

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

А. Г. НАЗАРОВ

О ПЕРЕВОДЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ НА  
КОЛИЧЕСТВЕННУЮ ОСНОВУ

В статье приводятся соображения о путях перевода сейсмической шкалы, основанной на макросейсмических характеристиках, на количественную, т. е. инструментальную основу. Эта мера необходима не только с точки зрения требований современной науки, но и в связи с тем, что несейсмостойкие здания, поставившие макросейсмическую данность, в сейсмических районах постепенно ликвидируются. За меру сейсмической интенсивности предлагается принять все три компонента сейсмического ускорения почвы. В связи с трудностью их сопоставления для оценки интенсивности землетрясений, на основе акселерограмм вычисляются спектры реакции, более легко сопоставимые между собой. Для возможности максимального сохранения информации об интенсивности прошлых землетрясений каждому баллу по макросейсмическим признакам следует относить все соответствующие спектры реакции. На основе установления связей и переходов от спектров для каждого балла производится оценка интенсивности землетрясения в баллах. В зависимости от принятой точности спектры реакции или отвечающие им акселерограммы, отнесенные к данной балльности, используются для анализа поведения сооружений в сейсмических условиях.

В заключение приводятся соображения о векторном построении сейсмической шкалы, т. е. о принятии нескольких чисел, выписанных в определенной последовательности для оценки интенсивности землетрясений.

Проблема оценки интенсивности сильных землетрясений сложна. Трудности, связанные с решением этой проблемы, велики. Известно, что сейсмическая карта СССР, по которой осуществляется сейсмическое районирование, и нормы, регламентирующие строительство в сейсмических районах, имеют в своей основе оценку интенсивности землетрясений по сейсмической шкале балльности [1,2]. Согласно этой шкале балльность сильных землетрясений, представляющих интерес со строительной точки зрения, устанавливается преимущественно по степени повреждения несейсмостойких зданий, т. е. зданий устаревших конструкций. Учитывая большой разброс прочностных и деформационных характеристик материалов построек, а также разнообразие конструкций этих построек в зависимости от местоположения и времени возведения, можно понять причину большой приближенности оценки интенсивности землетрясений по шкалам балльности.

Делались также попытки привязки к шкале балльности количественных механических характеристик колебаний почвы или сооружений. В этом направлении наиболее интересны и систематичны работы Канкани и С. В. Медведова [3,1]. Недостатки такого рода попыток обще-

известны (см., например, [4]).

Следует подчеркнуть также, что всякая шкала по своей идее должна являться однозначной функцией одной переменной. Поэтому строгую, точную шкалу для такого многофакторного явления как землетрясение создать невозможно.

Можно говорить лишь о приближенных сейсмических шкалах по какому-либо интегральным признакам.

Несмотря на все недостатки существующих шкал и на их условность, в настоящее время они являются единственными мерами интенсивности именших место в прошлом землетрясений. Но также ясно, что бурный рост современной строительной индустрии и повсеместное развитие сейсмостойкого строительства во многих странах уже приводит к вытеснению несейсмостойких, устаревших зданий, служащих измерителями интенсивности землетрясений по существующим шкалам. Практически мы постепенно лишаемся самой опоры, хотя и шаткой, но все же опоры для оценки интенсивности землетрясений по баллам на основе макросейсмического материала.

Поэтому настоятельно необходимо принять срочные меры для сохранения преемственности, а также возможно надежного стыкования и способах оценки интенсивности землетрясений в прошлом, настоящем и будущем. Вопрос этот актуален и сложен.

Ясно одно, необходима систематическая инструментальная фиксация интенсивности землетрясений и создание на этой основе новой сейсмической шкалы, увязанной с существующими насколько это возможно.

Для сравнения сейсмической интенсивности в различных точках земной поверхности нужно выбрать ее меру. Если протяженность сооружения мала по сравнению с длиной сейсмической волны, то поведение его, с точки зрения механики сплошных сред, достаточно точно определяется тремя компонентами перемещения поверхности земли в заданной точке при фиксированных деформационных свойствах площадки строительства и самого сооружения. Для протяженных на плане сооружений требуется знание тех же перемещений в нескольких точках основания. Это позволит различать смещения по амплитудам и фазам.

