

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА  
(РОСАВТОДОР)

ОТРАСЛЕВЫЕ ДОРОЖНЫЕ НОРМЫ

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

ОДН 218.1.021-2003

Утверждено

распоряжением Минтранса России от  
23.05.2003 № ОС-462-р

1. **Разработаны** ОАО ЦНИИС совместно с МГУПС.
2. **Внесены** Управлением инноваций и технического нормирования в дорожном хозяйстве Государственной службы дорожного хозяйства.
3. **Приняты и введены** в действие распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации от 23.05.2003 г. № ОС-462-р.

Объектом исследований «Проектирования автодорожных мостов в сейсмических районах» являются мостовые сооружения на автомобильных дорогах.

В процессе работы выполнен анализ действующих строительных норм, проектов новых отечественных нормативных документов, зарубежной информации по сейсмостойкости сооружений, теоретических исследований по математическому моделированию работы линейно-протяженных сооружений при сейсмических воздействиях.

В результате исследований впервые для дорожной отрасли Российской Федерации разработана на современном уровне редакция отраслевого нормативного документа по проектированию мостовых сооружений с учетом сейсмических воздействий.

Основной технико-эксплуатационный показатель - обеспечение необходимого уровня сейсмической безопасности мостовых сооружений на автомобильных дорогах Российской Федерации общего пользования.

Документ разработан творческим коллективом ОАО ЦНИИС (руководитель темы - канд. техн. наук В.М. Фридкин, исполнитель - А.Е. Козицкий) совместно с Институтом пути, строительства и сооружений (МГУПС) (д-р геол.-минер. наук Г.С. Шестоперов (все разделы норм)).

### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие нормы следует соблюдать при разработке проектной документации на строительство и реконструкцию постоянных и временных автодорожных мостовых сооружений: мостов через водные преграды, эстакад, путепроводов, виадуков, возводимых на автомобильных дорогах I-V категорий в районах с сейсмичностью 7, 8, 9 баллов по шкале MSK-64.

Нормы не распространяются на проектирование в сейсмических районах регуляционных и защитных сооружений мостовых переходов.

Нормы содержат специальные требования по расчету и конструированию мостовых сооружений, обеспечивающие их сейсмостойкость со степенью ответственности по ГОСТ 27751: постоянных - I, временных - III.

Проектирование мостовых сооружений с учетом сейсмических воздействий должно выполняться на основе удовлетворения комплекса требований к потребительским свойствам объектов мостостроения, предусмотренных п. 4.2 СНиП 32-05-2002 «Мосты и трубы».

Должна также обеспечиваться возможность безопасной эксплуатации (возможно, с временными ограничениями) мостового сооружения после землетрясения расчетной интенсивности.

Для наиболее ответственных мостовых сооружений с определенной вероятностью должна обеспечиваться (по требованию

Заказчика) общая устойчивость и необрушение сооружения или отдельных его элементов после возможного землетрясения синтенсивностью, превышающей расчетную.

1.2. Антисейсмические мероприятия должны предусматриваться в объеме, достаточном для того, чтобы мост выдержал сейсмическое воздействие расчетной силы без обрушения несущих конструкций, а также без появления таких повреждений, которые могут стать причиной аварий транспортных средств или вызвать длительное прекращение движения по мосту в результате землетрясения.

1.3. При разработке антисейсмических мероприятий необходимо учитывать особые условия работы конструкций моста и грунта в основаниях опор, выражающиеся в виде изменения:

- напряженно-деформированного состояния сооружения, вызываемого сейсмическими нагрузками от масс конструкций транспортных средств, сейсмическим давлением грунта и воды, а также сейсмическими перемещениями фундаментов опор;

- прочности и устойчивости конструкций за счет накопления в них сейсмических повреждений и кратковременности действия сейсмических сил;

- жесткости конструкций в результате образования трещин и зон пластических деформаций в сечениях при сейсмическом воздействии;

- несущей способности фундаментов опор по грунту и модулей деформации грунта по отношению к их статическим значениям.

1.4. При выборе места мостового перехода через широкое водное препятствие или глубокое ущелье следует предпочитать створ, расположенный за пределами зон возможных очагов землетрясений (зон ВОЗ), на участках речной долины или ущелья, лавоводохранилища или морского пролива с устойчивыми склонами.

1.5. В выбранном створе следует предусматривать применение такой системы моста и схемы разбивки на пролеты, которые в наибольшей степени соответствуют сеймотектонической обстановке на участке строительства.

1.6. Фундаменты опор моста, как правило, должны прорезать слабые покровные отложения и опираться на скальные и другие малодеформируемые при землетрясениях грунты.

