

## ИСХОДНАЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕЙСМОСТОЙКИХ СООРУЖЕНИЙ

С. Н. СКЛЯРОВ

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.,  
Российская Федерация*

Землетрясение – это резкое сотрясение земной поверхности, вызванное движением тектонических плит в толще Земли. В мире в течение года происходит более миллиона землетрясений разной интенсивности. Величина высвобождаемой при этом энергии весьма велика, поэтому не удивительно, что землетрясения часто сопровождаются колоссальными разрушениями. Область, в которой появляются подвижки земной коры и происходит наибольшее высвобождение энергии, называется очагом. В его центре располагается гипоцентр, проекция которого на поверхность Земли называется эпицентром. Расстояние от рассматриваемой точки наблюдения до эпицентра называется эпицентральной дистанцией. Один из основоположников сейсмологии Б. Гутенберг считал, что глубина очагов землетрясений не превышает 50 км [1]. Однако более поздние исследования продемонстрировали возможность расположения очагов и на больших глубинах – 100–150 км и более. В настоящее время в зависимости от глубины очага выделяют поверхностные (до 70 км), промежуточные (от 70 до 300 км) и глубокие (более 300 км) землетрясения [2]. От очага распространяются два типа волн: продольные (сжатия или дилатации) и поперечные (волны сдвига). Скорость распространения волн зависит от плотности среды и ее упругих характеристик. Поперечные волны распространяются в 1,5 раза медленнее продольных. Для анализа колебаний грунтового массива используются графики изменения смещений, скоростей и ускорений, которые называют сейсмограммами, велосиграми и акселерограммами.

В настоящее время оценка мощности, или интенсивности землетрясения, осуществляется на основе двух подходов: описательного, который основан на регистрации повреждений зданий, остаточных явлений в грунтах, изменений гидрогеологического режима и прочих признаков, и инструментального. В инструментальном подходе для оценки энергии, выделяющейся при землетрясении в виде сейсмических волн, используют понятие магнитуды землетрясения. Ее первоначальная шкала была предложена в 1935 году американским сейсмологом Чарльзом Рихтером, поэтому в обиходе ее называют шкалой Рихтера (в дальнейшем предложенная им шкала была модифицирована). Магнитуда измеряет именно ту энергию, которая выделилась в очаге (гипоцентре) землетрясения.

В конкретном регионе земной поверхности интенсивность землетрясения измеряют в баллах. В РФ используется двенадцатибалльная шкала (MSK-64), разработанная в 1964 году Медведевым, Шпонхойером и Карником [3]. В ней учитываются как показания сейсмологических станций, так и характер, степень и количество поврежденных зданий и сооружений, остаточные явления в грунтах, изменение течения грунтовых и наземных вод, субъективные ощущения толчков и колебаний и др.

Для оценки интенсивности сейсмических воздействий в районе строительства используется комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР97) [4]. В нем карты А, В, и С отражают соответственно 10, 5 и 1%-ю вероятности возможного превышения значений сейсмической интенсивности, для которых средние интервалы времени между землетрясениями расчетной интенсивности составляют соответственно 500, 1000 и 5000 лет. Комплект карт ОСР-97 дает возможность на основе оценки степени сейсмической опасности предусмотреть осуществление антисейсмических мероприятий в зависимости от ответственности объектов: карта А – объекты нормальной (массовое строительство) и пониженной ответственности; карты В и С – объекты повышенной ответственности (особо опасные, технически сложные или уникальные сооружения). Сейсмическая нагрузка относится к группе прочих нагрузок и участвует в расчете сооружения наряду с остальными нагрузками (постоянными, временными, прочими), причем коэффициент сочетаний зависит от уровня ответственности.

В соответствии с нормами сейсмостойкого строительства [4], на строительных площадках балльностью свыше 9 баллов по шкале MSK-64 возведение объектов допускается только при специальном разрешении государства. В то же время, если интенсивность ниже 7 баллов, то нагрузки от землетрясения для обычных объектов вовсе не принимаются во внимание, поскольку, как правило, они не оказываются определяющими. Карты ОСР-97 содержат информацию о средней сейсмичности по району. Фактические сейсмо-геологические условия площадки строительства должны уточняться методами сейсмиче-

ского микрорайонирования. На основе расчетной сейсмичности принимаются пиковые значения ускорений грунта основания: при 7 баллах  $a_{\max} = 0,1g$ ; при 8  $a_{\max} = 0,2g$ ; при 9  $a_{\max} = 0,4g$ .