Поскольку в дифференциальные уравнения колебаний зданий непосредственно входят ускорения смещений почвы при землетрясениях, то целесообразнее записывать ускорения, нежели смещения почвы. Поэтому окончательно принимаем за меру сейсмической интенсивности землетрясений в данной точке все три компонента ускорения почвы в функции от времени, записанные в этой точке акселерографами. В случае отсутствия таковых можно приближенно двукратно дифференцировать записи смещения почвы, доставляемые сейсмографами [5].

Опыт показывает (К. Канаи, Л. А. Скорик и др. [6,7]), что трудно осуществлять сопоставление сейсмограмм или акселерограмм, полученных в различных пунктах, для вынесения суждения об относи-

тельных значениях интенсивности землетрясений и них. Объясняется это в основном нестационарностью сейсмических колебаний, представляющих собой по существу переходный процесс от одного состояния равновесия земной коры к другому. Возникает поэтому потребность в получении более упрощенной вспомогательной меры сейсмической интенсивности, если даже это будет сопровождаться частичной потерей информации. С этой точки зрения интересны так называемые спектры реакции или, что то же, приведенные сейсмические ускорения, представляющие собою сейсмические силы, возникающие в сосредоточенных массах линейных осцилляторов различных периодов свободных колебаний и отнесенные к единице массы при некотором фиксированном значении логарифмического декремента колебаний [1, 8, 9, 10].

Графическое оформление спектра реакции таково: по оси абсцисс откладываются периоды свободных колебаний линейного осциллятора, а по оси ординат — их реакции. Спектры реакции при различных логарифмических декрементах колебаний линейных осцилляторов легко вычисляются на основании акселерограмм с помощью ЭЦВМ. Спектры эти удобны для анализа напряженного состояния конструкции в пределах упругости, как системы с одной степенью свободы. Они довольно успешно применяются и для приближенного анализа поведения сооружений, представляющих из себя упругие системы со многими степенями свободы.

Опыт работы с подобного рода спектрами показал большое их удобство и в другом отношении. Спектры эти дают возможность в дифференцированном сопоставлении интенсивности землетрясений в различных грунтах и морфологических условиях в зависимости от периодов свободных колебаний. В частности, С. В. Медведев предлагает осуществлять сопоставление интенсивностей землетрясений по максимальным отклоненным положениям упругого маятника при периоде свободных колебаний, равном 0,25 сек. и при логарифмическом декремента колебаний 0,5 [1].

Для сравнительной оценки землетрясений, имевших место в различных пунктах или в различное время, за приближенную меру интенсивности землетрясений можно принять спектры реакции. Спектры реакции значительно проще сравнивать между собой, нежели ускорения почвы, заданные в функции от времени. Здесь имеется еще то удобство, что спектры реакции можно получить непосредственно с помощью многомаятниковых сейсмометров, размещенных в различных пунктах [1, 8].

Как указывалось выше, официальной мерой интенсивности землетрясений в настоящее время является сейсмическая шкала балльности. Это еще более грубая мера, чем спектры реакции. Тем не менее для обеспечения преемственности в оценке интенсивности землетрясений необходимо осуществление привязки спектров реакций к сейсмической

шкале балльности. Если это будет осуществлено, то автоматически привяжутся к этой же шкале и акселерограммы землетрясений, отвечающих рассматриваемым спектрам реакции.

Таким путем задача о привязке меры интенсивности землетрясений по ускорениям к существующей сейсмической шкале может быть разрешена. Спрашивается, как решить эту фундаментальную задачу?

Здесь остановимся на выборе пути, представляющемся нам наиболее естественным и простым.

Первое, что следует подчеркнуть, — это необходимость совершения операции сбора и систематизации определенным образом макросейсмического и инструментальных материалов, независимо от того, какие пути и методы будут приняты впоследствии для составления шкалы на инструментальной основе\*.