1.7. Опоры мостов не должны подвергаться хрупкому разрушению при сейсмическом воздействии.

1.8. Для перекрытия пролетов предпочтительно применять конструкции наименьшей массы, способные к значительным деформациям на стадиях, предшествующих разрушению.

1.9. Конструкции опорных частей и деформационных швов должны обеспечивать устойчивое положение пролетных строений на опорах и безударный режим колебаний сооружения при расчетном сейсмическом воздействии.

1.10. Прочность и устойчивость несущих конструкций моста должны быть проверены расчетом, учитывающим действующие на сооружение сейсмические нагрузки, напряженно-деформированное состояние объекта от перемещений фундаментов при прохождении сейсмических волн, а также влияние динамического характера нагружения на несущую способность и жесткость конструкций (грунтов оснований).

1.11. Для компенсации неучитываемых расчетом эффектов сейсмического воздействия следует предусматривать конструктивные меры защиты и применять специальные антисейсмические устройства.

1.12. При постройке мостов в сейсмических районах нужно принимать меры против опрокидывания сборных элементов сейсмическими силами на складских площадках и в местах сборки, а также обеспечивать устойчивость строительных кранов с учетом расчетного для периода строительства сейсмического воздействия, амплитудные характеристики которого принимаются в два раза меньше, чем для периода эксплуатации.

1.13. Работы по содержанию мостов в сейсмических районах должны включать периодический визуальный и инструментальный (статический и динамический) контроль специализированных организаций за их состоянием, обследование после сильных сейсмических толчков, разработку и осуществление мер по ремонту и усилению конструкций, получивших повреждения при землетрясениях, паводках, атмосферных и техногенных воздействиях.

1.14. По решению Минтранса РФ в проектах внеклассных мостов предусматривается устройство пунктов инженерно-сейсмометрических наблюдений. Проектирование этих пунктов производится по техническому заданию, разрабатываемому организацией, на которую возлагается эксплуатация пунктов инженерно-сейсмометрических наблюдений. Техническое задание подлежит утверждению Минтрансом РФ. Расходы на приобретение сейсмометрической аппаратуры и на выполнение строительно-монтажных работ, связанных с установкой датчиков колебаний и с устройством помещений для размещения регистрирующей аппаратуры, должны предусматриваться в сметах на строительство соответствующего моста или в сметах на выполнение обследований (испытаний) ранее построенного сооружения.

1.15. Помимо антисейсмических мероприятий при строительстве мостов в сейсмических районах в соответствующих случаях необходимо осуществлять инженерные мероприятия по защите сооружений от сопровождающих землетрясения явлений (оползней, обвалов, селей, снежных лавин, цунами, разжижения грунта, водно-песчаных и мутьевых потоков).

1.16. В тех случаях, когда мост необходимо построить в створе, пересекаемом активным тектоническим разломом или руслом селеопасной горной реки, в проекте моста должны быть учтены возможные подвижки по разлому, а опоры моста вынесены за пределы зоны тектонического дробления горных пород и расположены выше уровня селевого потока.

## 2. СЕЙСМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

2.1. Напряженно-деформированное состояние моста при сейсмическом воздействии следует рассчитывать исходя из амплитудных и спектральных характеристик колебаний грунта, которые в общем случае полагают равными соответствующим характеристикам колебаний среднего по сейсмическим свойствам грунта в районе строительства, с поправками на особенности сейсмического режима в створе мостового перехода, на инженерно-геологические и топографические условия площадки сооружения опор, а также с поправкой на направление колебаний. Обобщенную характеристику (силу) разрушительного эффекта землетрясения в заданной географической точке учитывают в баллах шкалы MSK-64.

2.2. Расчетную силу землетрясения для площадок, расположенных на ровной местности и сложенных средними по сейсмическим свойствам грунтами, следует определять по одной из трех карт (А, В или С) общего сейсмического районирования территории Российской Федерации или по списку населенных пунктов Российской Федерации, расположенных в сейсмических районах по СНиП II-7-81\* (издание 2000г.).

2.3. При проектировании мостов, кроме внеклассных, на дорогах категорий I и II следует применять карту ОСР-97(В) исходя из вероятности непревышения силы расчетного землетрясения 95% за интервал времени 50 лет.

При проектировании мостов на дорогах категорий III, IIIп, IV и IVп следует исходить из вероятности непревышения силы расчетного землетрясения 90% за интервал времени 50 лет и определять сейсмическое воздействие на основе карты ОСР-97(А).

