооружениям в обязательном порядке, после их возведения, составить специальные технические паспорта с краткими сведениями об их конструктивных особенностях и расчетных нагрузках, грунтовых условиях, а также о величине периода основной формы свободных колебаний объекта, установленной экспериментальным путем.

В новой редакции норм сейсмостойкого строительства Армении произведены следующие основные дополнения и изменения:

1. Учитывая существенную роль активных разломов в деле повышения уровня сейсмической опасности близлежащих к разлому строительных площадок, в сейсмической зоне 3 территории РА ожидаемое ускорение грунта для строительных площадок, находящихся на расстоянии до 10 км от возможных очаговых зон (активных разломов), рекомендуется увеличить в 1,2 раза. Такое положение заимствовано из норм сейсмостойкого строительства США (USA. UBC, 1997).

По этим нормам влияние близости строительной площадки к активным разломам учитывается более детально и дифференцированно для 4-й сейсмоопасной зоны территории США с ожидаемым ускорением грунта 0,4g. Разломы подразделяются на три категории – А, В, С, описание и количественные параметры которых приведены в табл.1. Влияние близости разлома учитывается путем умножения общей горизонтальной инерционной сейсмической нагрузки на

Таблица 1

Тип сейсмического очага	Описание сейсмического очага	Параметры сейсмического очага	
		Максимальная моментная магнитуда, M	Скорость проскальзывания, SR , мм/год
A	Разломы, способные генерировать землетрясения с большой магнитудой и имеющие значительный уровень сейсмической активности	$M \geq 7.0$	$SR \geq 5$
B	Все другие разломы, кроме типа A и C	$M \geq 7.0$	$SR < 5$
		$M < 7.0$	$SR > 2$
		$M \geq 6.5$	$SR < 2$
C	Разломы, не способные генерировать землетрясения с большой магнитудой и имеющие относительно низкий уровень сейсмической активности	$M < 6.5$	$SR \leq 2$

Примечание: Условия максимальной моментной магнитуды и скорости проскальзывания должны быть удовлетворены одновременно при определении типа сейсмического очага.

уровне основания сооружения на коэффициент N_a (near-source factor – околоочаговый фактор), который в зависимости от категории разлома и расстояния строительной площадки от него (от 2 до 10км) изменяется в пределах от 1.5 до 1.0. В связи с этим, считаем необходимым к карте сейсмического районирования РА составить специальные крупномасштабные карты-приложения (для каждой области) с указанием мест расположения активных разломов, эпицентров прошлых разрушительных землетрясений, ополз-

невых территорий и зон разжижения грунтов, участков возможных затоплений в случае обрушения плотин и других небезопасных для строительства территорий. 2. Существенные изменения внесены в процедуры разделения оснований сооружений на категории по сейсмическим свойствам. В случае однородного грунтового разреза площадки строительства категория грунтовых условий площадки строительства принимается по табл.2.

Таблица 2

Категория грунта	Грунты в пределах более чем 30-метрового слоя, считая от планировочной отметки
I	– скальные грунты всех видов, с пределом прочности на одноосное сжатие 15 МПа и более; – крупнообломочные грунты из магматических пород, плотные, маловлажные, содержащие до 30% песчано-глинистого заполнения;
II	– скальные грунты с пределом прочности на одноосное сжатие менее 15 МПа; – крупнообломочные грунты, не отнесенные к I категории; – пески гравийлистые, крупные и средней крупности, плотные и средней плотности, маловлажные; – пески мелкие и пылеватые, плотные и средней плотности, маловлажные; – пылевато-глинистые грунты с показателем консистенции $I_L \leq 0.5$ при коэффициенте пористости $e \leq 0.9$ для глин и суглинков и $e \leq 0.7$ – для супесей;
III	–пески гравийлистые, крупные и средней крупности, плотные и средней плотности, водонасыщенные; – пески мелкие и пылеватые, плотные и средней плотности, влажные; – пылевато-глинистые грунты с показателем консистенции $0.5 < I_L \leq 0.75$; – пылевато-глинистые грунты с показателем консистенции $I_L \leq 0.5$ при коэффициенте пористости $0.9 < e \leq 1.5$ для глин, $0.9 < e \leq 1.0$ для суглинков и $0.7 < e \leq 0.9$ – для супесей; – необводненные насыпные и почвенные грунты;
IV	– пески рыхлые, независимо от крупности, водонасыщенные; – пески мелкие и пылеватые, плотные и средней плотности, водонасыщенные; – пылевато-глинистые грунты (супеси, суглинки и глины) с показателем консистенции $I_L \geq 0.75$, глинистые грунты с показателем консистенции $0.5 < I_L \leq 0.75$ при коэффициенте пористости $e > 1.5$ для глин, $e > 1.0$ для суглинков и $e > 0.9$ – для супесей; – обводненные, насыпные и почвенные грунты; – плавуны, биогенные грунты и илы.

