

**Сравнительная таблица по разделу 9 Гидротехнические сооружения**

Согласно СНиП 20-02:2009	Предложения
<p><b>9.1 Общие положения</b>                      9.1.1 При проектировании гидротехнических сооружений необходимо соблюдать требования настоящих норм и МСН 3.04-01.</p>	
<p>9.1.2 Положения настоящих норм устанавливают специальные требования для гидротехнических сооружений, размещаемых или расположенных в районах с нормативной сейсмичностью <math>I^{норм}</math>, равной <b>7 баллам и более</b>.</p> <p>Указанные требования следует выполнять при проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, обследовании реального состояния, декларировании безопасности, реконструкции, восстановлении, консервации и ликвидации гидротехнических сооружений.</p>	<p>8.2.1 по СП РФ <b>равной 6 баллам и более</b> (по карте С ОСР-97)</p>
<p>9.1.3 Для обеспечения сейсмостойкости гидротехнических сооружений требуется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проведение на стадии проектирования комплекса специальных исследований с задачей установления расчетной сейсмичности площадки строительства, определения расчетных сейсмических воздействий (включая в необходимых случаях - установление вероятности и параметров повторных сейсмических воздействий), получение набора сейсмических записей или их спектров, моделирующих расчетные сейсмические воздействия;</li> <li>– выполнение комплекса расчетов, а при необходимости, и модельных испытаний по определению напряженно-деформированного состояния, оценке прочности и устойчивости сооружений, их элементов и оснований;</li> <li>– применение конструктивных решений и материалов, повышающих сейсмостойкость сооружений;</li> <li>– включение в проекты особо ответственных сооружений специального раздела о проведении в процессе эксплуатации сооружения мониторинга сейсмических процессов и реакции гидротехнических сооружений на их проявления;</li> <li>– периодическое обследование состояния гидротехнических сооружений и их оснований, в том числе после каждого перенесенного землетрясения силой не менее 5 баллов.</li> </ul>	<p>8.2.2</p> <p>- выполнение комплекса расчетов <b>в рамках решения трехмерной задачи теории пластичности методом конечных элементов с использованием программных комплексов аккредитованных и сертифицированных в странах ЕАЭС и КР</b>, а при необходимости (для <b>высоконапорных бетонных, ж/б сооружений и подземных сооружений</b>) и модельных испытаний по определению напряженно-деформированного состояния...</p>
<p>9.1.4 При обосновании сейсмостойкости гидротехнических сооружений используются сейсмические воздействия двух уровней: проектное землетрясение и максимальное расчетное землетрясение.</p> <p>Проектное землетрясение должно восприниматься гидротехническим сооружением без нарушения режима его нормальной эксплуатации. При этом допускаются остаточные смещения, трещины и иные повреждения, не препятствующие возможности ремонта сооружения в условиях его нормального функционирования.</p> <p>Максимальное расчетное землетрясение должно восприниматься без угрозы разрушения сооружения или прорыва напорного фронта. При этом допускаются любые повреждения гидротехнических сооружений и его основания.</p>	
<p>9.1.5 Расчетную сейсмичность площадки строительства гидротехнических сооружений устанавливают в общем случае по 3 стадийной схеме: нормативная сейсмичность → исходная сейсмичность → расчетная сейсмичность.</p>	

Нормативная сейсмичность  $I^{норм}$  - сейсмичность района строительства гидротехнических сооружений для нормативного периода повторяемости, определяют по карте сейсмического районирования (в соответствии с приложением Б), или по соответствующим спискам населенных пунктов (в соответствии с приложением В).

Исходную сейсмичность  $I^{исх}$  площадки строительства гидротехнического сооружения определяют методами детального сейсмического районирования или уточнения исходной сейсмичности. При этом составляют также сеймотектоническую модель района расположения объекта, включающая карту и характеристики основных зон возможных очагов землетрясения.

При отсутствии результатов соответствующих исследований на предварительных стадиях проектирования допускается принимать величину  $I^{исх}$  равной величине  $I^{норм}$ .

В тех случаях, когда нормативная сейсмичность района строительства превышает 9 баллов, исходную сейсмичность площадки строительства независимо от вида и класса гидротехнического сооружения следует определять на основе детального сейсмического районирования или уточнения исходной сейсмичности.

Расчетную сейсмичность  $I^{расч}$  площадки строительства гидротехнического сооружения определяют инструментальным и расчетным методами сейсмического микрорайонирования.

При отсутствии соответствующих исследований на предварительной стадии проектирования допускается величину  $I^{расч}$  принимать по результатам инженерно-геологических изысканий на площадке строительства.

Как при сейсмическом микрорайонировании, так и при инженерно-геологических изысканиях глубина слоя исследования сейсмических свойств грунта должна определяться, исходя из особенностей геологического строения площадки, но **не менее 30 м** от подошвы сооружения.

Категорию грунта и его физико-механические и сейсмические характеристики следует определять с учетом возможных техногенных изменений свойств грунта в процессе строительства и эксплуатации сооружения.

При отсутствии соответствующих исследований допускается **(только для ГТС из грунтовых материалов с экраном)** величину  $I^{расч}$  принимать по результатам инженерно-геологических изысканий на площадке строительства.

Как при сейсмическом микрорайонировании, так и при инженерно-геологических изысканиях глубина слоя исследования сейсмических свойств грунта должна определяться, исходя из особенностей геологического строения площадки, но **не менее 40 м** от подошвы сооружения (для сооружений классов III и IV, не входящих в состав напорного фронта, - не менее 20 м).

<p>9.1.6 В тех случаях, когда расчетную сейсмичность площадки определяют методами сейсмического микрорайонирования, дополнительно устанавливают скоростные, частотные и резонансные характеристики грунта основания сооружения.</p>	<p>Дополнен примечанием Примечания 1 В случаях, когда площадки гидротехнических сооружений сложены грунтами, по своему составу занимающими промежуточное положение между грунтами категорий I и II или II и III (например, основание сооружения представлено слоистыми грунтами), дополнительно к категориям грунта, указанным в таблице 11, допускается введение категорий I-II, II-III соответственно. При этом расчетную сейсмичность площадки при грунтах категории I-II принимают как при грунтах категории II, а при грунтах категории II-III - как при грунтах категории III. 2 На период нахождения водохранилища в опорожненном состоянии (например, в строительный или ремонтный периоды) расчетную сейсмичность площадки водоподпорных сооружений, при соответствующем обосновании, допускается понижать на 1 балл.</p>
<p>9.1.7 На период нахождения водохранилища в опорожненном состоянии (например, в строительный или ремонтный периоды) расчетную сейсмичность площадки водоподпорных сооружений, при соответствующем обосновании, допускается понижать на 1 балл.</p>	
<p>9.1.8 Строительство гидротехнического сооружения на площадке с расчетной сейсмичностью 9 баллов при наличии грунта III категории по сейсмическим свойствам требует специального обоснования. Строительство гидротехнического сооружения на площадке с расчетной сейсмичностью более 9 баллов допускается по согласованию с государственным органом по архитектуре и строительству при обязательном научно-техническом сопровождении научно-исследовательской организацией по сейсмостойкому строительству и сейсмическому риску.</p>	<p>Строительство гидротехнического сооружения на площадке с расчетной сейсмичностью более 9 баллов допускается по согласованию с государственным органом по архитектуре и строительству при <b>желательном</b> научно-техническом сопровождении научно-исследовательской организацией по сейсмостойкому строительству и сейсмическому риску (<b>при наличии таковой</b>).</p>
<p>9.1.9 Проектирование надводных зданий, крановых эстакад, опор ЛЭП и других сопутствующих объектов, входящих в состав гидроузла, следует осуществлять в соответствии с требованиями настоящих норм, при этом расчетную сейсмичность площадки строительства следует принимать в соответствии с указаниями настоящего раздела. В случае размещения вышеуказанных объектов, а также конструктивных элементов и технологического оборудования на гидротехническом сооружении, сейсмическое воздействие задают ускорением, действующим в соответствующей точке основного сооружения.</p>	<p>По СП РФ 8.2.10 В случае размещения этих объектов на гидротехнических сооружениях или в контакте с ними сейсмическое воздействие должно задаваться движением, передаваемым со стороны основного сооружения.</p>
<p><b>9.2 Учет сейсмического воздействия</b></p>	<p>8.3 Сейсмические воздействия и определение их характеристик</p>