Решение о выборе карты ОСР (В или С) при проектировании внеклассных мостов на дорогах всех категорий принимается заказчиком (инвестором) по представлению генерального проектировщика и по согласованию с Минтрансом РФ.

2.4. Амплитудные характеристики колебаний среднего по сейсмическим свойствам грунта определяются по приложению 1 в зависимости от расчетной силы землетрясения, устанавливаемой по выбранной карте ОСР-97 или по списку населенных пунктов Российской Федерации, расположенных в сейсмических районах.

2.5. Амплитудные характеристики колебаний грунта, приведенные в приложении 1, разрешается уточнять на основании материалов сеймотектонических и сейсмологических исследований, которые должны содержать подробную информацию о зонах ВОЗ в радиусе не менее 50 км от объекта и характеристику сейсмического режима в пункте строительства.

2.6. Материалы исследований зон ВОЗ должны включать сведения о географических координатах очагов и датах прошлых землетрясений, об очертаниях границ ВОЗ, о максимальных зарегистрированных и прогнозных значениях магнитуд (силе землетрясений по шкале Рихтера), о наблюдаемых и наиболее вероятных глубинах очагов, о сейсмодислокациях на земной поверхности и других проявлениях современной сеймотектонической активности.

Положение на местности и современная активность тектонических разломов должны быть подтверждены данными дистанционных съемок и полевых инженерно-геологических работ.

2.7. Уточненные по данным сеймотектонических и сейсмологических исследований характеристики сейсмического воздействия относятся к ровным участкам земной поверхности, сложенным песчано-глинистыми грунтами плотностью  $\gamma = 1,9 \text{ т/м}^3$ , в которых поперечные сейсмические волны распространяются со скоростью  $V_S = 350 \text{ м/с}$ .

2.8. Сейсмичность площадок строительства опор мостов определяется в результате выполнения работ по сейсмическому микрорайонированию в створе мостового перехода. Материалы работ по СМР должны содержать оценки влияния характера залегания слоев грунта, его состояния, состава, структуры и текстуры, а также, в случае сильно пересеченной местности, влияния ее рельефа на параметры сейсмического воздействия.

2.9. При строительстве моста на слабопересеченной местности сейсмичность площадок возведения опор с фундаментами глубокого заложения, как правило, следует находить в зависимости от сейсмических свойств и мощности слоев грунта, прорезаемого фундаментами, т.е. нижняя граница толщи грунта, колебания которой определяют сейсмическое воздействие, принимается совпадающей с кровлей скальной породы или других малосжимаемых грунтов, в которые заделываются столбы, погружаются нижние концы свай или на которые опираются опускные колодцы.

2.10. Верхняя граница толщи грунта, определяющей сейсмическое воздействие (расчетной толщи), устанавливается с учетом планировки строительной площадки при сооружении путепроводов и общего размыва грунта в русле и на поймах при строительстве мостов через водотоки с нерегулируемым стоком. Во всех случаях из состава толщи исключаются залегающие с поверхности насыпные грунты, слои ила, торфа, склонные к разжижению, песчаные и очень слабые глинистые грунты.

2.11. Для опор с фундаментами мелкого заложения сейсмичность площадок строительства устанавливается в зависимости от сейсмических свойств грунта, расположенного на отметках заложения фундаментов.

2.12. При проектировании малых и средних мостов влияние инженерно-геологических условий на сейсмичность строительных площадок допускается оценивать по данным общинженерно-геологических изысканий с использованием приложения 2.

2.13. Сейсмостойчивость склонов и слабых грунтов в пределах пересекаемой акватории, величина оползневое давления на противооползневые сооружения, а также характеристики других опасных явлений, сопутствующих землетрясениям, устанавливаются по данным специальных инженерно-сейсмологических исследований в створе мостового перехода.

### 3. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ

3.1. При разработке мер антисейсмической защиты автодорожных мостов следует учитывать постоянные нагрузки (воздействия), нагрузку от автомобильного транспорта, силу трения в подвижных опорных частях и сейсмические нагрузки.

#### Примечание:

При проектировании мостов на автомобильных дорогах III, IIIп, IV и IVп категорий сочетание нагрузки от автомобильного транспорта и сейсмических нагрузок не рассматривается.

3.2. Совместно с сейсмическими нагрузками учитываются следующие постоянные нагрузки и воздействия:

- собственный вес конструкций;
- воздействие усадки и ползучести бетона;
- воздействие усадки грунта;
- воздействие предварительного напряжения и регулирования усилий в системе моста;
- давление грунта на устои от веса насыпи;

-гидростатическое давление (взвешивающее действие воды);

-гидродинамическое давление потока.