Задача эта чрезвычайно ответственна и требует к себе особого внимания. Суть заключается в следующем. Собираются записи сильных землетрясений и отвечающие им макросейсмические данные в непосредственной близости от места записи для обеспечения идентичности геологических условий. Место расположения сейсмических приборов, а также место расположения построек, повреждения которых фиксируются, должны находиться в одних и тех же грунтовых и морфологических условиях. По существующей сейсмической шкале оценивается балльность землетрясения и полученные записи землетрясений относим к этой балльности.

В итоге, скажем, к балльностям VI, VII, VIII и т. д., будут отнесены зафиксированные инструментальные данные в виде акселерограмм, сейсмограмм или записей многомаятниковых сейсмометров. Чем больше накопится материал такого рода, тем надежнее будут наши последующие выводы при его обработке. При таком подходе выпадают из поля зрения записи тех сейсмических станций, которые располагаются далеко от населенных пунктов. Ввиду скудности, в смысле количества записей сильных землетрясений, надо попытаться использовать и такого рода записи. Например, можно пойти по следующему пути. Производится тщательное геологическое изучение места расположения сейсмических приборов. Осуществляется такого же рода изучение для ближайших населенных пунктов, в отношении которых располагаем макросейсмическим материалом. На основании полученных данных, путем сравнения геологических условий, сделать переоценку балльности мест расположения населенных пунктов применительно к месту расположения сейсмических приборов. Существенную помощь в этом отношении могут оказать также сравнительные записи слабых землетрясений для сопоставляемых пунктов. Итак, для каждого балла сильного землетрясения, представляющего интерес с инженерной точки зрения, мы получим сгруппированный инструментальный материал.

\* Для этого полезно учесть результаты интересной докторской диссертации В. Н. Шебакина, (ИФЗ, 1969).

Этот первый этап работы абсолютно необходим для составления сейсмической шкалы на инструментальной основе, конечно, если мы желаем сохранить какую-то преемственность между прошлой сейсмической шкалой и будущей.

Акселерограммы табулируются для последующего вычисления спектров реакций. Сейсмограммы дважды дифференцируются как графически заданные функции и также сводятся к таблицам численных значений ускорений для той же цели. По записям многомаятниковых сейсмометров непосредственно определяются спектры реакций [1,8]. Основное значение имеют спектры реакции для горизонтальных колебаний почвы. Они определяются как равнодействующие обоих горизонтальных компонентов спектров реакции. Строятся отдельно и спектры реакции для вертикальной составляющей колебаний. Полученные группы горизонтальных и вертикальных составляющих спектров реакции обрабатываются одинаковым образом. Поэтому в дальнейшем их различать не будем. Сокращенно их назовем спектрами реакции.

Все спектры реакции должны быть вычислены при стандартном логарифмическом декременте колебаний, который можно принять равным 0,5, как это предложено С. В. Медведевым. Декременты колебаний для спектров реакции, полученных на основе многомаятниковых сейсмометров, колеблются в зависимости от периода свободных колебаний упругих маятников в пределах 0,25 — 0,4. Полученные результаты следует привести к стандартному затуханию, например, на основе эмпирической зависимости, полученной С. В. Медведевым [11].

В результате для каждого балла по сейсмической шкале на основе макросейсмических данных мы будем располагать серией спектров реакции.

На этом заканчивается второй этап работы.

Нанесем теперь все спектры, отвечающие скажем 6 баллам на один график. Вычертим верхнюю и нижнюю огибающие всех этих спектров. Огибающие эти ограничат область существования всех инструментально зафиксированных шестибалльных землетрясений в спектральном представлении. Такую же операцию осуществим для всех спектров, отвечающих 7, 8 и т. д. баллам по макросейсмическим данным. В результате получим верхние и нижние огибающие для спектров и для этих баллов.

На этом заканчивается третий этап работы. Далее уже должна идти исследовательская работа.

В принципе говоря, возможны следующие случаи.

1. Положим, что верхняя огибающая спектров, отвечающих меньшей балльности, совпадает с нижней огибающей следующей — большей балльности. Тогда мы получим идеальное решение задачи о сопряжении балльности по макросейсмическим данным с данными инструментальными, так как между ними будет иметь место однозначное соответствие. Каждый балл будет определяться областью спектров реак-

ций, ограниченной нижней и верхней огибающими, причем, верхняя огибающая меньшего балла будет совпадать с нижней огибающей большего балла.