<p>9.2.1 Сейсмические воздействия учитываются в тех случаях, когда величина <math>I^{расч}</math> составляет 7 баллов и более. Сейсмическое воздействие включают в состав особых сочетаний нагрузок и воздействий.</p>	<p>8.3.1 Сейсмические воздействия следует учитывать в тех случаях, когда значение величины <math>L^{des}</math> составляет 7 баллов и более. Примечание - Сейсмические воздействия входят в состав особых сочетаний нагрузок и воздействий (СП 58.13330).</p>
<p>9.2.2 Для водоподпорных и подземных гидротехнических сооружений I и II классов, а также морских нефтегазопромысловых сооружений расчетные сейсмические воздействия моделируются расчетными акселерограммами, подбираемыми в зависимости от расположения и характеристик основных зон возможных очагов землетрясений с учетом данных о скоростных, частотных и резонансных характеристиках грунтов, залегающих в основании сооружения, а также по трассе движения сейсмических волн от очага к объекту. Подбор аналоговых и построение синтезированных акселерограмм осуществляют с использованием следующих параметров землетрясения: пикового ускорения <math>a_{II}</math>, общей длительности сейсмических колебаний, длительности фазы сейсмических колебаний с интенсивностью 0,5 (0,3) от пиковой, периода колебаний с пиковым ускорением, преобладающего периода колебаний с интенсивностью 0,5 (0,3) от пиковой. Расчетные акселерограммы в общем случае задаются как трехкомпонентные.</p> <p>9.2.3 Для гидротехнических сооружений, не указанных в 9.2.2, характеристикой расчетного сейсмического воздействия служит величина сейсмического ускорения основания, определяемая в соответствии с указаниями 9.5.1.</p>	<p>8.3.2 Для гидротехнических сооружений значение периода повторяемости максимального расчетного землетрясения <math>T_{ret}^{DLE}</math> принимается равным: 5000 лет - для водоподпорных сооружений классов I, II и III и морских нефтегазопромысловых сооружений; 1000 лет - для водоподпорных сооружений класса IV и безнапорных гидротехнических сооружений. Значение периода повторяемости проектного землетрясения <math>T_{ret}^{SLE}</math> для всех гидротехнических сооружений принимается равным 500 лет.</p>
<p>9.2.4 В расчетах гидротехнических сооружений и их оснований учитываются следующие сейсмические нагрузки: – распределенные по объему сооружения и его основания (а также боковых засыпок и наносов) инерционные силы <math>\vec{P}_v(\vec{x}, t)</math> интенсивностью</p> $\vec{P}_v(\vec{x}, t) = -\rho(\vec{x})\vec{U}(\vec{x}, t),$ <p>где <math>\rho(\vec{x})</math> - плотность материала в точке наблюдения <math>\vec{x}</math> с координатами (в общем случае) <math>x_1, x_2, x_3</math> по осям 1, 2, 3 соответственно, а <math>\vec{U}(\vec{x}, t)</math> - вектор ускорения точки <math>\vec{x}</math> в момент времени <math>t</math> в абсолютном движении системы «сооружение-основание»: – распределенное по поверхности контакта сооружения с водой гидродинамическое давление, вызванное инерционным влиянием колеблющейся с сооружением части жидкости; – гидродинамическое давление, вызванное возникшими при землетрясении волнами на поверхности водоема. В необходимых случаях учитываются взаимные подвижки блоков в основании сооружения, вызванные прохождением сейсмической волны. Учитываются также возможные последствия таких связанных с землетрясениями явлений, как: – смещения по тектоническим разломам;</p>	<p>Соответствует пункту 8.3.6</p>

- проседание грунта;
- обвалы и оползни;
- разжижение водонасыщенных или слабосвязных грунтов;
- текучесть глинистых тиксотропных грунтов.

### 9.3 Расчет сооружения на сейсмическое воздействие

9.3.1 Гидротехнические сооружения, в зависимости от вида и класса сооружения и уровня расчетного землетрясения, рассчитывают на сейсмические воздействия:

- а) прямым динамическим методом с представлением сейсмического воздействия в виде набора записей сейсмического движения основания, как функции времени;
- б) линейно-спектральным методом.

Область применения методов расчета на сейсмические воздействия приведена в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Область применения методов расчета гидротехнических сооружений

Расчетное землетрясение	Класс сооружения		
	I-II	III-IV	I-IV
	Водоподпорные, подземные и морские нефтегазопромысловые сооружения	Водоподпорные и подземные сооружения	Остальные гидротехнические сооружения

Окончание таблицы 9.1

Проектное землетрясение	Класс сооружения		
	I-II	III-IV	III-IV
Максимальное расчетное землетрясение	Прямым динамическим методом	Линейно-спектральным методом	Линейно-спектральным методом
	Прямым динамическим методом	—	—

Примечание – Перечень сооружений I и II классов, относящихся к водопроводным сооружениям, может быть расширен по усмотрению проектной организации за счет напорных трубопроводов большого диаметра и иных объектов, разрушение которых по своим последствиям идентично прорыву напорного фронта.

9.3.2 Динамические деформационные и прочностные характеристики материалов сооружений и грунтов оснований при расчете сейсмостойкости гидротехнических сооружений следует определять экспериментально.

В случаях отсутствия соответствующих экспериментальных данных в расчетах линейно-спектральном методе, допускается использовать корреляционные связи между величинами статического модуля общей деформации  $E_O$  (или статического модуля упругости  $E_C$ ) и динамического модуля упругости  $E_D$ . Допускается также использование статических прочностных характеристик материалов сооружения и грунтов основания, с использованием при этом дополнительных коэффициентов условий работы, устанавливаемых нормами проектирования конкретных сооружений для учета влияния на эти характеристики кратковременных динамических воздействий.