3.3. Нагрузки от автомобильного транспорта принимают в виде полос равномерно распределенной вдоль оси моста нагрузки интенсивностью 1,4 тс/м (на одну полосу). Число полос указанной нагрузки должно соответствовать установленному числу полос движения на мосту.

Совместное действие сейсмических нагрузок с нагрузками от торможения и ударов автомобилей в конструкции ограждения проезжей части при расчете автодорожных мостов не рассматривается.

3.4. Силы трения в подвижных опорных частях каткового, секторного и валкового типа, в опорных частях с прокладками из фторопласта, а также в качающихся стойках и подвесках, определяют по указаниям гл. СНиП «Мосты и трубы», полагая силы трения действующими в неблагоприятном для рассчитываемой конструкции направлении.

При расчете анкерных опор неразрезных мостов на сейсмостойкость равнодействующую сил трения, приложенных к пролетному строению со стороны подвижных опорных частей, допускается принимать равной нулю.

При определении сил трения в сочетаниях с сейсмическими нагрузками коэффициент трения находят при температуре воздуха, равной среднегодовой температуре вместе строительства моста.

3.5. Сейсмические нагрузки следует учитывать в виде сил инерции от масс моста и находящихся на нем автомобилей, а также в виде сейсмического давления грунта и воды на мостовые опоры.

3.6. Сейсмические нагрузки, вызванные горизонтальными составляющими колебаний грунта, направленными вдоль и поперек оси моста, рассматриваются отдельно.

3.7. Сейсмические нагрузки от масс моста и автомобилей, как правило, определяют с помощью спектрально-модального метода расчета колебаний упругих систем.

3.8. Используемые при вычислении сил инерции динамические дискретные схемы составляют для моста в целом или для его отдельных частей, являющихся самостоятельными колебательными системами. В обоснованных случаях допускается выполнять расчет по упрощенным схемам, учитывающим симметрию, однородность и другие структурные особенности конкретных сооружений.

3.9. Расчетная сейсмическая нагрузка ( $S_{ik}$ ), приложенная в точке « $k$ » и соответствующая  $i$ -му тону собственных колебаний системы, определяется по формуле

$$S_{ik} = k_1 A_b \eta_{ijk} Q_k, \quad (1)$$

где  $k_1 = 0,25$  - коэффициент, учитывающий влияние на сейсмическую нагрузку допускаемых при землетрясениях трещин и пластических деформаций конструкций моста;

$A$  - амплитудная характеристика ускорения колебаний грунта, выраженная в долях ускорения силы тяжести;

$b_j$  - спектральная характеристика ускорения колебаний грунта (коэффициент динамичности, соответствующий  $i$ -му тону собственных колебаний моста);

$\eta_{ijk}$  - коэффициент формы колебаний моста;

$Q_k$  - отнесенный к точке « $k$ » расчетный вес сооружения, определяемый с учетом нагрузок от автомобильного транспорта и с учетом присоединенной к опорам массы воды.

3.10. При расчете конструкций моста с учетом горизонтальной составляющей колебаний грунта коэффициент динамичности следует определять по формуле (2) и принимать его не менее чем 1,0.

$$\beta_i = \begin{cases} 1 + 1,5T_i, & \text{при } T_i \leq 0,1 \text{ с;} \\ 2,5, & \text{при } 0,1 < T_i \leq 0,5 \text{ с;} \\ \frac{1,25}{T_i}, & \text{при } T_i > 0,5 \text{ с.} \end{cases} \quad (2)$$

3.11. Коэффициент формы колебаний моста ( $\eta_{ijk}$ ) следует, как правило, вычислять по формуле

$$\eta_{ik} = \frac{x_{ik} \sum_{j=1}^n Q_j x_{ij}}{\sum_{j=1}^n Q_j x_{ij}^2}, \quad (3)$$

где  $x_{ik}$  и  $x_{ij}$  - смещения сооружения при собственных колебаниях по  $i$ -ой форме в точках « $k$ » и « $j$ ».

$Q_j$  - расчетный вес сооружения, отнесенный к точке « $j$ ».

#### Примечание:

При расчете больших и внеклассных мостов допускается использовать другие формулы для определения коэффициента формы колебаний сооружения, учитывающие особенности перемещений фундаментов опор в микрорайонах мостового перехода при прохождении сейсмических волн.

3.12. Расчетную сейсмическую нагрузку ( $S_k$ ) от массы ( $m_k$ ), соответствующую нескольким формам собственных колебаний рассчитываемой системы, следует определять по формуле

$$S_k = \sqrt{\sum_{i=1}^{n_p} S_i^2} \quad (4)$$

где  $n_p$  - число учитываемых в расчете форм собственных колебаний объекта.

