

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	5
1.1. Предельные состояния .....	5
1.2. Требования особого предельного состояния.....	7
1.3. Классификация землетрясений.....	13
2. РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	19
2.1. Требования норм.....	19
2.2. Контроль сейсмостойкости существующих зданий.....	25
2.3. Расчет несущих конструкций железобетонных зданий.....	25
2.4. Расчет несущей способности зданий из каменной кладки .....	28
3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ .....	32
3.1. Общие положения по конструированию .....	32
3.2. Основания, фундаменты и стены подвалов.....	33
3.3. Плиты перекрытия .....	34
3.4. Перегородки .....	35
3.5. Железобетонные конструкции .....	35
3.6. Здания со стальным каркасом.....	40
3.7. Здания с несущими стенами из кирпича или каменной кладки.....	41
4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА (ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ) .....	44
Библиографический список.....	47

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

## 1.1. ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ

Действующими нормативными документами для проектирования [1, 2] установлено, что основным показателем надежности строительных объектов (конструкций) является невозможность превышения предельных состояний при действии наиболее неблагоприятных сочетаний расчетных нагрузок в течение расчетного срока службы. Это требование должно выполняться на всех этапах жизненного цикла и проверяться в следующих расчетных ситуациях:

- установившихся, т.е. ситуациях, имеющих продолжительность, близкую к сроку службы строительного объекта (например, эксплуатация между двумя капитальными ремонтами или изменениями технологического процесса);

- переходных, т.е. ситуациях, имеющих небольшую по сравнению со сроком службы строительного объекта продолжительность (например, изготовление, транспортирование, монтаж, капитальный ремонт и реконструкция строительного объекта);

- аварийных, т.е. ситуациях, соответствующих исключительным условиям работы сооружения (в том числе и при особых воздействиях), которые могут привести к существенным социальным, экологическим и экономическим потерям.

Например, в европейских нормах приводится следующий перечень требований, которые должны выполняться на всех стадиях.

«Конструкция и ее элементы должны проектироваться, возводиться и эксплуатироваться таким образом, чтобы на протяжении предполагаемого срока службы был обеспечен необходимый уровень надежности и чтобы конструкция и ее элементы с учетом требований экономии:

- выдерживали воздействия и влияния, возникающие на протяжении сроков их возведения и предполагаемого использования;

- оставались пригодными для использования при наличии всех ожидаемых воздействий;

- обладали достаточным сопротивлением, эксплуатационной пригодностью и долговечностью;

- обладали достаточным сопротивлением на протяжении требуемого периода времени в случае возникновения пожара;

- не подвергались разрушениям в результате таких воздействий, как взрыв, удар или последствия субъективных ошибок, в той степени, которая не находится в пропорциональной зависимости от первоначальной причины».

На реализацию указанных требований и нацелено проектирование, основанное на использовании метода расчетных предельных состояний.

В соответствии с [2] описание ситуаций, отнесенных к различным предельным состояниям, имеет следующий вид:

«К предельным состояниям первой группы следует относить:

- разрушение любого характера (например, пластическое, хрупкое, усталостное);

- потерю устойчивости формы;

- явления, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации (например, чрезмерные деформации в результате деградации свойств материала, пластичности, сдвига в соединениях, а также чрезмерное раскрытие трещин).

К предельным состояниям второй группы следует относить:

- достижение предельных деформаций конструкций (например, предельных прогибов, углов поворота) или предельных деформаций оснований, устанавливаемых исходя из технологических, конструктивных или эстетико-психологических требований;

- достижение предельных уровней колебаний конструкций или оснований, вызывающих вредные для здоровья людей физиологические воздействия;

- образование трещин, не нарушающих нормальную эксплуатацию строительного объекта;

- достижение предельной ширины раскрытия трещин;

– другие явления, при которых возникает необходимость временного ограничения эксплуатации здания или сооружения из-за неприемлемого снижения их эксплуатационных качеств или расчетного срока службы (например, коррозионные повреждения).

Особые предельные состояния — состояния, возникающие при особых воздействиях и ситуациях и превышение которых приводит к разрушению сооружения с катастрофическими последствиями».