9.3.2 Динамические деформационные и прочностные характеристики материалов сооружений и грунтов оснований при расчете сейсмостойкости гидротехнических сооружений следует определять экспериментально, для грунтовых водоподпорных сооружений допускается принимать по результатам инженерно-геологических изысканий на площадке строительства.

<p>9.3.3 При наличии в основании, боковой засыпке или теле гидротехнического сооружения водонасыщенных несвязных или слабосвязных грунтов следует выполнять исследования для оценки области и степени возможного разжижения этих грунтов при сейсмических воздействиях.</p> <p>Следует также учитывать влияние возможных при сейсмических воздействиях других видов разуплотнений и разрушений грунта, в частности, текучесть тиксотропных глинистых грунтов.</p>	<p>8.4.15 При наличии в основании, боковой засыпке или теле гидротехнического сооружения водонасыщенных несвязных или слабосвязных грунтов следует <b>учитывать влияние возможных при сейсмических воздействиях разжижения грунтов, локальных разуплотнений и разрушений грунта (например, при наличии в указанных элементах сооружения глинистых тиксотропных грунтов -возможность текучести этих грунтов).</b></p>
<p>9.3.4 Расчет сейсмостойкости сооружений на повторные сейсмические воздействия следует осуществлять по вторичным схемам.</p> <p>На предварительных стадиях проектирования (при отсутствии оценок вероятности возникновения значимых повторных толчков на площадке рассматриваемого гидроузла) допускается производить проверку сейсмостойкости при повторных землетрясениях с интенсивностью, уменьшенной по сравнению с интенсивностью расчетного землетрясения на 1 балл.</p>	
<p>9.3.5 Для определения напряженно-деформированного состояния гидротехнических сооружений при сейсмических воздействиях следует применять расчетные схемы, как правило, соответствующие таковым для расчета сооружения на нагрузки и воздействия основного сочетания. При этом следует учитывать направление сейсмического воздействия относительно сооружения и пространственный характер колебаний сооружения при землетрясении.</p> <p>Допускается для ряда сооружений использовать двумерные расчетные схемы: для гравитационных и грунтовых плотин в широких створах, подпорных стен и других массивных сооружений - расчеты по схеме плоской деформации; для арочных плотин и аналогичных им конструкций - расчеты при схематизации указанных сооружений оболочками средней толщины, а также пластинами, работающими в срединной плоскости как изгибаемые плиты.</p> <p>В отдельных случаях при специальном обосновании допускается использовать также одномерные расчетные схемы, применяемые для конструкции стержневого типа.</p> <p>В расчетах учитывается масса жидкости, находящейся во внутренних полостях и резервуарах сооружений.</p>	<p>Согласно п. 8.4.17 СП РФ</p> <p>Допускается для ряда сооружений применять двумерные расчетные схемы: расчеты по схеме плоской деформации - для гравитационных плотин, подпорных стен и других массивных сооружений; расчеты при схематизации указанных сооружений оболочками средней толщины, а также пластинами, работающими в срединной плоскости как изгибаемые плиты - для арочных плотин и аналогичных им конструкций. При специальном обосновании допускается применять также одномерные расчетные схемы для конструкций стержневого типа.</p>
<p>9.3.6 Размеры расчетной области основания в совокупности с другими грунтовыми массивами должны назначаться таким образом, чтобы при увеличении этих размеров возможно было пренебречь дальнейшим уточнением результатов расчета. Размеры расчетной области, занятой грунтовыми массивами, должны позволить проявиться предельным состояниям, характерным как для сооружения, так и для грунтовых массивов.</p> <p>Для сооружений, входящих в состав напорного фронта, расчетная область основания, как правило, по своей нижней границе должна иметь размеры не менее <math>5H</math>, а по глубине от подошвы сооружения не менее <math>2H</math>. <math>H</math> - характерный размер сооружения (для водоподпорных сооружений <math>H</math> - высота сооружения).</p> <p>Для других видов гидротехнических сооружений размеры расчетной области основания принимаются проектными организациями на основе опыта проектирования подобных сооружений.</p>	

<p>Примечание – Если на глубине менее <math>2H</math> находятся породы, характеризующиеся скоростями распространения упругих сдвиговых волн не менее 1100 м/с, то допускается совместить подошву расчетной области основания с кровлей указанных пород.</p>	
<p>9.3.7 На смоченных поверхностях сооружений следует учитывать их взаимодействие с водой при сейсмических колебаниях. Такой учет осуществляется путем решения связанной задачи гидроупругости для системы сооружение-основание-водоем или путем присоединения к массе сооружения, отнесенной к точке <math>k</math> на смоченной поверхности сооружения, соответствующей массы колеблющейся воды. Присоединенная масса воды определяется для каждой из компонент вектора смещений в принятой расчетной схеме сооружения.</p> <p>Сейсмическое давление воды на сооружение допускается не учитывать, если глубина водоема возле сооружения менее 10 м.</p>	
<p>9.3.8 В расчетах прочности гидротехнических сооружений с учетом сейсмических воздействий в случае контакта боковых граней сооружения с грунтом (в том числе - наносами) следует учитывать влияние сейсмических воздействий на величину бокового давления грунта.</p>	<p>По пункту 8.4.21 дополнен абзац Конкретные методы определения бокового давления грунта при учете сейсмического воздействия в расчетах прочности сооружений принимают проектные организации с учетом особенностей конструкции сооружений и условий их эксплуатации.</p>
<p>9.3.9 Проверка устойчивости гидротехнических сооружений и их оснований с учетом сейсмических нагрузок должна осуществляться в соответствии с указаниями норм проектирования конкретных сооружений.</p> <p>В тех случаях, когда по расчетной схеме при потере устойчивости сооружение сдвигается совместно с частью грунтового массива, в расчетах устойчивости сооружений и их оснований следует учитывать грунтовые сейсмические силы в сдвигаемой части расчетной области основания. Избрание иных схем учета грунтовых сейсмических сил требует соответствующего обоснования.</p> <p>Во всех случаях сдвигаемые грунтовые области (откосы сооружений из грунтовых материалов, грунтовые массивы, слагающие основание, склоны и засыпку подпорных стен, а также наносы) определяются из условия предельного равновесия этих областей с учетом всех нагрузок и воздействий особого сочетания, включающего сейсмические воздействия.</p> <p>Конкретные методы определения предельного состояния сдвигаемых грунтовых массивов, в том числе и в случае нахождения бокового давления грунта при сдвиге, принимает проектная организация с учетом особенности конструкции и условия эксплуатации сооружения.</p> <p>Примечание – Если грунтовые массивы примыкают к боковым граням сооружения с двух сторон, то в расчетах устойчивости следует принимать, что сейсмические силы в обоих грунтовых массивах действуют в одном направлении и тем самым увеличивают общее давление грунта на одну из боковых граней сооружения и одновременно уменьшают давление на противоположную грань.</p>	<p>8.4.22 Устойчивость гидротехнических сооружений и их оснований с учетом сейсмических нагрузок должны проверять в соответствии с указаниями СП 23.13330 и СП 39.13330.</p> <p>Дополнен по СП РФ При расчете устойчивости откосов сооружений из грунтовых материалов и склонов с применением ЛСТ сейсмические силы, действующие на сдвигаемую часть откосов и склонов, допускается определять инженерными методами (с учетом примененных методов проверки устойчивости).</p>
<p>9.3.10 В тех случаях, когда прогнозируется отложение у верхней грани сооружения наносов, следует учитывать влияние этих наносов в расчетах прочности и устойчивости сооружения при сейсмических воздействиях.</p>	<p>8.4.23 В тех случаях, когда при проектировании гидротехнического сооружения прогнозируется отложение у верхней грани сооружения</p>