Теория сейсмостойкости сооружений зародилась после разрушительного японского землетрясения 1891 года. Омори в 1900 году провел специальные опыты, на основе результатов которых была разработана методика определения сейсмических сил, получившая название статической теории сейсмостойкости, позволившая впервые получить количественную оценку таких сил. Ее суть состоит в том, что деформации сооружения не учитываются, а его колебания сводятся к переносному движению вместе с основанием. Дальнейшим этапом в истории развития теории сейсмостойкости сооружений был линейно-спектральный метод, который предложен М. Био в 1941 году. В нем были введены в обращение спектральные кривые, представляющие зависимости максимальных ускорений, скоростей или перемещений линейного осциллятора от функции периода его собственных колебаний. Внедрение спектральной теории в практику проектирования позволило существенно повысить надежность и эффективность сейсмостойкого строительства. Основным недостатком линейно-спектральной теории является ее неприменимость к нелинейным системам.

Основные способы обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений представлены в работе [5]. В их основе лежит, как правило, линейно-спектральный метод расчета сейсмостойкости. В районах, отличающихся высокой сейсмической активностью, распространение получают новые специальные методы, которые позволяют повысить надежность возводимых конструкций при существенном снижении затрат на усиление. К числу таких методов относятся, в частности, применение сейсмоизоляции и динамических гасителей колебаний.

#### Список литературы

- 1 Гутенберг, Б. Основы сейсмологии / Б. Гутенберг. – М. : ОНТИ, 1938. – 149 с.
- 2 Курбацкий, Е. Н. Сейсмостойкость мостов. Теория и приложения : учеб. пособие / Е. Н. Курбацкий, Е. А. Пестрякова, И. И. Зернов. – М. : АСВ, 2021. – 276 с.
- 3 Медведев, С. В. Инженерная сейсмология / С. В. Медведев. – М. : Госстройиздат, 1962. – 284 с.
- 4 СП 14.13330.2018. Свод правил. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*. – Введ. 2018-11-25. – 165 с.
- 5 Ньюмарк, Н. Основы сейсмостойкости строительства / Н. Ньюмарк, Э. Розенблут ; пер. с англ. Г. Ш. Подольского; под ред. Я. М. Айзенберга. – М. : Стройиздат, 1980. – 344 с.

УДК 699.841

## СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

*С. Н. СКЛЯРОВ*

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.,  
Российская Федерация*

Разрушительные землетрясения уносят жизни тысяч людей, наносят огромный урон экономике, заставляют людей задуматься и принять необходимые меры для создания средств сейсмозащиты для предотвращения катастрофических последствий. В последние годы было проведено большое количество исследований для оценки поступающей энергии при землетрясениях и разработки устройств, позволяющих сберечь сооружения. Мосты очень уязвимы к сейсмическим воздействиям. Во-первых, они обладают малым демпфированием (менее 5 %), а во-вторых, собственные частоты совпадают с частотами сейсмических воздействий [1]. Уменьшить реакцию сооружения реально, благодаря специальным демпфирующим устройствам, которые позволяют уменьшить разрушения сооружений при сейсмических воздействиях.

1 Эластомерные (резинометаллические) опорные части. В конце прошлого века Робинсоном и Келли было найдено удачное сочетание эластичных материалов с металлическими пластинами [2, 3], которое позволило создать резинометаллические опоры, которые получили значительное распространение в Японии, США, Новой Зеландии, России и др. странах. Данные опорные части располагаются на устоях либо промежуточных опорах под пролётными строениями и включают цилиндры или прямоугольные параллелепипеды из натуральной или синтетической резины и металлических листов. Резина обеспечивает поперечную податливость и защищает стальные листы от коррозии, покрывая все внешние поверхности, а металлические листы обеспечивают вертикальную жёсткость. Выделяются несколько групп таких опорных частей, для определения характеристик которых проводятся динамические испытания.