Такой идеальный случай возможен лишь тогда, когда точность инструментальной оценки балльности окажется совпадающей с точностью макросейсмической оценки балльности. Поэтому он практически невозможен.

2. Положим, что верхняя огибающая спектров, отвечающих одной балльности, существенно ниже нижней огибающей следующей по величине балльности. Тогда спектры реакций для каждого балла графически изобразятся в виде полос, ограниченных нижними и верхними огибающими с просветами между ними, но заполненными спектрами реакции. Такая картина с физической точки зрения недопустима, так как возможны землетрясения с любой промежуточной интенсивностью. У нас нет никаких данных, позволяющих утверждать, что в природе имеет место нечто похожее на квантование сейсмической интенсивности. Поэтому такой случай можно приписать лишь тому, что у нас имеет место недостаточный набор инструментально зафиксированных землетрясений.

В этом случае за границы балльностей на инструментальной основе можно принять средние линии, проведенные между верхними и нижними огибающими смежных баллов. Они могут быть уточнены впоследствии на основе новых спектральных крипов.

3. Положим, что верхняя огибающая низшей балльности находится на более высоком уровне, чем нижняя огибающая, отвечающая следующей балльности. В этом случае имеет место положение друг на друга (перекрывание) сгруппированных нами спектров по баллам на основе макросейсмических данных. Если в предыдущем случае разброс по инструментальным данным оказался менее разброса по макросейсмическим данным, то теперь имеет место обратная картина — разброс наблюдений по инструментальным данным оказался больше, нежели разброс по макросейсмическим признакам. В этом случае в первую очередь следует осуществить анализ спектральных кривых, налегающих друг на друга с точки зрения возможной переоценки их балльностей. Возможно, удастся найти некие доводы для перегруппировки спектров по балльностям и уменьшения степени налегания друг на друга их огибающих.

Если налегания эти не очень велики, то можно провести средние линии между верхней огибающей предыдущей балльности и нижней огибающей последующей балльности. Для этой цели могут быть привлечены статистические методы обработки с оценкой доверительных границ.

4. Вероятнее всего — нижние и верхние огибающие на некоторых участках будут перекрывать друг друга, на других же участках между ними окажутся свободные просветы. Случай этот является комбинацией

случаев 2 и 3 для различных интервалов периодов свободных колебаний. Свободные просветы между огибающими по-прежнему означают недостаточное количество инструментальных наблюдений, а перекрытия между огибающими — отсутствие достаточной адекватности между макросейсмической оценкой балльности и инструментальной. Если просветы и перекрытия между верхней огибающей предыдущей балльности и нижней огибающей последующей балльности не очень велики, то между ними можно провести осредненные линии, принимаемые за границы между балльностями с подходящими статистическими оценками.

Предлагаемый метод требует достаточного количества спектров для каждой из балльностей. В действительности же известно, что с увеличением интенсивности землетрясений количество их падает в геометрической прогрессии при знаменателе прогрессии примерно 3—6. Поэтому для больших балльностей инструментально фиксированных землетрясений будет не хватать для надежной их статистической обработки и проведения осредненных огибающих. Для облегчения решения задачи следует найти подходящие пути.

В качестве возможных вариантов мы предлагаем два пути, могущих быть использованными в отдельности или в совместном сочетании.

Первый путь заключается в том, что группировка записей землетрясений по баллам осуществляется *не только на основании имеющих место сотрясений в данном сейсмическом регионе, а в любом сейсмическом регионе земного шара.*

Таким образом место землетрясения обезличивается, то есть допускается, что любое землетрясение заданной балльности, происшедшее в любом пункте земного шара, может иметь место и в интересующем нас пункте.