<p>Особое внимание следует обращать на установление возможности разжижения грунтов наносов при сейсмических воздействиях и размеров зоны этого явления.</p>	<p>наносов, следует учитывать влияние этих наносов в расчетах прочности и устойчивости сооружения при сейсмических воздействиях.  При этом следует принимать во внимание характерные особенности наносов как объекта расчета:  переменная высота слоя наносов на разных временных этапах эксплуатации сооружения;  возможность существенной неоднородности слагающих наносы грунтов и их физико-механических свойств по высоте слоя наносов;  возможность изменения во времени состава и свойств грунтов, слагающих наносы.  Все основные характеристики состояния наносов у верхней грани сооружения для различных временных этапов эксплуатации сооружения должны быть определены при проектировании сооружения и уточняться в процессе эксплуатации объекта по данным натурных наблюдений и исследований. Особое внимание должно обращать на установление возможности разжижения грунтов наносов при сейсмических воздействиях и размеров зоны этого явления.</p>
<p>9.3.11 В створе сооружения, в зоне водохранилища и нижнем бьефе подлежат проверке на устойчивость участки береговых склонов, потенциально опасные в отношении возможности обрушения при землетрясениях больших масс горных пород и отдельных скальных массивов, результатом чего могут быть повреждения основных сооружений гидроузла, образование волн перелива и затопление населенных пунктов или промышленных предприятий, разного рода нарушения нормальной эксплуатации гидротехнического сооружения.  Для береговых склонов «назначенный срок службы» принимается равным максимальному для сооружений данного гидроузла.</p>	<p>8.4.24 В створе сооружения, в зоне водохранилища и нижнем бьефе подлежат проверке на устойчивость участки береговых склонов, потенциально опасные в отношении возможности обрушения при землетрясениях.</p>
<p>9.3.12 В расчетах устойчивости гидротехнических сооружений, их оснований и береговых склонов следует учитывать возникающее под влиянием сейсмических воздействий дополнительное (динамическое) поровое давление, а также изменения деформационных, прочностных и других характеристик грунта в соответствии с 9.3.3.</p>	
<p>9.3.13 Высоту гравитационной волны <math>\Delta h</math>, м, учитываемую при назначении превышения гребня плотины над расчетным горизонтом воды, в случае возможности сейсмотектонических деформаций (подвижек) дна водохранилища при землетрясениях интенсивностью <math>I = 6-9</math> баллов, следует определять по формуле</p> $\Delta h = 0,4 + 0,76(I - 6). \quad (9.1)$	
<p><b>9.4 Расчет по прямому динамическому методу</b>  9.4.1 Сейсмическое ускорение основания задается расчетной акселерограммой землетрясения, представляющей собой в общем случае трехкомпонентную (<math>j = 1, 2, 3</math>) функцию времени <math>\ddot{U}_0(t)</math>.  При этом смещения (деформации, напряжения и усилия) определяются на всем временном интервале сейсмического воздействия на сооружение.</p>	

<p>Расчетные акселерограммы, в дополнение к параметру <math>a_{II}</math>, должны соответствовать также всем остальным параметрам, характеризующим расчетное сейсмическое воздействие и указанным в 9.2.2.</p> <p>Если имеющихся сейсмологических данных недостаточно для установления пиковых значений расчетных ускорений <math>a_{II}</math>, то на предварительной стадии проектирования допускается принимать, что значение <math>a_{II}</math> определяется в соответствии с указаниями в 9.5.1.</p> <p><b>П р и м е ч а н и е</b> – В качестве исходного сейсмического воздействия могут задаваться как акселерограммы, так и велосигаммы либо сейсмограммы.</p>	
<p>9.4.2 Расчет на проектное землетрясение производится, как правило, с применением линейного временного динамического анализа, а на максимальное расчетное землетрясение нелинейного или линейного временного динамического анализа.</p> <p>Временной динамический анализ (линейный и нелинейный) осуществляют с применением пошагового интегрирования дифференциальных уравнений. Линейный динамический анализ допускается выполнять также методом разложения решения в ряд по формам собственных колебаний.</p>	
<p>9.4.3 Значения максимального пикового ускорения</p> $a_{II} = \text{Max} \left  \ddot{U}_0(t) \right , \quad (9.2)$ <p>в основании сооружения должны быть не меньше ускорений, определяемых при соответствующей расчетной сейсмичности по картам сейсмического зонирования территории страны или с использованием карт общего сейсмического районирования по указаниям в 9.5.1.</p>	
<p>9.4.4 Для каждой из компонент вектора смещения в принятой расчетной схеме сейсмические воздействия определяются в виде акселерограмм, полученных по компонентам расчетной акселерограммы (с учетом их пространственной ориентации). Расчет производится на совместное действие учитываемых компонент расчетной акселерограммы. При этом вычисленные величины (смещения, деформации, напряжения, усилия), характеризующие состояние сооружения при его колебаниях по каждой компоненте вектора смещения в принятой расчетной схеме, суммируются алгебраически во все моменты времени расчетного периода.</p>	
<p>9.4.5 Число форм собственных колебаний <math>q</math>, учитываемых в расчетах с использованием разложения решения по указанным формам, выбирается таким образом, чтобы выполнялись условия:</p> $\omega_q \geq 3\omega_1, \quad (9.3)$ $\omega_q \geq 2\omega_c, \quad (9.4)$ <p>где <math>\omega_q</math> - частота последней учитываемой формы собственных колебаний;</p> <p><math>\omega_1</math>, - минимальная частота собственных колебаний;</p> <p><math>\omega_c</math> - частота, соответствующая пиковому значению на спектре действия расчетной акселерограммы. При этом число используемых форм колебаний должно составлять не менее 25.</p>	

9.4.6 При выполнении динамического анализа сейсмостойкости сооружения следует использовать значения параметров затухания  $\zeta$ , установленные на основе динамических исследований поведения сооружений при сейсмических воздействиях.

При отсутствии экспериментальных данных о реальных величинах параметров затухания в расчетах сейсмостойкости допускается применять параметры затухания  $\zeta$  со значениями, не превышающими:

- а) 0,05 – для бетонных и железобетонных сооружений;
- б) 0,15 – для сооружений из грунтовых материалов;
- в) 0,08 – для скальных пород оснований;
- г) 0,12 – для полускальных и не скальных грунтов оснований.