- Примечания:
- Допускается наличие в составе грунта i категории тонких слоев грунта $i+1$ категории общей мощностью не более чем 10 метров или грунтов $i+2$ категории общей мощностью не более чем 5 м.
 - Для грунтов IV категории достаточно наличие 10-метрового слоя от планировочной отметки.
 - При прогнозировании подъема уровня грунтовых вод или обводнения грунтов в процессе эксплуатации сооружения категорию грунта следует определить в зависимости от свойств грунта в водонасыщенном состоянии.
 - При проектировании зданий с подземными этажами глубина разреза считается от уровня подошвы фундамента.

Таблица 3

Категория грунто неоднородных грунтовых оснований	Значение средней скорости $\bar{V}_s$ распространения поперечных волн в пределах всей неоднородной среды Н от планировочной отметки до плотных пород с $V_s \geq 800$ м/с , по формуле (1), м/с	Значение преобладающего периода T_0 для всей неоднородной среды Н от планировочной отметки до плотных пород, $V_s \geq 800$ м/с, сек
I	$\bar{V}_s > 800$	$T_0 \leq 0.3$
II	$500 < \bar{V}_s < 800$	$0.3 < T_0 \leq 0.6$
III	$150 < \bar{V}_s < 500$	$0.6 < T_0 \leq 0.8$
IV	$\bar{V}_s < 150$	$T_0 > 0.8$

Для более четкого разделения грунтов I и II категории рекомендуется использовать их прочностные характеристики на одноосное сжатие соответственно 15МПа и более для грунтов I категории и меньше 15МПа для грунтов II категории.

Для неоднородного грунтового разреза площадки строительства категория грунтовых условий по сейсмическим свойствам устанавливается по динамическим характеристикам неоднородной грунтовой толщи общей мощностью Н согласно табл.3. За расчетную категорию по табл.3, в зависимости от среднего значения скоростей распространения поперечных волн $\bar{V}_s$ и преобладающих периодов T_0 грунтовой толщи, принимается категория с большим порядковым номером.

Значения $\bar{V}_s$ и T_0 определяются теоретически или экспериментально в процессе проведения инженерно-геологических изысканий и сейсмологических исследований.

Теоретические значения $\bar{V}_s$ и T_0 вычисляются по формулам:

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{k=1}^n H_k}{\sum_{k=1}^n \frac{H_k}{V_{sk}}}, \quad T_0 = \frac{4H}{\bar{V}_s}, \quad (1)$$

где n – число слоев, $V_{sk} = \sqrt{G_k / \rho_k}$, H_k – мощность k-ого слоя. G_k – модуль сдвига слоя, ρ_k – плотность. Более точное значение T_0 можно определить методом волновой механики.

При установлении значений $\bar{V}_s$ и T_0 по микросейсмам и взрывам за расчетные значения соответственно принимаются $\bar{V}_s / 1,3$ и $1,3T_0$.

3. Значение коэффициента грунтовых условий k_0 (на который умножается ожидаемое ускорение грунта) в новой редакции норм принимается по табл.4.