Ясно, что такое расширенное представление приводит к построению сейсмической шкалы на инструментальной основе с запасом для каждого из населенных пунктов в отдельности. Поэтому путь этот может считаться приемлемым хотя бы для начальной стадии. Впоследствии, по мере накопления инструментального материала, можно будет более тонко учитывать спектральные характеристики для данных локальных условий и прийти к более дифференцированному толкованию балльности землетрясения в зависимости от локальных условий. Но контуры одной дифференциации возможно удастся нащупать и при имеющемся инструментальном материале. Возможна рассортировка спектров землетрясений данной балльности по основным грунтовым характеристикам (скала, плотные грунты, более рыхлые грунты и те же грунты насыщенные водой). Для каждого из них можно будет отыскивать верхние и нижние огибающие спектров и строить соответствующие шкалы балльностей на инструментальной основе.

Второй путь заключается в следующем. Можно утверждать, что в нашем распоряжении может оказаться достаточное количество спектров.

роп в статистическом смысле для VI и VII балльных землетрясений. Для них устанавливаются осредненные огибающие, представляющие собой границы существования балльностей в спектральном представлении. По этим границам устанавливается среднее значение множителя перехода от шести баллов к семи баллам и этот множитель принимается также и для высших баллов. В этом случае положения огибающих спектральных характеристик для высших баллов принимаются в волевом порядке. В первом приближении этот множитель, по-видимому, должен быть равен 2, поскольку таков знаменатель прогрессии, принятой в шкалах типа Меркалли — Канкани — Зиберга.

На этом заканчиваем изложение схемы сейсмической шкалы на инструментальной основе.

Итак, подытоживаем. Сейсмическая шкала балльностей на инструментальной основе представляет собой систему огибающих спектров, отвечающих баллам на основе макросейсмических наблюдений. Для оценки интенсивности какого-либо нового землетрясения необходимо по акселерограмме этого землетрясения получить спектр реакции при логарифмическом декременте колебаний 0,5. Наложить этот спектр на систему огибающих и установить с учетом значений доверительных границ для перекрытых участков и огибающих значение балльности данного землетрясения. Для каждого балла мы имеем набор спектров реакций и отвечающих им набор акселерограмм. Они служат для анализа поведения сооружений на сейсмическое воздействие данной балльности.

Каковы, спрашивается, достоинства этой шкалы, если удастся ее построить?

Во-первых, она построена таким образом, что в максимальной мере обеспечивается преемственность между старой шкалой на макросейсмической основе и новой, что важно для сохранения информации об интенсивностях землетрясений, происшедших в прошлом, даже в глубоком прошлом.

Во-вторых, огибающие спектров, разграничивающие различные балльности, могут быть применены для приближенного расчета сооружений, как это делается с помощью множителя  $\beta$  в современных наших нормах.

В-третьих, используя наборы спектров, отвечающих данной балльности, можно осуществить расчет сооружений на стохастических начальных [12, 13].

В-четвертых, к каждой балльности, ограниченной нижней и верхней огибающими спектров, относится группа спектров землетрясений. Каждой из них ставится в соответствие исходная акселерограмма землетрясения, которая может рассматриваться как случайная функция. Таким образом, для каждой балльности мы располагаем серией реализаций случайной функции (ускорения). Поэтому мы можем, в случае желания, осуществлять более глубокий стохастический анализ поведения сооружения, отвечающего данной балльности [14]. Мы можем также

одно и то же сооружение рассчитывать на основании различных акселерограмм, отвечающих данной балльности, и для каждого элемента выбирать наибольшее усилие. Это наиболее надежный путь проектирования [13]. Поскольку сейсмические силы в ряде случаев очень велики, то при расчете следует допустить упруго-пластические деформации\*.

Все вышесказанное основывалось по существу на одной единственной предпосылке, что статистический разброс спектров реакций не очень велик, так что при построении огибающих они не очень сильно налегают друг на друга, и можно провести осредненные огибающие на основе статистических начал при разумно выбранных доверительных границах.

Не исключена возможность, что разброс окажется очень большим, т. е. некоторые спектры реакций, отвечающих низшей балльности, будут глубоко вторгаться отдельными своими частями в зону спектра реакций последующей балльности.