9.4.7 Напряженно-деформированное состояние подземных сооружений следует определять, исходя из единого динамического расчета системы, включающей вмещающую подземное сооружение грунтовую среду и само сооружение.

В расчетах подземных сооружений типа гидротехнических туннелей следует учитывать сейсмическое давление воды.

### 9.5 Расчет по линейно-спектральному методу

9.5.1 В расчетах сооружений линейно-спектральным методом материалы сооружения и основания считаются линейно-упругими.

Сейсмическое ускорение основания задается постоянной во времени векторной величиной, модуль которой определяют по формуле

$$\left| \ddot{U}_0 \right| = k_A \cdot g \cdot A, \quad (9.5)$$

где  $k_A$  – коэффициент, учитывающий вероятность сейсмического события за назначенный

срок службы сооружения  $T_{cl}$ , а также переход от нормативного периода повторяемости  $T_{повт}^{норм}$  к периоду повторяемости, принятому для проектного землетрясения или максимального расчетного землетрясения в соответствии с указаниями в 9.1.3;

$g$  – ускорение свободного падения принимают равным  $9,81 \text{ мс}^{-2}$ ;

$A$  – расчетная амплитуда ускорения основания (в долях  $g$ ), определенная с учетом реальных грунтовых условий на площадке строительства для землетрясений с периодом повторяемости  $T_{повт}^{норм}$  принятым в национальных нормах; для стран, использующих комплект карт А, В и С, значения  $A$  принимают по таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Значения расчетной амплитуды  $A$  (в долях  $g$ )

Категория грунта	$I_{исх}$ , балл			
	7	8	9	>9

	$I^{расч}$ , балл	$A$	$I^{расч}$ , балл	$A$	$I^{расч}$ , балл	$A$	$I^{расч}$ , балл	$A$
I	-	-	7	0,12	8	0,24	9	0,48
I-II	7	0,08	8	0,16	9	0,32	-	-
II	7	0,10	8	0,20	9	0,40	-	-
II-III	8	0,13	9	0,25	-	-	-	-
III	8	0,16	9	0,32	-	-	-	-

9.5.2 В тех случаях, когда при расчете сейсмостойкости сооружения система «сооружение-основание» разбита на отдельные дискретные объемы, то в качестве сейсмических нагрузок используются узловые инерционные силы  $\vec{P}_{ik}$ , действующие на элемент системы, отнесенный к узлу  $k$ , при  $i$  форме собственных колебаний.

В общем случае значения компонент узловых сил  $P_{ikj}$  по трем взаимно ортогональным направлениям ( $j=1.2.3$ ) определяют по формуле

$$P_{ijk} = k_f k_\psi m_k \ddot{U}_0 \beta_i \eta_{ikj}, \quad (9.6)$$

где  $k_f$  – коэффициент, отражающий степень недопустимости в сооружении повреждений;

$k_\psi$  – коэффициент, учитывающий демпфирующие свойства конструкций;  $m_k$  – масса элемента сооружения, отнесенного к узлу  $k$  (с учетом присоединенной массы воды);

$\ddot{U}_0$  – сейсмическое ускорение основания;

$\beta(T_i)$  (или  $\beta_i$ ) – коэффициент динамичности, соответствующий периоду собственных колебаний сооружения  $T_i$  по  $i$  форме колебаний;

$\eta_{ikj}$  – коэффициент формы собственных колебаний сооружения по  $i$ -й форме колебаний

$$\eta_{ikj} = U_{ikj} \frac{\sum_k m_k \sum_{j=1}^3 U_{ikj} \cos(U_{ikj}, \ddot{U}_0)}{\sum_k m_k \sum_{j=1}^3 U_{ikj}^2} \quad (9.7)$$

где  $U_{ikj}$  – проекции по направлениям  $j$  смещений узла  $k$  по  $i$  форме собственных колебаний сооружения;

$\cos(U_{ikj}, \ddot{U}_0)$  – косинусы углов между направлениями вектора  $\ddot{U}_0$  сейсмического воздействия и перемещениями  $U_{ikj}$ .

**Примечание** – Указанные в пункте коэффициенты следует учитывать аналогичным образом в расчетах по методикам, позволяющим определять смещения, деформации, напряжения и усилия, возникающие в сооружении под влиянием сейсмического воздействия, без предварительного нахождения сейсмических нагрузок.

9.5.3 Для всех гидротехнических сооружений  $k_f$  принимают равным 0,45.

Для водоподпорных сооружений значение коэффициента  $k_\psi$  принимают:

- а) 0,9 – для бетонных и железобетонных сооружений;
- б) 0,7 – для сооружений из грунтовых материалов.

Для других видов гидротехнических сооружений значения коэффициента допускается принимать на основе опыта проектирования этих сооружений с учетом сейсмических воздействий.

9.5.4 Значения коэффициента динамичности  $\beta(T_i)$  определяют по графикам на рисунке 2 или формулам (9.8) - (9.10)

$$\beta(T_i) = 1 + \frac{T_i}{T_1} (\beta_0 - 1), \quad 0 < T_1 < T_i; \quad (9.8)$$

$$\beta(T_i) = \beta_0, \quad T_1 < T_i \leq T_2; \quad (9.9)$$

$$\beta(T_i) = \beta_0 \left( \frac{T_2}{T_i} \right)^{0,667}, \quad T_2 < T_i, \quad (9.10)$$

где  $\beta_0, T_1, T_2$  - параметры, значения которых приведены в таблице 9.3.

**Примечания**

1 Значения произведения  $k_\psi \beta_i$  должны составлять не менее 0.80.

2 В дополнение к расчетам, выполненным с применением указанных функций  $\beta(T_i)$ , допускается выполнять расчеты, в которых используют спектры действия однокомпонентных расчетных акселерограмм, вычисленные при регламентируемых в 9.31 значениях параметров затухания колебаний.

Таблица 9.3 – Значения параметров  $\beta_0, T_1, T_2$

Категория грунта по сейсмическим свойствам	$\beta_0$	$T_1$	$T_2$
I	2,5	0,10	0,375
I - II и II	2,5	0,15	0,611
II - III и III	2,5	0,20	0,882

9.5.5 Направление сейсмического воздействия  $\ddot{U}_0$  при расчетах линейно-спектральным методом должно выбираться таким образом, чтобы воздействие оказалось наиболее опасным для сооружения.

При этом водоподпорные гидротехнические сооружения следует рассчитывать на сейсмические воздействия, в которых вектор  $\ddot{U}_0$  принадлежит вертикальной плоскости, нормальной к продольной оси сооружения, а контрфорсные и арочные плотины - также и на воздействия, у которых вектор  $\ddot{U}_0$  лежит в одной плоскости с продольной осью сооружения.