Они значительно отличаются от значений,

Таблица 4

Категория грунто в	Значение коэффициента грунтовых условий k_0		
	Сейсмические зоны		
	1	2	3
I	0,7	0,8	0,9
II	1,0	1,0	1,0
III	1,3	1,2	1,1
IV	1,5	1,3	1,0

приведенных в первой редакции норм, что вызвано результатами анализа прямых измерений ускорений скальных и аллювиальных (рыхлых) грунтов при сильных землетрясениях, показанных на рис.1, заимствованных у Х.Б.Сида (H.B.Seed) и И.М.Идрисса (I.M.Idriss). На рисунке пунктиром показана связь между ускорениями, записанными на участках с мягкими грунтами и на участках со скальными грунтами. Сплошными прямоугольниками показаны диапазоны реально зарегистрированных данных при двух известных землетрясениях 1985г. в Мексике и 1989г. в Ломо Приета. Как видно из рисунка, при относительно слабых землетрясениях значения ускорения на рыхлых грунтах регистрировались в среднем в 2 раза больше, чем на скальных участках; при сравнительно умеренных землетрясениях они почти равны, а при сильных землетрясениях происходит обратное явление – ускорения на скальных грунтах больше, чем на рыхлых.



Рис 1.

Таким образом, в новой редакции норм каждая из трех сейсмических зон имеет свои 4 коэффициента грунтовых условий, и ожидаемые ускорения грунта А для всей территории Армении изменяются в пределах $0,14g \leq A \leq 0,44g$ (табл 5)

Таблица 5

Категория грунта по сейсмическим свойствам	Значения ускорений грунта в долях g по сейсмическим зонам		
	1	2	3
I	0,14	0,24	0,36
II	0,20	0,30	0,40
III	0,26	0,36	0,44
IV	0,30	0,39	0,40

4. При проектировании сооружений (атомные и гидроэлектростанции, плотины, водохранилища, большепролетные мосты и эстакады) возникает необходимость дополнительной информации о продолжительности интенсивных колебаний грунтов и их горизонтальных перемещений, о преобладающих периодах грунтов и о длине поверхностных сейсмических волн для грунтов разной категории. В принципе, чем сильнее землетрясение, тем дольше оно длится. Но продолжительность интенсивных колебаний грунта обусловлена также эпицентральной расстоянием.

Ускорение грунта A в долях g	0,1	0,2	0,3	0,4
Продолжительность интенсивных колебаний грунта в сек	10	15	20	25

Eurocode 8 рекомендует следующие продолжительности землетрясений для строительных площадок до 30 км от эпицентра в зависимости от ожидаемого ускорения грунта:

Для максимальных перемещений грунта $y_{отмх}$ (в см), согласно тем же нормам Eurocode 8, предлагается

$$y_{отмх} = 0,05 A g k_0 T_0 T_d,$$

где значение k_0 принимается по табл.3, T_d принимается равным 3,0 сек, а для T_0 (преобладающий период колебаний грунта) принимаются

для грунтов I категории 0,3 сек
для грунтов II категории 0,5 сек
для грунтов III категории 0,7 сек
для грунтов IV категории 0,9 сек

В новой редакции норм длина поверхностных поперечных волн λ регламентируется в следующих диапазонах:

для грунтов I категории $\lambda > 350 м$
для грунтов II категории $250 м < \lambda < 350 м$
для грунтов III категории $150 м < \lambda < 250 м$
для грунтов IV категории $\lambda < 100 м$.

Рекомендуется длину отсека жилых и общественных зданий принимать не более, чем 1/4. Значения продолжительности интенсивных колебаний грунта, преобладающих периодов и длин сейсмических волн рекомендуется использовать также при генерировании синтетических акселерограмм для данной строительной площадки.

5. В новой редакции норм значительной корректировке подверглись также очертания динамического коэффициента $\beta(T)$ для грунтов разной категории. Построенные по зарегистрированным акселерограммам спектры реакций землетрясений показывают, что ординаты $\beta(T)$ для грунтов I и II категорий при увеличении T уменьшаются значительно круче, чем для грунтов III и IV категорий. Кроме того горизонтальный участок $\beta(T) = \text{const}$ с увеличением категории грунтов удлиняется в сторону больших T . Поэтому новые очертания $\beta(T)$ представлены в виде, показанном на рис.2 (для $p=0.5\%$).