Метод предельных состояний предполагает, что во всех анализируемых расчетных ситуациях выполняется проверка того, что *расчетные значения* нагрузок или воздействий  $F_d$  не превышают *расчетные значения* характеристик прочности  $R_d$ .

Эти проверки имеют форму неравенства:

$$g(F_d, R_d, A_d, C) \geq 0,$$

где  $g(\cdot)$  — некоторая функция параметров системы, такая, что  $g(\cdot) < 0$  означает реализацию за предельного состояния;  $A_d$  — расчетные значения геометрических характеристик;  $C$  — ограничения на контролируемый параметр (например, допустимое предельное раскрытие ширины трещины).

Приведенное выше основное неравенство описывает принципиальную структуру проверочного условия и должно уточняться для конкретных расчетных ситуаций с учетом того, что  $F_d$ ,  $R_d$  и  $A_d$  — это, как правило, несколько величин, а проверка может потребовать использования не одного, а нескольких совместных неравенств (например,  $F_d$  может представлять целый перечень одновременно действующих нагрузок, а применительно к проверке железобетонной конструкции символом  $R_d$  может быть представлена прочность как бетона, так и арматуры).

С точки зрения методологии принятия технических решений метод предельных состояний соответствует минимаксному критерию, т.е. позиции крайней осторожности [3]. При условии полной определенности множеств рассматриваемых состояний объекта: «...Выбранные таким образом варианты полностью исключают риск. Это означает, что принимающий решение не может столкнуться с худшим результатом, чем тот, на который он ориентируется» [4].

Однако в методе расчетных предельных состояний риск существует, но только не при выборе подхода, а на уровне определения минимального значения обобщенной несущей способности и максимального значения обобщенной нагрузки, т.е. при назначении их расчетных значений.

Концептуально предполагается, что расчетные значения определяются через так называемые нормативные (базовые, характеристические) значения  $F_n$ ,  $R_n$ , и  $A_n$  с использованием коэффициентов надежности  $\gamma$ , которые учитывают возможный разброс соответствующих силовых и прочностных характеристик:

$$F_d = \gamma_f F_n, R_d = R_n / \gamma_m.$$

Кроме коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma_f$  и коэффициента надежности по материалу  $\gamma_m$ , сегодня используются:

$\gamma_n$  — коэффициент, учитывающий значимость конструкции и объекта в целом, а также возможные последствия отказа (коэффициент надежности по ответственности);

$\gamma_c$  — коэффициент условий работы (коэффициент надежности модели), учитывающий неопределенность расчетной схемы и другие аналогичные обстоятельства (например, чувствительность конструкции к локальным повреждениям, начальные неправильности или же повышенную скорость изнашивания). Этим же коэффициентом учитываются все прочие «...факторы, которые не имеют приемлемого аналитического описания» [4].

Таким образом, расчетное неравенство приобретает форму:

$$g(\gamma_n, \gamma_c, \gamma_f, \gamma_m, F_n, R_n, A, C) \geq 0.$$

Первые два коэффициента надежности связывались (по крайней мере, в идеологии) со статистическими свойствами нагрузок и материалов (с их изменчивостью), в то время как  $\gamma_c$  и  $\gamma_n$  никакой изменчивости не характеризуют.

Вполне определенную роль выполняет и коэффициент надежности по ответственности  $\gamma_n$ , введенный в нормативные документы в 1981 году, хотя при обосновании его использования [5] предлагалось, что этот коэффициент будет определяться произведением двух коэффициентов  $\gamma_{n1}$  и  $\gamma_{n2}$ . При этом первый сомножитель  $\gamma_{n1}$  назывался коэффициентом неэкономической ответственности и учитывал количество людей, безопасность которых определяется надежностью сооружения, а также другие виды социального ущерба, а второй сомножитель  $\gamma_{n2}$  связывался с экономическим ущербом от отказа.