При отсутствии данных о соотношении горизонтальной и вертикальной компонент сейсмического воздействия допускается рассматривать два значения угла между вектором  $\ddot{U}_0$  и горизонтальной плоскостью: 0 и 30°.

Протяженные туннели допускается рассчитывать на сейсмическое воздействие в плоскости, нормальной к оси туннеля.

Отдельно стоящие гидротехнические сооружения, схематизируемые стержнями, рассчитываются на горизонтальные сейсмические воздействия в плоскостях наибольшей и наименьшей жесткости.

9.5.6 Допускается выполнять расчеты с числом учитываемых форм собственных колебаний:

- в расчетах по одномерной (консольной) схеме - не менее 3-4;
- в расчетах по двумерным схемам - не менее 10-15 для бетонных сооружений и 15-18 для сооружений из грунтовых материалов.

Число форм, принимаемых в расчетах с трехмерными схемами, устанавливается в каждом конкретном случае, но не менее 20 для бетонных сооружений и 25 форм - для сооружений из грунтовых материалов.

9.5.7 Расчетные значения возникающих в сооружении смещений (деформаций, напряжений и усилий) с учетом всех учитываемых в расчете форм собственных колебаний сооружений следует определять по формуле

$$W = \sqrt{\sum_{i=1}^q W_i^2}, \quad (9.11)$$

<p>где <math>W</math> – обобщенное значение расчетных смещений (деформаций, напряжений или усилий), возникших в рассматриваемых точках или сечениях под влиянием сейсмических воздействий;</p> <p><math>W_i</math> – обобщенное значение смещений (деформаций, напряжений или усилий), возникших в рассматриваемых точках или сечениях под влиянием сейсмических нагрузок (сил), соответствующих <math>i</math> форме собственных колебаний;</p> <p><math>q</math> – число учитываемых в расчетах форм собственных колебаний.</p>	
<p>9.5.8 В расчетах подземных сооружений следует учитывать отдельно:</p> <p>а) сейсмическое давление грунта, вызванное прохождением в грунтовой среде сейсмических волн сжатия-растяжения и сдвига;</p> <p>б) инерционные сейсмические нагрузки от массы конструкции подземного сооружения и массы породного свода.</p>	
<p><b>9.6 Мероприятия по повышению сейсмостойкости</b></p> <p>9.6.1 При необходимости размещения сооружения на участке тектонического разлома основные сооружения гидроузла (плотины, здания ГЭС, водосбросы) следует размещать на едином структурно-тектоническом блоке, в пределах которого исключена возможность взаимных подвижек частей сооружения.</p> <p>При невозможности исключения взаимных подвижек частей сооружения в проекте должны быть разработаны специальные конструктивные мероприятия, позволяющие воспринять дифференцированные подвижки без ущерба для безопасности сооружения.</p>	<p>Соответствует п.8.5.1 СП РФ</p>
<p>9.6.2 Строительство водоподпорных и других сооружений, входящих в состав напорного фронта, на оползнеопасных участках допускается только при осуществлении мероприятий, исключающих образование оползневых деформаций в основании сооружения и береговых склонах в створе сооружения.</p>	<p>Этот пункт по СП 8.5.2 Строительство сооружений, входящих в состав напорного фронта (8.4.1, примечание), на оползнеопасных участках допускается только при осуществлении мероприятий, исключающих образование оползневых деформаций в основании сооружения и береговых склонах в створе сооружения, а также катастрофического обрушения бортов водохранилища, способного привести к переливу воды через гребень плотины.</p>
<p>9.6.3 При возможности нарушения устойчивости сооружения, а также развития чрезмерных деформаций в теле сооружения и в основании вследствие разжижения и других деструктивных изменений состояния грунтов в основании или теле сооружения под влиянием сейсмических воздействий следует предусматривать искусственное уплотнение или укрепление этих грунтов.</p>	<p>Соответствует п. 8.5.3 СП РФ</p>
<p>9.6.4 Для каменно-земляных плотин в сейсмических районах с верховой стороны ядер и экранов следует предусматривать устройство фильтров (переходных слоев), при этом подбор состава первого слоя фильтра должен обеспечивать кольматацию (самозалечивание) трещин, которые могут образоваться в противofильтрационном элементе при землетрясении.</p>	<p>Соответствует п. 8.5.4 СП РФ</p>
<p>9.6.5 Верховые водонасыщенные призмы плотин из грунтовых материалов следует проектировать из крупнозернистых грунтов с повышенными коэффициентами неоднородности и фильтрации (каменная наброска, гравелистые, галечниковые грунты и др.), которые обладают существенно ограниченной способностью к разжижению при сейсмических воздействиях. При необходимости уменьшения объема крупнозернистого материала в теле верховой призмы допускается введение горизонтальных слоев из крупнозернистых (крупнообломочных) сильнодренирующих материалов.</p>	<p>Соответствует п. 8.5.5 СП РФ</p>

<p>Примечание – Указания данного пункта не распространяются на гидротехнические сооружения из грунтовых материалов с экраном.</p>	
<p>9.6.6 С целью повышения устойчивости верховой упорной призмы плотин из грунтовых материалов с ядрами или диафрагмами при сейсмических воздействиях надлежит разрабатывать мероприятия, обеспечивающие снижение избыточного порового давления в грунтах, в частности, максимальное уплотнение несвязных грунтов, крепление откосов каменной наброской, устройство дополнительных дренирующих слоев и т.д.</p>	<p>Соответствует п. 8.5.6 СП РФ</p>
<p>9.6.7 При проектировании плотин и других водоподпорных сооружений в сейсмических районах повышение их сейсмостойкости следует производить с помощью одного (или нескольких) мероприятий из нижеследующего перечня, осуществляя выбор на основании их технико-экономического сопоставления:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) уширение поперечного профиля плотины;</li> <li>б) облегчение верхней части сооружений за счет применения оголовков минимального веса, устройства верхней части сооружения в виде стенки, контрфорсной или рамной конструкции, выполнения полостей в пригребневой зоне сооружения и т. д.;</li> <li>в) <b>заглубление подошвы сооружения до скальных пород;</b></li> <li>г) укрепление основания, сложенного нескальными грунтами, путем инъецирования этих грунтов;</li> <li>д) <b>обжиг бетона у верховой грани бетонных плотин с помощью напрягаемых анкеров;</b></li> <li>е) защита напорной грани плотины из грунтовых материалов водонепроницаемым экраном;</li> <li>ж) <b>использование для массивных гравитационных плотин клиновой («токтогульской») разрезки сооружения на секции;</b></li> <li>и) применение пространственно работающих массивных гравитационных плотин;</li> <li>к) устройство периметрального шва для арочных плотин;</li> <li>л) <b>использование сдвоенных контрфорсов, либо размещение распорных балок между контрфорсами для контрфорсной плотины;</b></li> <li>м) <b>создание перед бетонной плотиной стационарной воздушной подушки, снижающей интенсивность гидродинамического давления на колеблющееся сооружение;</b></li> <li>н) <b>устройство антисейсмических поясов;</b></li> <li>п) <b>использование «армированного грунта» для возведения земляных плотин.</b></li> </ul>	<p>Выделенные красным цветом нет в СП РФ</p>
<p>9.6.8 Для повышения сейсмостойкости эксплуатируемых плотин, имеющих дефицит сейсмостойкости, следует рассматривать мероприятия «а, б, д, к, л» из перечня, приведенного в 9.6.7, а также инъецицию упорных призм грунтовых плотин цементными или иными растворами.</p>	<p>Соответствует п. 8.5.8 СП РФ</p>
<p>9.6.9 Портовые ограждающие сооружения (молы, волноломы) при расчетной сейсмичности площадки 8 и 9 баллов следует возводить из наброски камня, обыкновенных и фасонных массивов или массивов-гигантов. Углы наклона откосов этих сооружений при сейсмичности 8 и 9 баллов следует уменьшать соответственно не менее чем на 10 и 20% относительно допускаемых в несейсмических районах.</p> <p>При проектировании ограждающего сооружения следует рассматривать целесообразность принятия (на основании технико-экономического сопоставления) перечисленных ниже конструктивных решений, повышающих сейсмостойкость указанных сооружений:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) размещение этих сооружений на основаниях, сложенных более прочными грунтами;</li> <li>б) возведение сооружений из массивов-гигантов;</li> </ul>	<p>Соответствует п. 8.5.9 СП РФ</p>