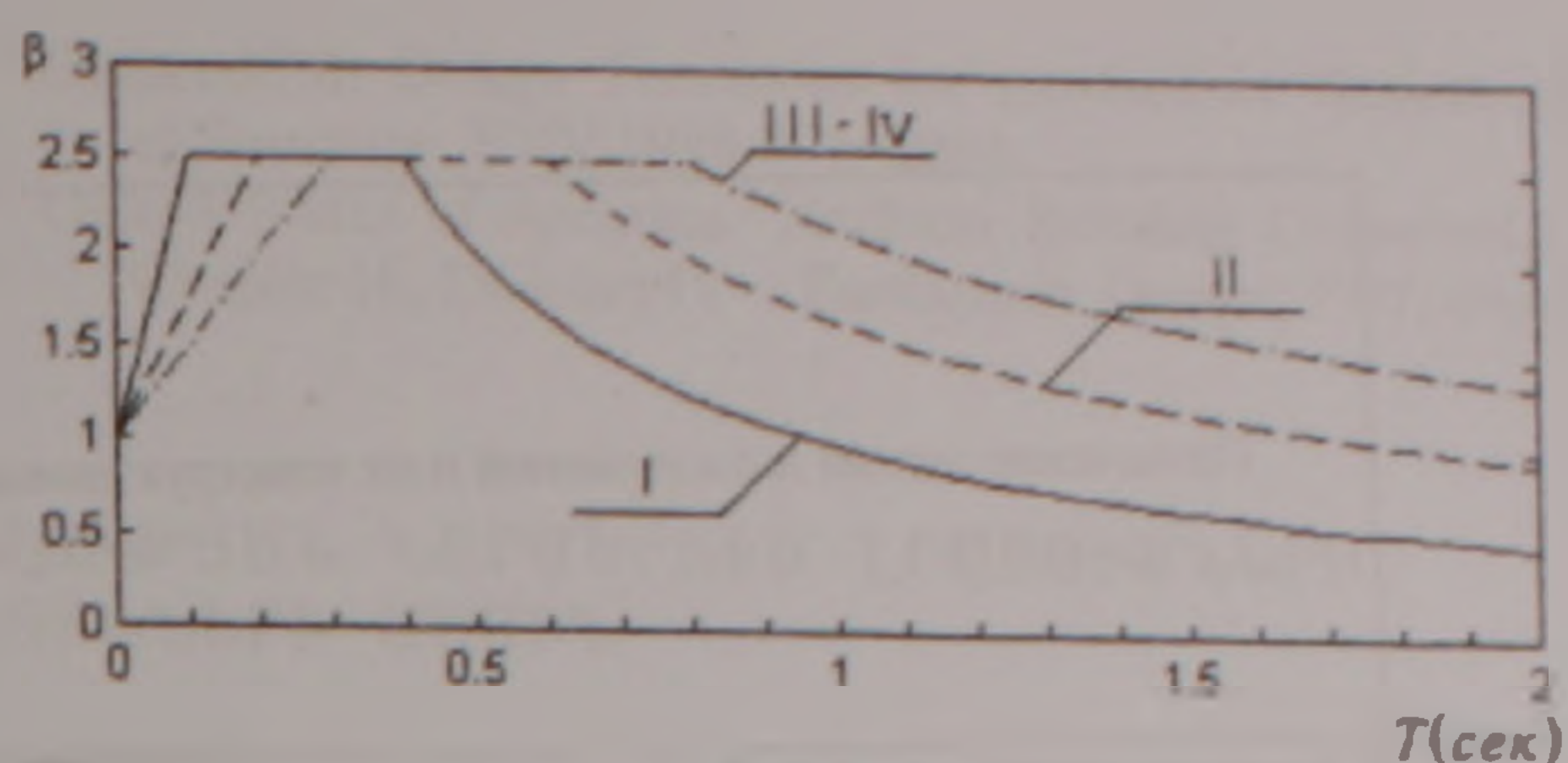


Рис.2

Соответствующие формулы для $\beta(T)$ имеют вид (T в сек.):