**Примечание:**

Число учитываемых в расчете старших форм колебаний должно быть не менее трех.

3.13. Промежуточные опоры мостов, расположенные в водоемах, следует рассчитывать с учетом сейсмического давления воды, если глубина водоема у опоры в межень превышает 5 м.

3.14. Сейсмическое давление воды следует вычислять как нагрузку от присоединенной к опоре массы воды. При этом поверхность дна у опоры в случае проектирования мостового перехода через реку с нерегулируемым стоком принимается без учета воронки местного размыва.

3.15. Устойчивость мостов следует рассчитывать с учетом сейсмического давления грунта насыпей подходов, которое находят по формулам Кулона с учетом сил инерции в грунте насыпей и изменения угла внутреннего трения грунта при сейсмическом воздействии.

В районах сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов уменьшение угла внутреннего трения принимают равным 1,5°, 3° и 6° соответственно.

#### 4. РАСЧЕТЫ НА СЕЙМОСТОЙКОСТЬ

4.1. Расчет мостов с учетом сейсмических нагрузок следует выполнять на прочность и устойчивость несущих конструкций, а также по несущей способности грунтовых оснований опор и по предельным относительным перемещениям смежных секций моста.

4.2. Наибольшие значения сейсмических продольных и поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов, горизонтальных перемещений и углов поворота сечений следует находить посредством статического расчета моста на сейсмическую нагрузку, определяемую по формуле (4).

**Примечание:**

Напряженное состояние сооружения допускается также рассчитывать, используя нагрузки, соответствующие отдельным формам собственных колебаний объекта, с последующим вычислением расчетных значений усилий в сечениях конструкций по формуле

$$N_p = \sqrt{\sum_{i=1}^{n_p} M_i^2} \quad (5)$$

где  $N_p$  - расчетное усилие в рассматриваемом сечении;

$M_i$  - усилие в рассматриваемом сечении, вызываемое сейсмической нагрузкой, соответствующей  $i$ -й форме собственных колебаний моста;

$n_p$  - число учитываемых в расчете форм собственных колебаний.

4.3. При расчете мостов с учетом сейсмического воздействия коэффициенты сочетания ( $\eta_c$ ) следует принимать равными:

- для постоянных нагрузок и воздействий, сейсмических нагрузок, учитываемых совместно с постоянными нагрузками, а также с воздействием трения от постоянных нагрузок подвижных опорных частях, - 1;

- для сейсмических нагрузок, действие которых учитывается совместно с нагрузками от подвижного состава автомобильных дорог, - 0,8;

- для нагрузок от подвижного состава автомобильных дорог - 0,5.

4.4. Расчет конструкций моста на устойчивость против опрокидывания с учетом сейсмического воздействия производят по формуле

$$M_{оп} \leq \frac{m}{k_H} M_{уд} \quad (6)$$

где  $M_{оп}$  - момент опрокидывающих сил относительно оси возможного опрокидывания конструкций;

$m$  - коэффициент условий работы, принимаемый для пролетных строений, - 1,0; для фундаментов мелкого заложения на скальных основаниях - 0,9; для фундаментов мелкого заложения на нескальных основаниях - 0,8;

$k_H$  - коэффициент надежности, равный 1,1.

4.5. Расчет конструкций моста на устойчивость против сдвига с учетом сейсмического воздействия следует выполнять по условию

$$T_{сд} \leq \frac{m}{k_H} T_{уд}, \quad (7)$$

где  $T_{сд}$  - сдвигающая сила, равная сумме проекций сдвигающих сил на направление возможного сдвига;

$T_{уд}$  - удерживающая сила, равная сумме проекций удерживающих сил на то же направление;

$m = 0,9$  - коэффициент условий работы;

$k_H = 1,1$  - коэффициент надежности.

4.6. При расчете на прочность анкерных болтов, закрепляющих на опорных площадках от сдвига сейсмическими силами опорные части пролетных строений, следует принимать коэффициент надежности ( $k_H$ ), равный 1,5.

4.7. При расчете на прочность бетонных, железобетонных и стальных конструкций, а также при расчете на устойчивость формы стальных элементов, кратковременность действия сейсмической нагрузки следует учитывать с помощью дополнительного коэффициента условий работы ( $m_{кр}$ ), определяемого по гл. СНиП «Строительство в сейсмических районах».

4.8. Предварительно напряженные железобетонные конструкции опор и пролетных строений следует проектировать таким образом, чтобы усилие, соответствующее пределу прочности рассматриваемого сечения, было больше усилия, вызывающего образование трещин, не менее чем на 25%.