<p>в) уширение подошвы и придание поперечным сечениям этих сооружений симметричного (относительно вертикальной продольной плоскости) профиля;</p> <p>г) разрезка протяженных сооружений антисейсмическими швами на участки, в пределах которых конструкция сооружения, грунтовые условия, глубины, нагрузки и другие подобные факторы практически не претерпевают изменений.</p>	
<p>9.6.10 Причалные сооружения и набережные следует, как правило, возводить в виде конструкций, не подверженных одностороннему давлению грунта (сооружения эстакадного типа, мостового типа с гравитационными бычками и др.). При невозможности выполнения этого условия предпочтение следует отдавать заанкеренным шпунтовым стенкам при нескальных основаниях и стенкам из массивов-гигантов при скальных основаниях.</p> <p>Для повышения сейсмостойкости причалов и набережных типа сборных гравитационных стен следует, как правило, укрупнять размеры сборных элементов, а омоноличивание конструкций выполнять со сваркой выпусков арматуры или стальных закладных деталей. При расчетной сейсмичности строительной площадки, не превышающей 8 баллов, допускается применение сборных гравитационных стен в виде кладки из элементов типа обыкновенных массивов с выполнением конструктивных мероприятий для создания условий совместной работы этих элементов.</p>	<p>8.5.10 Причалные сооружения и набережные следует, как правило, возводить в виде конструкций, не подверженных одностороннему давлению грунта (сооружения эстакадного типа, мостового типа с гравитационными бычками и др.). При невозможности выполнения этого условия предпочтение следует отдавать заанкеренным шпунтовым стенкам при нескальных основаниях и стенкам из массивов-гигантов при скальных основаниях.</p> <p><b>Протяженные причалы и набережные необходимо разделять на секции антисейсмическими швами. В пределах отдельной секции следует соблюдать однородные условия работы конструкции: не допускать существенных изменений характеристик основания, глубины водоема, нагрузок на сооружение, конструкции и размеров основных несущих элементов.</b></p>
<p>9.6.11 Для причалов и набережных эстакадного типа в качестве опор следует применять сваи в виде стальных труб, коробок из шпунта, предварительно напряженных центрифугированных железобетонных оболочек; применение призматических железобетонных свай не рекомендуется.</p> <p>Горизонтальную жесткость эстакад при необходимости следует обеспечивать применением наклонных свай или введением в рамы диагональных связей.</p> <p>Целесообразность соединения между собой отдельных секций причалов и набережных эстакадного типа специальными связями в цепочки секций устанавливается по результатам расчетов на основное сочетание нагрузок с учетом сил навала судов и на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмических воздействий. Конструкция связей между секциями должна исключать возможность хрупкого разрушения этих связей при сейсмических колебаниях сооружения.</p>	<p>8.5.11 Для повышения сейсмостойкости причалов и набережных типа сборных гравитационных стен следует, как правило, укрупнять размеры сборных элементов и обеспечивать омоноличивание этих конструкций сваркой выпусков арматуры или стальных закладных деталей.</p>
<p>9.6.12 Для повышения сейсмостойкости причалов и набережных типа заанкеренных шпунтовых стен целесообразно в качестве анкерных опор использовать свайные ростверки; в случаях применения в качестве опор анкерных плит или анкерных стенок следует предусматривать меры по тщательному уплотнению грунта перед этими конструкциями, а при необходимости - устройство плотных ядер из крупнообломочных грунтов.</p> <p>При расчетной сейсмичности площадки строительства более 7 баллов следует применять конструкции, исключаящие защемление анкерных тяг на опорах при значительных деформациях лицевых шпунтовых стен при землетрясении; рекомендуется применять компенсаторы для выравнивания усилий в тягах и лицевых шпунтовых стенах и предупреждения перегрузки этих элементов.</p> <p>Подкрановые пути за шпунтовыми стенами следует устраивать на свайных фундаментах.</p>	<p>8.5.12 Для причалов и набережных эстакадного типа в качестве опор следует применять сваи в виде стальных труб, коробок из шпунта, предварительно напряженных центрифугированных железобетонных оболочек. Применение призматических железобетонных свай не рекомендуется.</p> <p>Сваи необходимо погружать до глубины залегания плотных, устойчивых к разжижению грунтов. Опирающие нижние концы свай на рыхлые водонасыщенные грунты, глинистые грунты мягкопластичной, текучепластичной и текучей консистенции не допускается.</p> <p>Верхние концы свай следует жестко заделывать в верхнее строение эстакадной конструкции.</p> <p>Узлы сопряжений должны быть рассчитаны на знакопеременные нагрузки.</p>