Для грунтов I категории

$$\begin{aligned} \beta &= 1+15T && \text{при } 0 < T < 0,1 \\ \beta &= 2,5 && \text{при } 0,1 < T < 0,4 \\ \beta &= 1/T && \text{при } T > 0,4 \end{aligned}$$

Для грунтов II категории

$$\begin{aligned} \beta &= 1+7,5T && \text{при } 0 < T < 0,2 \\ \beta &= 2,5 && \text{при } 0,2 < T < 0,6 \\ \beta &= 1,66/T^{4/5} && \text{при } T > 0,6 \end{aligned}$$

Для грунтов III и IV категорий

$$\begin{aligned} \beta &= 1+5T && \text{при } 0 < T < 0,3 \\ \beta &= 2,5 && \text{при } 0,3 < T < 0,8 \\ \beta &= 2,15/T^{2/3} && \text{при } T > 0,8 \end{aligned}$$

Значения расчетных горизонтальных сил по-прежнему определяются по формуле

$$S_{ki} = k_1 k_2 k_3 Q_k A k_0 \eta_k \beta_i$$

где k_1 , k_2 и k_3 соответственно являются коэффициентами допустимых повреждений, ответственности объекта и взаимодействия грунтов и сооружений, Q_k — нагрузка, вызывающая инерционную силу, сосредоточенная в точке k , η_k — безразмерный коэффициент формы колебания.

В новой редакции дополнительно внесена формула для определения перемещений и перекосов этажей в виде

$$x_{ki} = A g k_0 \eta_k \beta_i (T_i/2\pi)^2$$

$$\Delta_{ki} = x_{k+1,i} - x_{ki}$$

Значения коэффициента допустимых повреждений в новой редакции приведены в табл.6.

В новой редакции СНРА внесен также ряд изменений и дополнений, касающихся основных принципов проектирования, обязательных конструктивных мероприятий по жилым, общественным, производственным, транспортным и гидротехническим зданиям и сооружениям. В частности, с целью создания благоприятных условий для упруго-пластической работы конструкции внесены ограничения для величины сжимающей нагрузки в колоннах многоэтажных железобетонных зданий с каркасом от собственного веса конструкции и других вертикальных статических нагрузок в наиболее загруженном сечении (на уровне обреза фундамента). Эта нагрузка в сейс-

Таблица 6

Назначение зданий и сооружений и их конструктивное решение	Значение коэффициента k_1 в зависимости от сейсмических зон		Рекомендуемые значения перекоса этажей
	сейсмические зоны 1, 2	сейсмическая зона 3	
1. Здания и сооружения, в которых повреждения или неупругие деформации не допускаются	1.0	1.0	
2. Жилые, общественные, производственные, сельскохозяйственные здания и сооружения, в которых допускаются повреждения, безопасные для жизни людей и не приводящие к выходу из строя оборудования (конструкции этих зданий после расчетного землетрясения подлежат восстановлению), при их осуществлении из: а) металлических конструкций - рамный каркас - рамно-связевой каркас б) железобетонных конструкций - рамный каркас - рамно-связевой каркас - с несущими крупнопанельными стенами - с несущими монолитными стенами в) каменных и кирпичных стеновых конструкций - усиленных железобетонными включениями (комплексные) - из стеновых крутящих блоков - из искусственных (в том числе кирпичей) и природных камней правильной формы и кладки "милос"	0.30 0.35 0.40 0.45 0.45 0.45 0.60 0.65 0.70	0.25 0.30 0.35 0.40 0.40 0.40 0.55 0.60 0.60	1/150 1/200 1/200 1/300 1/350 1/350 1/500 1/550 1/600
3. Здания и сооружения со специальными системами сейсмозащиты на уровне фундаментов: - при расчете элементов выше системы сейсмозащиты При расчете системы сейсмозащиты (в том числе резино-металлических подушек) и нижерасположенных элементов, несущих конструкции - при коэффициенте затухания сейсмоизоляторов до $\eta=5\%$ - при коэффициенте затухания сейсмоизоляторов более 10% При промежуточных значениях η значение коэффициента k_1 определяется по линейной интерполяции.	согласно п.2 1.0 0.8 0.8 0.6		
4. Здания и сооружения, не указанные в позициях 1-3.	0.20	0.15	