4.9. При проверке прочности сваях по грунту силы трения по боковой поверхности свай и силы сопротивления грунта сжатию под нижними концами свай находят с учетом коэффициентов условий работ, регламентированных нормами проектирования свайных фундаментов. Сопротивление грунта на боковой поверхности свай учитывается от уровня верхней границы расчетной толщи грунта до низа свай.

4.10. Амплитуду колебаний секций моста при сейсмическом воздействии следует определять как сумму амплитуд колебаний оснований и конструкций опор.

#### Примечание:

При определении деформированного состояния моста следует учитывать неупругие составляющие деформации в сечениях железобетонных конструкций.

## 5. КОНСТРУКЦИИ МОСТОВ

5.1. В сейсмических районах следует строить преимущественно мосты с балочными неразрезными и неразрезными пролетными строениями, мосты рамной системы, а также арочные мосты с шарнирным опиранием пролетных строений на опоры, висячие и вантовые мосты.

5.2. Арочные и рамные бесшарнирные мосты допускается применять только при наличии скального основания. Пяты сводов, арок и стоек рам следует опирать на массивные опоры и располагать на возможно более низком уровне. Надарочное строение следует проектировать сквозным.

5.3. Пролетные строения должны быть закреплены на опорах так, чтобы обеспечить устойчивость их проектного положения при расчетном сейсмическом воздействии. Антисейсмическое закрепление пролетных строений следует осуществлять с помощью сейсмостойких опорных частей. В случае применения обычных опорных частей для антисейсмического закрепления пролетных строений должны использоваться специальные антисейсмические устройства.

5.4. Сейсмостойкие продольно-неподвижные опорные части должны обеспечивать передачу пролетных строений на опоры сейсмической нагрузки, действующей в продольном направлении моста. Сейсмостойкие продольно-подвижные опорные части должны допускать беспрепятственные перемещения подвижного конца пролетного строения во время землетрясения. Прочность поперечно-неподвижных опорных частей сейсмостойкого исполнения должна быть достаточной для передачи с пролетных строений на опоры сейсмической нагрузки, действующей в поперечном к оси моста направлении.

5.5. В районах сейсмичностью 9 и 10 баллов сейсмостойкие опорные части должны воспринимать отрицательные вертикальные опорные реакции, не допуская подбрасывания пролетных строений при землетрясении.

5.6. Антисейсмические устройства следует применять с целью:

- передачи с пролетных строений на опоры горизонтальных (направленных вдоль и поперек оси моста) и вертикальной сейсмических нагрузок;
- предотвращения заклинивания подвижных опорных частей, разрушения деформационных швов;
- смягчения взаимных ударов смежных секций моста, разделенных деформационными швами;
- удержания пролетных строений от падения на грунт при увеличении расстояний между опорами в результате землетрясения;
- перераспределения сейсмической нагрузки от массы неразрезного пролетного строения между опорами;
- увеличения декремента колебаний моста.

5.7. В районах сейсмичностью 9 и 10 баллов, как правило, следует применять монолитные, сборно-монолитные и сборные железобетонные или металлические конструкции опор.

Надводные(надземные) части промежуточных опор допускается проектировать облегченного типа в виде железобетонных (стальных) рамных надстроек или железобетонных(стальных) пустотелых конструкций столбчатого типа с насадками.

5.8. В районах сейсмичностью 7 и 8 баллов допускается применять массивные бетонные опоры с дополнительными антисейсмическими конструктивными элементами.

5.9. Проектами сборно-монолитных бетонных опор из контурных блоков с монолитным ядром необходимо предусматривать армирование ядра конструктивной арматурой, заделанной в фундамент и в подферменную плиту, а также объединение контурных блоков с ядром с помощью выпусков арматуры или другими способами, обеспечивающими надежное закрепление сборных элементов.

5.10. В районах сейсмичностью 9 и 10 баллов размеры подферменных плит опор, поддерживающих концы пролетных строений, следует назначать такими, чтобы расстояние ( $S$  (см)) вдоль оси моста от торца пролетного строения до плоскости передней грани подферменной плиты со стороны перекрываемого пролета удовлетворяло условию (8).

$$S \geq 70 + 0,5L, \text{ когда } L \leq 100 \text{ м};$$

$$S \geq 80 + 0,4L, \text{ когда } L > 100 \text{ м}, \quad (8)$$

где  $L$  - длина перекрываемого пролета, м.