	Горизонтальную жесткость эстакад при необходимости следует обеспечивать применением наклонных свай или введением в рамы диагональных связей.
<p>9.6.13 При возведении причалов и набережных типа заанкеренных шпунтовых стен или гравитационных подпорных стен из массивов-гигантов или сборных элементов должна быть обеспечена такая плотность обратной засыпки, при которой исключаются значительные осадки территории причалов или набережных при землетрясениях.</p> <p>Устройство обратной засыпки из мелкого песка путем намыва допускается только при специальном обосновании.</p>	<p>8.5.13 Для повышения сейсмостойкости причалов и набережных типа заанкеренных шпунтовых стен целесообразно в качестве анкерных опор использовать свайные ростверки.</p> <p>Подкрановые пути за шпунтовыми стенами следует устраивать на свайных фундаментах.</p>
	<p>8.5.14 Для повышения сейсмостойкости МНГС (в частности - для ослабления горизонтальных колебаний конструкций верхнего строения) целесообразно между опорным основанием и верхним строением устанавливать фрикционный маятниковый подшипник, изолирующий верхнее строение от опорного основания.</p>
<p><b>9.7 Геодинамический мониторинг</b></p> <p>9.7.1 В проектах водоподпорных сооружений I и II классов при расчетной сейсмичности площадки строительства для проектного землетрясения 7 баллов и выше, а также при возможности опасных проявлений других геодинамических процессов (современных тектонических движений, оползней, резких изменений напряженно-деформированного состояния или гидрогеологического режима верхних частей вмещающей геологической среды и др.), следует предусматривать создание комплексной системы геодинамического мониторинга, включающей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сейсмологический мониторинг за естественными и техногенными землетрясениями на участке плотины и в зоне водохранилища;</li> <li>- инженерно-сейсмометрический мониторинг на сооружениях и береговых примыканиях;</li> <li>- геофизический мониторинг физико-механических свойств и напряженно-деформированного состояния сооружения и основания, а также района расположения гидроузла;</li> <li>- геодезический мониторинг деформационных процессов, происходящих в сооружении и основании, а также земной поверхности в районе водохранилища;</li> <li>- тестовые динамические испытания сооружения;</li> <li>- проведение поверочных расчетов сейсмостойкости и оценка сейсмического риска в случае изменения сейсмических условий площадки строительства, свойств основания и сооружения во время эксплуатации;</li> <li>- систему регламентных мероприятий персонала действующего гидротехнического сооружения по предотвращению либо снижению негативного влияния опасных геодинамических процессов и явлений в период эксплуатации,</li> </ul> <p>Конкретные составы и методы наблюдений и исследований определяются специализированной проектной или исследовательской организацией.</p> <p>Геодинамический мониторинг проводится комплексно и охватывает период от начала строительства до конца эксплуатации гидротехнических сооружений.</p>	<p>Соответствует п. 8.6 Геодинамический мониторинг гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации</p>
	<p><b>Согласно СП РФ.</b> Конкретные составы и методы наблюдений и исследований определяются генеральным проектировщиком совместно со специализированной проектной или исследовательской организацией.</p> <p>Рекомендуемые состав геодинамических наблюдений и периодичность</p>

	<p>измерений в зависимости от характеристики объекта мониторинга и активности геодинамических процессов приведены в приложении В.</p>
<p>9.7.2 Все гидротехнические сооружения независимо от их назначения, класса, конструкции и материала изготовления должны подвергаться обследованию после каждого сейсмического воздействия интенсивностью 5 баллов и выше. При этом должны быть оперативно проанализированы все показания, установленные в сооружении, а также проведен осмотр сооружения. На основании установленных фактов проводится экспертная и расчетная оценка прочности, устойчивости и эксплуатационных качеств сооружения.</p>	<p>8.6.2 На сооружениях, указанных в 8.6.1, при сдаче их в эксплуатацию, а затем через каждые 5 лет, следует проводить силами специализированных организаций тестовые испытания по определению динамических характеристик этих сооружений (динамическое тестирование) с составлением динамических паспортов. В процессе динамического тестирования должны быть определены собственные частоты и формы колебаний, затухание по формам, амплитудно-частотные характеристики динамической податливости. Для возбуждения колебаний можно применять следующие естественные и искусственные источники: фоновые колебания сооружения, связанные с режимной работой гидроагрегатов; специальные, приуроченные к динамическим исследованиям, пуски и остановки гидроагрегатов; микросейсмы; тестовые взрывы небольших зарядов ВВ; воздействие специальной тестирующей вибромашины. Динамические характеристики сооружения устанавливаются при нормальном подпорном уровне и при уровне мертвого объема воды в водохранилище.</p>
<p><b>9.8 Конструктивные мероприятия</b> 9.8.1 Подпорные гидротехнические сооружения следует располагать на участках, удаленных от тектонических разломов, по которым могут возникнуть относительные подвижки скальных массивов, образующих основание сооружения.</p>	
<p>9.8.2 Основные сооружения гидроузлов (плотины, здания ГЭС, водосбросы) следует размещать на скальном массиве, в пределах которого возможность возникновения указанных в 9.8.1 подвижек исключена.</p>	
<p>9.8.3 Возведение бетонных подпорных гидротехнических сооружений I и II классов на участках, в пределах которых противоположные береговые склоны сложены породами резко различающимися по механическим свойствам, допускается только при специальном технико-экономическом обосновании.</p>	

<p>9.8.4 При наличии в основании сооружений слоя слабых грунтов (илы, глинистых грунтов с <math>I_L &gt; 0,5</math> и др.) следует удалять эти грунты либо предусматривать специальные меры по усилению их прочностных характеристик.</p> <p>Использование таких грунтов в качестве оснований гидротехнических сооружений не допускается.</p> <p>При строительстве гидротехнических сооружений на скальных грунтах следует обращать особое внимание на тщательность выполнения мероприятий по укреплению грунта и улучшению контакта сооружений с основанием.</p>	
<p>9.8.5 При наличии в основании или теле сооружения водонасыщенных несвязных грунтов следует производить оценку возможности их разжижения при сейсмическом воздействии.</p> <p>При возможности разжижения грунтов в теле сооружения или в основании следует предусматривать искусственное уплотнение или укрепление грунтов.</p>	
<p>9.8.6 В качестве водоупорных элементов плотин из местных материалов следует применять пластичные или полужесткие ядра. Для плотин высотой до 50 м следует, как правило, применять асфальтобетонные экраны и диафрагмы, а высотой от 50 до 100 м, как правило, - асфальтобетонные диафрагмы.</p> <p>При этом особое внимание следует уделять обеспечению надежности сопряжения противотрафиционных элементов с основанием и береговыми склонами.</p>	
<p>9.8.7 Верховые водонасыщенные призмы плотин следует проектировать из крупнообломочных материалов (каменная наброска, гравелистые и галечниковые грунты и др.), не способных к разжижению при сейсмических воздействиях. При отсутствии таких материалов целесообразно введение в тело верховой призмы горизонтальных слоев из крупнообломочных сильнодренирующих материалов.</p> <p>П р и м е ч а н и е – Указания этого пункта не распространяются на гидротехнические сооружения с верховыми экранами.</p>	
<p>9.8.8 С целью повышения устойчивости откосов в плотинах из грунтовых материалов при сейсмических воздействиях следует предусматривать максимальное уплотнение наружных призм, особенно в зоне, расположенной близко к гребню плотины, а также укрепление откосов каменной наброской или железобетонными плитами.</p>	
<p>9.8.9 При выборе схемы разрезки бетонных плотин температурными и конструктивными швами следует учитывать наличие ослабленных зон в основании плотины или в береговых склонах, предусматривая конструкции, допускающие относительное смещение частей сооружений без нарушения водонепроницаемости напорного фронта.</p>	
<p>9.8.10 Причальные сооружения следует, как правило, возводить в виде конструкций, не подверженных одностороннему давлению грунта. При невозможности выполнения этого условия следует применять заанкеренные стальные шпунтовые стенки при нескальных основаниях и стенки из массивов-гигантов при скальных основаниях.</p>	