## 1.2. ТРЕБОВАНИЯ ОСОБОГО ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ

Введенное относительно недавно понятие об особом предельном состоянии знаменовало собой некоторый отход от первоначального замысла Н.С. Стрелецкого и его последователей, которые подчеркивали, что предельное состояние ни в коем случае не обозначает фактическое разрушение конструкции, а соответствует предаварийному состоянию. Но фактические разрушения, несмотря на их редкость, все же случались, и игнорирование этого факта становилось уже невозможным.

Кроме того, в последнее время наблюдается заметный разрыв между уровнем защиты, который вытекает из нормативных требований, и уровнем техногенной опасности, не говоря уже о террористических угрозах. К сожалению, рост единичной мощности объектов не сопровождается соответствующим ростом их надежности, поэтому последствия гипотетических аварий становятся все большими и большими. Пример чернобыльской катастрофы может служить подтверждением этого тезиса.

Рассмотрение причин аварий показало, что в некоторых случаях авария была вызвана обстоятельствами, не входящими в статистические закономерности тех явлений, которыми обосновывались коэффициенты надежности первого предельного состояния. В качестве примера можно было бы указать на аварии, случившиеся в результате грубого брака в работе (ошибки при проектировании, несоблюдение технологии строительства и т.п.), или аварии, вызванные аварийными событиями типа взрыва бытового газа в жилых домах или наезда транспортных средств на строительные конструкции. Сюда же можно отнести «аварии», вызванные сознательными действиями человека при террористических атаках.

Так появилось соображение о необходимости обеспечить существование объекта в целом при локальных повреждениях, полностью предотвратить которые у нас нет возможности, а место их возникновения может быть любым.

Кроме того, имеются природные явления, настолько редкие, что они не попадают в статистическую информацию. Примером могут служить катастрофические наводнения или некоторые экстремальные ветровые штормы.

Некоторые из особых (аварийных) ситуаций уже относительно давно рассматриваются в проектной практике, здесь типичным примером может служить проверка сейсмостойкости зданий и сооружений. При этом выработался подход, при котором для нормируемого максимального расчетного землетрясения допускается возможность появления некоторых локальных повреждений (чаще всего заход в более глубокую, чем обычно принято, пластину) с тем лишь условием, что разрушение глобально не состоится. Контроль такой ситуации реализуется как проверка выполнения условий первого предельного состояния. Другим примером может служить нормируемая рекомендация об использовании легкосбрасываемых конструкций как средства защиты от взрывных воздействий.

Свод правил СП 296.1325800.2017 «Здания и сооружения. Особые воздействия» [14] подразделяет особые воздействия на нормируемые (проектные) и аварийные. К нормируемым (проектным) относятся особые нагрузки, интенсивность и распределение которых по поверхности или объему сооружений известны и заданы в действующих нормативных документах.

СП 296.1325800.2017 «Здания и сооружения. Особые воздействия» [14] описывает следующие виды нормируемых (проектных) особых нагрузок и воздействий:

- экстремальные климатические нагрузки и воздействия (снеговые, ветровые, гололедные и температурные), имеющие период повторяемости 100 лет и более;
- нагрузки при взрывах снаружи или внутри сооружения;
- ударные, в том числе нагрузки при столкновении транспортных средств с частями сооружения, при ударе дорожных транспортных средств по сооружениям и т.п.;
- нагрузки от пожарных автомобилей на стилобатные и подземные части зданий.

Среди других видов нормируемых (проектных) особых нагрузок упоминаются сейсмические нагрузки и воздействия при пожаре, которые регламентируются положениями СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [6] и СП 21.13330.2012 «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах» [7], соответственно, а также и некоторые другие, например, специфические для гидротехнических сооружений.

Экстремальные климатические нагрузки и воздействия (снеговые, ветровые, гололедные и температурные) отличаются от своих «обычных» расчетных климатических аналогов лишь величиной и распределением по территории страны.

Их расчетные значения, установленные в СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [6] и СП 21.13330.2012 «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах» [7], для перехода к особым воздействиям умножаются на дополнительный коэффициент надежности  $\gamma_w$ , приведенный в СП 296.1325800.2017 «Здания и сооружения. Особые воздействия» [14]. Никаких принципиальных различий в их анализе не существует, расчет нагрузок реализован с использованием обычных статистических моделей. Однако следует заметить, что аэродинамически неустойчивые колебания (дивергенция, галопирование, флаттер), возникающие от воздействия ветрового потока, отнесены теперь к особым воздействиям.