5.11. Массивные фундаменты мостовых опор, а также нижние концы свай, столбов и оболочек, как правило, следует опирать на скальные грунты, крупнообломочные отложения, гравелистые плотные пески, глинистые грунты твердой и полутвердой консистенции.

5.12. Опирание фундаментов на оттаивающие песчаные грунты с льдистостью за счет ледяных включений более 0,01 или глинистые грунты с показателем текучести ( $I_L$ ) более 0,5 не допускается.

5.13. В районах сейсмичностью 9 и 10 баллов стойки опорных поперечных рам мостов на нескальных основаниях должны иметь общий фундамент мелкого заложения или опираться на железобетонную плиту, объединяющую головы всех свай (столбов, оболочек).

5.14. Подошва фундаментов мелкого заложения должна быть горизонтальной. Фундаменты с уступами допускаются только при скальном основании.

5.15. Для уменьшения амплитуд колебаний пролетных строений больших мостов в районах сейсмичностью 9 и 10 баллов свайные опоры и фундаменты опор, устраиваемые в виде свайных ростверков с плитой, расположенной над грунтом, следует проектировать с применением вертикальных свай с повышенными размерами поперечных сечений (сечением не менее 600×600 мм или диаметром не менее 800 мм) или наклонных свай. В случае заглубления плиты ростверка в грунт допускается использовать вертикальные сваи сечением 400×400 мм или диаметром 600 мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### АМПЛИТУДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Расчетные амплитудные характеристики колебаний грунта в горизонтальной плоскости следует принимать по табл. 1.

Таблица 1

Сила землетрясения по шкале MSK-64, баллы	Ускорение, см/с <sup>2</sup>	Скорость, см/с	Перемещение, см
7	100	8,0	4,0
8	200	16,0	8,0
9	400	32,0	16,0
10	800	64,0	32,0

Амплитудные характеристики для вертикальной составляющей колебаний грунта определяют по материалам инженерно-сейсмологических исследований в зависимости от прогнозируемых глубины очага, магнитуды, эпицентрального расстояния и других факторов.

При проектировании малых и средних мостов амплитуды колебаний грунта в вертикальном направлении допускается принимать уменьшенными в два раза по сравнению с амплитудами горизонтальных колебаний.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ ПЛОЩАДОК СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛЫХ И СРЕДНИХ МОСТОВ

Амплитудные характеристики колебаний грунта расчетной толщи оснований опор малых и средних мостов допускается определять посредством умножения амплитудных характеристик колебаний грунта со средними сейсмическими свойствами (см. приложение 2) на поправочный коэффициент ( $m_{гр}$ ), учитывающий фактические сейсмические свойства грунта основания.

Для однородных оснований коэффициент  $m_{гр}$ , в зависимости от вида грунта, принимают равным:

0,5 - для скальных грунтов неветреных и слабовеетреных;

1,0 - для скальных грунтов ветреных и сильноветреных, песчаных и глинистых грунтов условным сопротивлением осевому сжатию  $R_0 > 25 \text{ тс/м}^2$ ;

2,0 - для песчано-глинистых грунтов с условным сопротивлением осевому сжатию  $R_0 \leq 25 \text{ тс/м}^2$ .

В тех случаях, когда прорезаемая фундаментом расчетная толща грунта неоднородна по структуре, коэффициент  $K_{гр}$  находят как среднее значение случайной величины по формуле

$$K_{гр} = \frac{\sum K_{гр,i} h_i}{\sum h_i},$$

где  $h_i$  - толщина  $i$ -го слоя неоднородной расчетной толщи грунта;

$K_{гр,i}$  - значение поправочного коэффициента, учитывающего сейсмические свойства  $i$ -го слоя грунта.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Авария сооружения** - наступившее полное или частичное разрушение основных несущих элементов в конструкциях сооружения и (или) общее смещение объекта или его отдельных частей в пространстве, сделавшие сооружение непригодным для использования по назначению без проведения комплекса восстановительных работ.

**Акведук** - мостовое сооружение для пропуска водотока (судоходного или оросительного канала, водопровода).

**Балка жесткости** - несущий балочный элемент Байтового или всячего моста, обеспечивающий необходимую жесткость пролетного строения.

**Габарит приближения строений** - предельное поперечное перпендикулярное оси дороги или пути очертание, внутрь которого, помимо подвижного состава, не должны заходить никакие части сооружений и устройств, а также лежащие около пути материалы, запасные части и оборудование, за исключением частей устройств, предназначенных для непосредственного взаимодействия с подвижным составом: вагонных замедлителей и подвагонных толкателей в рабочем состоянии, контактных проводов с деталями крепления, хоботов гидравлических колонок при наборе воды и др., при условии, что положение этих устройств во внутригабаритном пространстве увязано с частями подвижного состава, с которыми они могут соприкасаться, и что они не могут вызвать соприкосновения с другими элементами подвижного состава.