мических зонах 1, 2, 3 не должна превышать соответственно $0,9N_R$, $0,8 N_R$ и $0,7 N_R$, где N_R – расчетное значение несущей способности того же сечения при осевом сжатии (без учета работы продольной арматуры).

В разделе "Восстановление и усиление зданий и сооружений" введен новый количественный коэффициент оценки сейсмovoоруженности конструкций K_{CB} в результате ее усиления:

$$K_{CB} = \frac{Q_{\Pi}}{Q_H}, \quad 0.5 < K_{CB} < 1,$$

где Q_{Π} – сумма поэтажных сейсмических сил на уровне верха фундамента (поперечная сила), воспринимаемая зданиями и сооружениями в результате усиления ("повышения сейсмovoоруженности"), Q_H – сумма поэтажных сейсмических сил на том же уровне, определяемая в результате расчета по действующим в РА нормам

("нормативная сейсмостойкость"). Минимальному уровню усиления соответствует значение $K_{CB} = 0,5$, максимальному – 1,0. Промежуточные значения K_{CB} нормируются в зависимости от функционального назначения и ответственности усиливаемого объекта.

ЛИТЕРАТУРА

Айзенберг Я.М., Хачиян Э.Е., Габричидзе Г.К., Гудков Б.П., Золотков А.С., Измайлов Ю.В., Ицков И.Э., Оруджев М.Ф., В.И.Уломов, Хакимов Ш.А. Международные строительные нормы СНГ. Строительство в сейсмических районах (проект) 2002г. "Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений". ВНИИТПИ, М.:, N3, 2002, с.27-54.
СНРА II-2.02-94, Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования. Ереван, 1995, 70с. (на армянском и русском языках).
Хачиян Э.Е. Об основных концепциях по разработке

единых международных норм по сейсмостойкому строительству. "Сейсмостойкое строительство. Без-
опасность сооружений". ВНИИТПИ, М.: N2, 2000,
с.14-18.

Eurocode 8. Design Provisions for Earthquake Resistance
of Structure. ENV 1998-1-1: 1994.

United States of America. Uniform Building Code, vol.2,
Chapter 16, Division IV – Earthquake Design, 1997, 69pp.

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՍԵՅՍՄԱԿԱՅՈՒՆ ԸՆԴԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՆՈՐՄԵՐՈՒՄ ԼՐԱՑՈՒՄՆԵՐԻ ԵՎ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Է. Ե. Խաչիյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Շարադրվում են հեղինակի կողմից մշակված Հայաստանի սեյսմակայուն շինարարության նորմերի նոր խմբագրությունում մտցված լրացումները և փոփոխությունները: Դրանք հիմնականում վերաբերվում են տեղանքի գրունտները ըստ սեյսմիկ հատկությունների դասակարգման, գրունտային պայմանների գործակիցների մեծություններին կախված սեյսմիկ գոտու արագացման մեծությունից և երկրաշարժի ռեակցիայի սպեկտրի կորերի նոր ուրվագծերին՝ կախված գրունտային պայմաններից:

ABOUT ADDITIONS AND CHANGES IN SEISMIC BUILDING CODE OF ARMENIA

E. Y. Khachian

A b s t r a c t

The basic additions and changes developed by the author and included in a new edition of seismic building code of Republic of Armenia are presented. They apply to the classification of ground conditions by seismic properties (separately for homogeneous and heterogeneous bases), by coefficient values of ground conditions depending on the expected ground acceleration of a given seismic-prone zone; predominant periods, lengths of lateral waves and intervals of duration of intensive ground motions. Parameters of new earthquake reaction spectra depending on the ground category and corrected values of coefficients of allowable damages of buildings and structures are also presented.