Необходимо отметить, что при составлении особых комбинаций по правилам СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [6] следует учитывать только одну особую нагрузку. Это связано с их чрезвычайно малой длительностью, когда с возможностью совместной реализации двух и более воздействий такого рода можно не считаться. Но здесь имеется одно принципиально важное исключение: к числу особых воздействий относятся и воздействия от неравномерной осадки оснований зданий, возводимых на проседающих грунтах или на подрабатываемых территориях, регламентируемые СП 21.13330.2012 «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах» [7]. Эти воздействия хотя и отнесены к числу особых, имеют весьма длительный характер, поэтому в особые комбинации они могут входить совместно, например, с сейсмическими воздействиями.

### **Сейсмические воздействия**

Следует заметить, что сейсмические воздействия обычно рассматриваются отдельно от других аварийных воздействий. В первую очередь это связано с тем, что частота возникновения землетрясений очень различается для различных районов, а в некоторых из них сеймоопасная ситуация становится даже «нормальной».

Само сейсмическое воздействие является кинематическим — на сооружение воздействует принудительное смещение основания, быстро меняющееся во времени и потому вызывающее возникновение инерционных сил, которые затем рассматриваются как «сейсмическая нагрузка» (характерные последствия землетрясений приведены на рис. 1.1).

Переход от собственно воздействия (от акселерограммы или сейсмограммы, характерный вид представлен на рис. 1.2) к инерционным силам связан с динамическим расчетом сооружения и может выполняться двумя основными методами:

- прямым интегрированием уравнений движения, когда рассматривается поведение сооружения во времени (возможно, с учетом нелинейных эффектов);
- с использованием линейно-спектральной теории, которая позволяет найти сейсмическую реакцию сооружения по каждой из учитываемых форм собственных колебаний, используя заранее изученный закон движения простейшей динамической системы с известным периодом собственных колебаний,  $T$  — спектральный коэффициент динамичности  $\beta(T)$ .