В этом случае принятый метод построения сейсмической шкалы окажется негодным. Это значит, что мы не в состоянии полностью осуществить привязку сейсмической шкалы по макросейсмическим данным к инструментальным наблюдениям. В этом случае мы приходим к заключению, что не в состоянии характеризовать балльность землетрясения одним числом, т. е. номером балла. Тогда придется идти по новому пути. Придется отказаться от попытки оценивать интенсивность данного землетрясения одним числом и характеризовать его вектором, т. е. системой чисел, выписанных в определенном порядке. Наметки такого пути в зачаточном состоянии нами были указаны в одной из ранних работ [17]. Предлагалось там интенсивность землетрясения характеризовать тремя числами — максимальными значениями спектров реакций для жестких, средне-гибких и гибких сооружений с соответствующими интервалами периодов свободных колебаний:  $T < 0,3$  сек,  $0,3 < T < 0,8$  сек и  $T > 0,8$  сек. Ясно, что если за меру интенсивности мы примем спектры реакции, то при желании можем характеризовать интенсивность землетрясений как угодно подробно, имея более детальные градации в периодах свободных колебаний сооружений. Можно, например, характеризовать сейсмическую интенсивность с помощью пятикомпонентного вектора, представленного максимальными значениями различных участков спектров реакции сооружений для следующих интервалов периодов свободных колебаний  $T$  в секундах:  $0,05 < T < 0,1$ ;  $0,1 < T < 0,2$ ;  $0,2 < T < 0,4$ ;  $0,4 < T < 0,8$ ;  $T > 0,8$ .

Наверное, более целесообразным будет следующий путь, опять-таки основанный на попытке сохранения максимально возможной прием-

\* Изложенная выше методика построения количественной сейсмической шкалы в сокращенном и схематизированном виде нами включена в коллективный доклад на майской сессии 1969 г. МСССС под названием „К проблеме сейсмического микрорайонирования“. Интересна попытка С. А. Шагиняна построения сейсмической шкалы на основе данных многоканальных сейсмометров [15, 16].

ственности со шкалой балльности по макросейсмическим признакам. Все изложенные выше построения полностью повторяются, включая и нанесение спектров реакций, отнесенных к данной балльности по макросейсмическим признакам. Проводятся из тех или иных соображений осредненные огибающие, характеризующие балл в среднем для всей спектральной кривой в целом. Далее проводятся осредненные огибающие для пиков спектров реакций, вторгающихся в область высшей балльности. Тогда мы можем утверждать, что в среднем балльность такова, скажем 8 баллов, но в интервалах с периодами свободных колебаний таких-то, балльность равна 9. Возможны также участки спектральной кривой с пониженными значениями спектров реакций, которые могут быть отнесены к пониженной балльности. При этом некоторые спектры реакции и отвечающие им акселерограммы должны будут характеризоваться двумя-тремя числами в зависимости от рассматриваемых интервалов периодов свободных колебаний.

В этом случае придется существенно переработать карты сейсмического районирования и пересмотреть формализм расчета сооружений в нормах сейсмостойкого строительства.

Предполагаем в ближайшее время рассмотреть эту проблему в другом аспекте.

В заключение вновь подчеркиваем, что независимо от принимаемой схемы построения сейсмической шкалы необходимо группирование инструментальных наблюдений по баллам на основе макросейсмических признаков в окрестности расположения сейсмической аппаратуры. К решению этой задачи в глобальном масштабе необходимо приступить теперь же.

ИГИС АН Арм. ССР

Армянский НИИ строительных  
и сооружений

Поступило 7.IV.1970.

Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ

ԻՆՅՈՒՄԻ ԱՆՆՊՈՒՅԻՔԻ ՔԱՆԱԿԱԿՈՆ ԶԻՄՔԻ ՎՐԱ ՓՈԽԱԳՐԵԼՈՒ ՎԵՐԸՐԵՐՅԱԼ

Ա Վ Փ Ո Փ Ա Մ

Հոգիածամ գտաողութիւններ են բերված մակրոսեյսմիկ բնութագրերի վրա հիմնված սեյսմիկ սանդղակը բանակական՝ դորժիքային հիմքի վրա փոխադրելու վերաբերյալ: Որպես սեյսմիկ ինտենսիվության չափանիշ առաջարկվում է բնորոշել դրոնախի սեյսմիկ արագացման բոլոր երեք կոմպոնենտները՝ Վրանց համադրման դժվարության կապակցությամբ, երկրաշարժերի ինտենսիվությունը պահանջելու համար ակտիվորոգումների հիման վրա հաշվարկվում են սեյսմիկների սպեկտրները, որոնց համադրելը սովորելի հեշտ է: Անցյալ երկրաշարժերի ինտենսիվության վերաբերյալ եղած ինֆորմացիան նախադրին չափ պահանջելու նպատակով յուրաքանչյուր բալլին՝ բառ մակրո-

սելսմիկ հատկանիշների. պետք է վերագրել ունեցիականների բոլոր նման սպեկտրները. Երկրաշարժի ինտենսիվությունն ըստ բալլերի գնահատելը կատարվում է յուրաքանչյուր բալլի համար այդ սպեկտրների վերին և ստորին պարուրիներ սահմանելու հիման վրա: Կախված ընդունված ճշտությունից, ավյալ բալլին վերագրվող սեակցիաների սպեկտրները կամ զրանց համապատասխանող ախտներողորմները սզտագործվում են սելսմիկ պայմաններում կատուցվածքների վարքագիծը վերլուծելու համար: Վերջում դատողություններ են բերված սելսմիկ սանդղակը վիկտորական տեսքով կառուցելու վերաբերյալ:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Медведов С. В., Карапетян Б. К., Быховский В. А. Сейсмические воздействия на здания и сооружения. Гостройиздат, 1968.
2. Горшкова Г. П., Шенкарева Г. А. О корреляции сейсмических шкал. «Труды института физики Земли АН СССР», № 1 (168), 1958.
3. Steberg A. Erdbebenkunde, Jena, 1923.
4. Назаров А. Г. О новой сейсмической шкале. «Известия АН Арм. ССР. Физ.-мат., естество и техн. науки», вып. VII, № 3, 1954.
5. Карапетян Н. К. Методика определения приведенных сейсмических ускорений по сейсмограммам землетрясений и взрывов. «ДАН Арм. ССР», т. XLIII, № 5, 1966.
6. Кинаи К., Такихаси Р., Кавасуми Х. Сейсмические характеристики грунта. Сб. «Международная конференция по сейсмическому строительству в Сан-Франциско», Гостройиздат, 1961.
7. Скорик Л. А. Некоторые результаты методологических работ по сейсмическому микрорайонированию. Научно-технический отчет ТИССС за 1962 г., Душанбе, 1963.
8. Назаров А. Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1959.
9. Haunzer G. W., Martel R. R., Atford J. L. Spectrum Analysis of Strong Motion Earthquake Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 43, № 2, 1953.
10. Хачили Э. Е., Бабаян А. Б. Решение некоторых задач теории сейсмостойкости при помощи современных электронно-вычислительных машин. Сб. «Инженерная сейсмология», № 3-4, изд. АН Тадж. ССР, Душанбе, 1966.
11. Медведов С. В. Инженерная сейсмология. Гостройиздат, 1962.
12. Корф М. Г. Оценка инженерных характеристик землетрясений методами математической статистики. «Труды института физики Земли АН СССР», № 10, 1960.
13. Назаров А. Г., Дирбинян С. С., Шагинян Г. С. Метод расчета сооружений на сейсмостойкость. «ДАН Арм. ССР», т. XLVII, № 1, 1968.
14. Амасян Р. О., Назаров А. Г. К стохастической теории сейсмостойкости. «ДАН Арм. ССР», т. XLVI, № 4, 1968.
15. Шагинян С. А. Приведенные сейсмические ускорения при землетрясениях. «Бюллетень Совета по сейсмологии», № 14.
16. Шагинян С. А. Результаты инструментального определения коэффициента динамичности  $\delta$ . Сборник статей по сейсмостойкому строительству. Изд. АН Тадж. ССР, Душанбе, 1960.
17. Назаров А. Г. Инструментальное определение сейсмических сил для расчета сооружений. «Известия АН Арм. ССР (серия естество и инж.)», № 3, 1947.