**Геофизические воздействия** - часть опасных природных воздействий, вызванных геофизическими полями.

**Геомассив** - ограниченная часть геосреды, влияющая на здания и сооружения посредством гидрогеологических и геодинамических процессов (разломы, карсты, оползни).

**Геофизические поля** - различные поля (естественные и искусственные), обусловленные взаимодействием нейтральных и заряженных материальных тел, элементарных частиц и квантов энергии.

**Грузоподъемность** - характеристика сооружения, соответствующая наибольшей массе (классу) эксплуатационной нагрузки заданной структуры, при которой исчерпывается сопротивляемость конструкции наступлению первого предельного состояния.

**Грунт** - обобщенное наименование всех видов горных пород, являющихся объектом инженерно-строительной деятельности человека.

**Давление** - величина, характеризующая интенсивность сил, действующих на часть поверхности тела по направлению, перпендикулярному этой поверхности, и определяемая отношением силы, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности, к площади этой поверхности.

**Деформация** - изменение формы или размеров тела под действием внешних сил и других воздействий (**упругая и остаточная**).

**Деформация основания** - деформация, возникающая в результате передачи усилий от сооружения (опоры) на основание или изменения физического состояния грунта в период строительства или эксплуатации сооружения.

**Длина моста** - расстояние между концами устоев (шкафных стенок, открьлков).

**Долговечность** - свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе содержания.

**Железобетонные конструкции** - конструкции, выполненные из **бетона** и **рабочей арматуры** (армированные бетонные конструкции). Усилия от собственного веса и внешних воздействий в железобетонных конструкциях должны восприниматься бетоном (как правило - сжатие) и рабочей арматурой (как правило - растяжение).



**Живучесть** - способность элемента или конструкции сохранять несущую способность при повреждении или разрушении отдельных частей.

**Интенсивность землетрясения** - характеризует силу землетрясения, зависит от расстояния и убывает от эпицентра землетрясения к периферии.

**Землетрясение** - колебание земной поверхности вследствие внезапных смещений и разрывов в земной коре и верхней мантии.

**Катастрофасооружения** - авария сооружения, после которой восстанавливать объект невозможно или нецелесообразно.

**Конструкция** - система несущих и вспомогательных элементов, выполняющая заданные технологические функции и сохраняющая во времени, полностью или частично, связь между несущими элементами, их соединения со вспомогательными элементами, а также связи с внешней средой.

**Конструктивная форма** - множество конструкций с однородным по материалам набором и одинаковой геометрической структурой несущих элементов и связей с внешней средой.

**Магнитуа землетрясения** - безразмерная величина, мера высвобожденной при землетрясении энергии сейсмических волн, находится в пределах от 0,0 до 9,0.

**Мост (транспортный)** - мостовое сооружение, предназначенное для пропуска транспортных средств и пешеходов через водную преграду.

**Мостовой переход** - комплекс сооружений, включающий мост (или несколько мостов), участки подходов в пойме реки, регуляционные и другие укрепления. В состав мостового перехода могут также включаться транспортные развязки, включая путепроводы.

**Мостовое полотно** - конструкции пролетного строения, предназначенные для непосредственного восприятия подвижных нагрузок и их безопасного и комфортного движения.

**Мостовое сооружение** - искусственное сооружение на дорогах, включающее пролетные строения и опоры, предназначенное для пропуска дороги над различными препятствиями (реками - мосты, ущельями - виадуки, другими дорогами - путепроводы) или на некоторой высоте над поверхностью земли (эстакады).

**Надежность** - свойство объекта выполнять заданные функции в течение требуемого промежутка времени.

**Несущий элемент** - находящееся в статическом или динамическом равновесии твердое деформируемое тело, воспринимающее внешние воздействия и реакции связей с другими телами.

**Сейсмическая активность** — среднее число очагов землетрясений в определенном диапазоне их энергетической величины, которые возникают в окрестности некоторой точки на единице площади и в единицу времени.

**Сооружение** - сложная техническая система взаимодействующих строительных конструкций, технологического оборудования и объектов внешней среды.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие положения

2. Сейсмическое воздействие

3. Нагрузки и воздействия

4. Расчеты на сейсмостойкость

5. Конструкции мостов

Приложения

1. Амплитудные характеристики колебаний грунта при землетрясениях

2. Определение сейсмичности площадок строительства малых и средних мостов

3. Термины и определения