Рис. 1.1. Последствия землетрясений

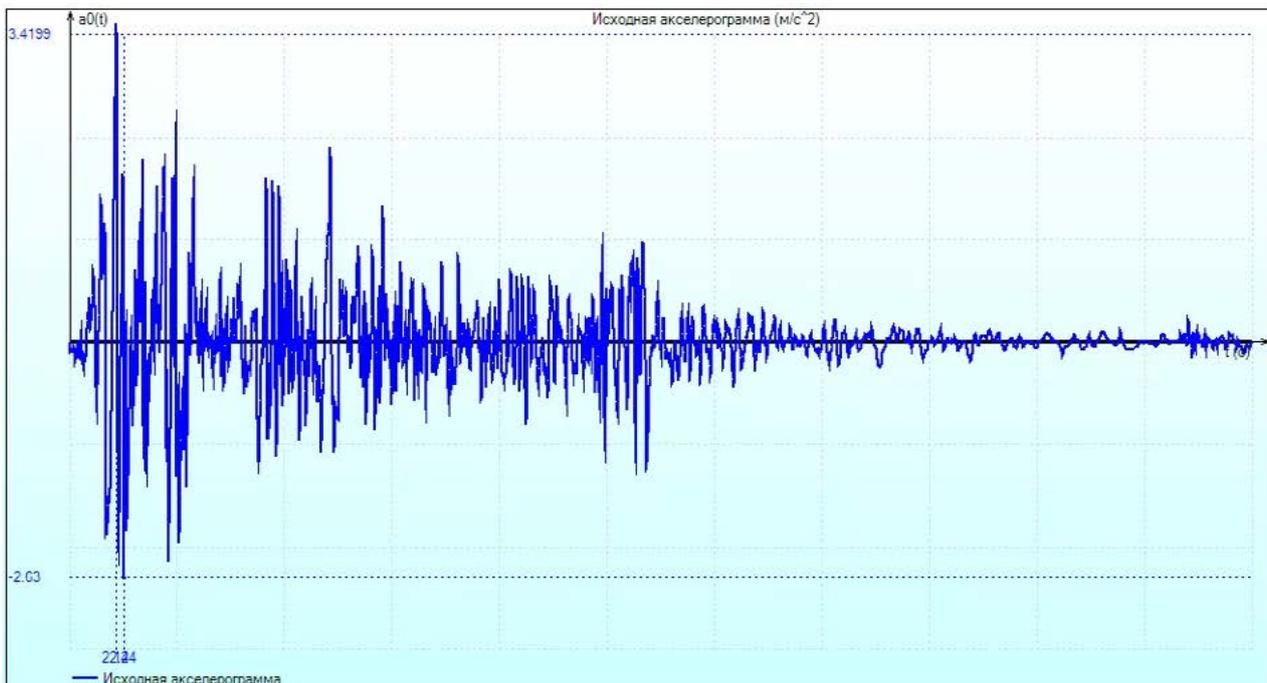


Рис. 1.2. Характерный вид акселерограммы

В основе спектральной теории лежит анализ поведения простого осциллятора в виде сосредоточенной массы, соединенной с опорой упругим элементом и обладающей вязким демпфированием. На опору, на которой установлен осциллятор, подается кинематическое возбуждение, которое характеризуется акселерограммой, т.е. функцией  $a_0(t)$ , характеризующей закон изменения ускорения во времени. Абсолютное ускорение осциллятора характеризуется суммой ускорения массы относительно опоры и ускорением опоры, при этом только первое слагаемое вызывает усилия в упругом элементе, в то время как инерционные силы связаны с суммарным (абсолютным) ускорением  $a(t)$ .

Максимальное по модулю абсолютное ускорение осциллятора с периодом собственных колебаний  $T_0$  называется спектральным ускорением  $S_a(T_0)$ . И если при фиксированном значении коэффициента вязкого демпфирования построить график спектральных ускорений  $S_a(T)$ , откладывая по оси абсцисс значения периодов собственных колебаний  $T$ , то мы получим *спектральную кривую*. Заметим, что при стремлении аргумента  $T$  к нулю (абсолютно жесткая система) относительное ускорение становится равным нулю, а спектральное ускорение равно максимальному по времени ускорению акселерограммы  $A_0$ .

В нормах проектирования представлен график спектральных коэффициентов динамичности  $\beta(T)$ , которые получаются из графика спектральных ускорений путем его нормирования через величину  $A_0$ :

$$\beta(T) = \max_t |a(T)|/A_0.$$

Линейно-спектральный метод расчета основан на приведении системы с  $N$  степенями свободы к  $N$  эквивалентным системам с одной степенью свободы с суперпозицией их колебаний. Колебания сооружения во время землетрясения моделируются колебаниями линейных осцилляторов, подобранных по частотам собственных колебаний конструкции, расположенных на общей платформе и имеющих осредненные характеристики затухания, механическая модель такого рассуждения представлена на рис. 1.3.

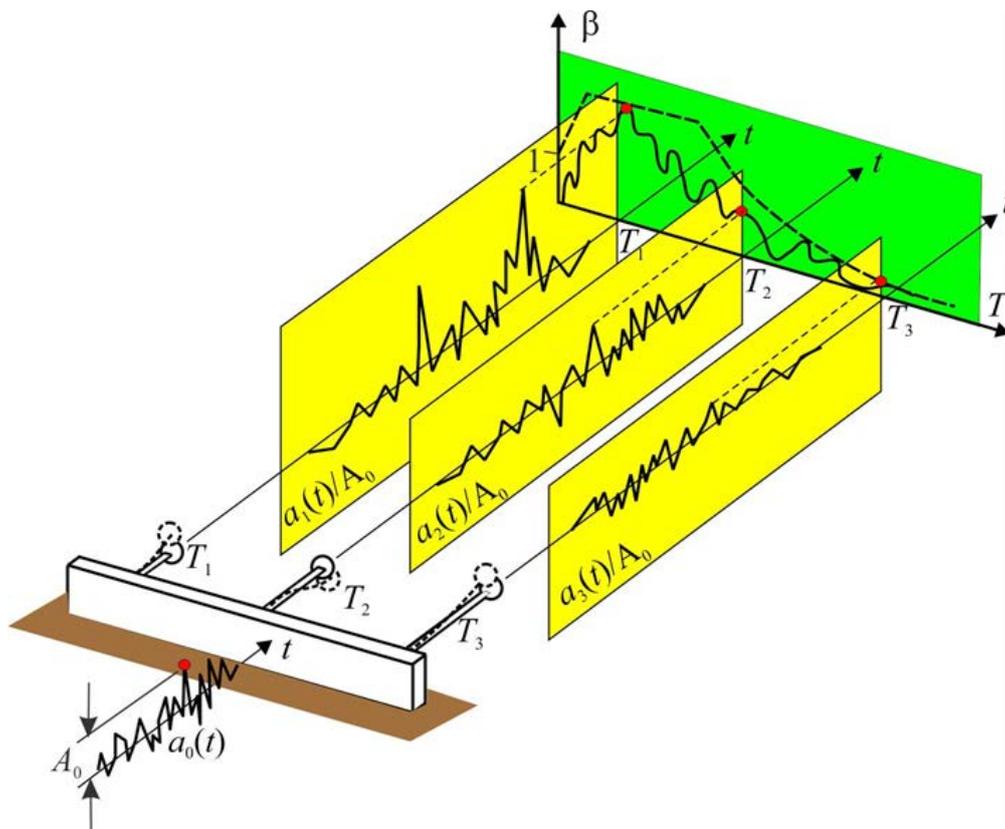


Рис. 1.3. К построению спектральной кривой

На основе максимальных ускорений для каждой из форм собственных колебаний может быть получено свое значение максимальной сейсмической нагрузки  $S_{ik}^j$  по направлению  $j$ -ой компоненты формы собственных колебаний, приложенной в точке  $k$  и соответствующей  $i$ -ой собственной частоте:

$$S_{ik}^j = K_0 K_1 K_\psi m_k^j a_0 \beta(T_i) \eta_{ik}^j.$$

Здесь  $K_0$  — коэффициент, учитывающий ответственность сооружения;  $K_1$  — коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения;  $K_\psi$  — коэффициент, учитывающий способность сооружения рассеивать энергию;  $m_k^j$  — масса или момент инерции масс;  $a_0$  — значение ускорения для расчетной сейсмичности;  $\eta_{ik}^j$  — коэффициент, зависящий от формы собственных колебаний и направления сейсмического воздействия.

Приведенные в нормах графики для определения максимальных значений коэффициентов динамичности для систем с разными периодами собственных колебаний были построены на основе обобщения большого объема экспериментальных исследований.

Поправочные коэффициенты  $K_0, K_1, K_\psi$  могут в разы менять значения сейсмической нагрузки. Коэффициент  $K_0$  имеет значения в интервале 0,8...1,2 для проектных землетрясений и в интервале 1,0...2,0 при расчетах на контрольное землетрясение. Коэффициент  $K_\psi$  меняется от 1,0 до 1,5.

Наиболее значимым параметром, определяющим величину сейсмической нагрузки, является коэффициент допускаемых повреждений (в нормах РФ — коэффициент  $K_1$ ). Введение этого коэффициента определяется идеей учета пластической фазы работы конструкций при сейсмических воздействиях — с использованием параметра «состояния здания после землетрясения», который определяется как предельно допустимая величина «остаточных деформаций». Очевидно, что «остаточные деформации» представляют собой результат работы конструкций за пределами упругой фазы. На основе параметра «состояния здания после землетрясения» может быть получена величина коэффициента допускаемых повреждений, что позволяет выполнять упругий расчет конструкции, учитывая при этом допустимый уровень пластической работы конструкции. В условиях малой вероятности сейсмического события представляется вполне приемлемым допустить некоторый объем пластических деформаций несущих конструкций, который при этом обеспечивает общую прочность и устойчивость зданий и сооружений.

С учетом упругопластического характера работы конструкций при сейсмическом воздействии может (и должен) измениться динамический отклик системы. В работе A.S. Veletsos [15] выполнен анализ влияния уровня пластических деформаций, реализованных в системе, на динамическую реакцию такой системы. Показано, что величина относительного ускорения нелинейного осциллятора ( $a/g$ ) существенным образом зависит от уровня пластических деформаций. Величина объема пластической фазы определяется как возможностями конструкции и конструкционного материала, так и обеспечением требуемого уровня надежности конструкции в целом. Для оценки влияния пластической фазы на сейсмическую реакцию в [15] введено понятие коэффициента пластичности  $\mu = Z_{pl} / Z_{el}$ , где  $Z_{pl}$  — пластические деформации системы;  $Z_{el}$  — упругие деформации системы.

Влияние объема пластической фазы деформаций на динамическую реакцию нелинейного осциллятора представлено на рис. 1.4.

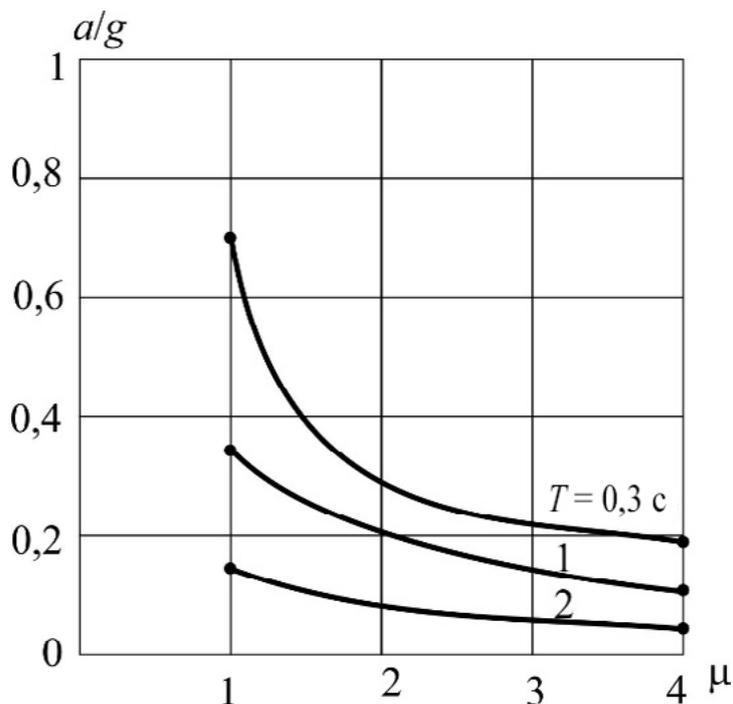


Рис. 1.4. Зависимость динамического отклика конструкции  $a/g$  от коэффициента пластичности  $\mu$

Величина коэффициента допускаемых повреждений зависит не только от уровня допускаемых повреждений, но и от вида несущих конструкций: при недопустимости остаточных повреждений  $K_1 = 1,0$ ; для зданий и сооружений, в которых могут быть допущены остаточные деформации,  $0,15 \leq K_1 \leq 0,4$  (в этом случае величина коэффициента  $K_1$  определяется возможностями того или иного типа конструкций реализовать больший или меньший объем пластической фазы деформирования); для зданий и сооружений, в которых могут быть допущены значительные остаточные деформации (одноэтажные производственные и сельскохозяйственные здания, не содержащие ценного оборудования)  $K_1 = 0,12$ .

Необходимо отметить, что в условиях использования расчетов по линейно-спектральному методу (то есть при выполнении статических расчетов в рамках линейной работы конструкции) коэффициент допускаемых повреждений  $K_1$  является специфической характеристикой, определяющей особенности работы конструкции при сейсмическом воздействии. Таким образом, коэффициент допускаемых повреждений представляет собой критерий предельного состояния сейсмостойких конструкций, что существенным образом выделяет этот коэффициент из всей системы коэффициентов, применяемых при расчетах конструкций на сейсмические воздействия.

Коэффициент  $K_1$  учитывает возможность развития в конструкции неупругих деформаций и повреждений и предполагает примерно одинаковые упругопластические свойства всех элементов конструкции. Однако это условие выполняется далеко не всегда, и при реальных сейсмических воздействиях даже в группе элементов с примерно одинаковыми характеристиками НДС фактические деформации оказываются различными и, следовательно, различен уровень развития пластики, а это приводит к различной степени повреждения элементов. В результате одни элементы упомянутой группы работают практически упруго, а другие могут при этом испытывать значительные перегрузки и находиться в предельном состоянии.

Конечно, логичнее учитывать упругопластическую работу сооружения и допустимый уровень повреждений, не снижая общую сейсмическую нагрузку, а применяя редуцирование к внутренним усилиям в элементах конструкции, пропорционально степени их ответственности и способности работать за пределом упругости. По такому пути, который в большей степени соответствует идеологии метода расчетных предельных состояний, пошли многие зарубежные нормативные документы (например, американские нормы ASCE/SEI 43-05 или нормы Узбекистана КМК 2.01.03-95).

В свое время была дана такая оценка расчета по линейно-спектральной методике: «Проектирование сейсмостойких зданий осуществляется на основе расчета, в котором все условно: нагрузки заниженные и статические; модель упругая и стационарная; критерии предельного состояния принимаются для элементов, а не для сооружения в целом» [16]. Это остается справедливым и сегодня.

Альтернативный вариант расчета, когда интегрируются уравнения движения и рассматривается поведение сооружения во времени. При этом следует принимать коэффициент  $K_1 = 1,0$ , а появление возможных локальных повреждений и выход за границу области упругого деформирования учитывать непосредственно.

В мировой практике имеет широкое распространение подход, основанный на расчетном анализе поведения конструкций при двух различных уровнях сейсмических воздействий. При этом на одном уровне сейсмического воздействия реализуется проверка работоспособности сооружения в состоянии «после землетрясения» (такой уровень воздействия имеет, как правило, наименование «расчетное землетрясение» или аналогичное). На другом уровне сейсмического воздействия (как правило, имеет наименование «максимальное землетрясение» или близкое по смыслу наименование) реализуется расчетная проверка безопасности несущей системы. Приведенный выше подход был зафиксирован в [5]. В СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» [5] от двухуровневой оценки работы зданий и сооружений при сейсмических воздействиях отказались.

### 1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Для оценки интенсивности нагрузочного эффекта землетрясений используются как конкретные параметры ускорений, скорости и смещения, так и специально разработанные шкалы интенсивности. В настоящее время наиболее характерными являются:

- шкала MSK-64 (действующие нормы в отношении требований сейсмостойкости ориентированы именно на данную шкалу);
- шкала ШСИ-17 (шкала сейсмической интенсивности, принимаемая по ГОСТ Р 57546-2017 «Землетрясения. Шкала сейсмической активности» [8]);
- шкала EMS-98 (Европа, Европейская макросейсмическая шкала);
- шкала MM (Азия, США, Модифицированная шкала Меркалли);
- шкала Liedu GB/T 17742-1999 (Китай);
- шкала JMA (Япония).

Каждая из шкал ориентирована на различные параметры оценки интенсивности землетрясений. Сопоставление по основным шкалам приведено в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Сопоставление шкал интенсивности землетрясений

Интенсивность землетрясения, баллы	Характеристика по ШСИ-17	Характеристика по EMS-96	Характеристика по MSK-64
1	Неощутимое	Not felt	Неощутимое
2	Едва заметное	Scarcely felt	Едва ощутимое
3	Слабое	Weak	Слабое
4	Ощутимое	Largely observed	Заметное
5	Умеренное	Strong	Пробуждение
6	Значительное	Slightly damaging	Испуг
7	Сильное	Damaging	Повреждения зданий
8	Очень сильное	Heavily damaging	Сильные повреждения зданий
9	Разрушительное	Destructive	Всеобщие повреждения зданий
10	Катастрофическое	Very destructive	Всеобщие разрушения зданий
11	Опустошительное	Devastating	Катастрофа
12	Сильнейшая природная катастрофа	Completely devastating	Изменения рельефа

В основу СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» [5] положена шкала MSK-64, для которой характерны следующие параметры интенсивности землетрясений (табл. 1.2).

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)