

А. И. МАРТЕМЬЯНОВ

К ОЦЕНКЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 1966 ГОДА В г. ТАШКЕНТЕ ПО МЕЖДУНАРОДНОЙ ШКАЛЕ

Шкала сейсмической интенсивности MSK [1] предусматривает инструментальную оценку землетрясения по обследованию последствий его на зданиях и по восприятию людьми и животными. Условные характеристики колебаний почвы, по которым различается сила землетрясения, предусматривают регистрацию ускорений, скоростей и амплитуд смещения маятника с помощью специального прибора. При Ташкентском землетрясении были получены записи на отдельных приборах основного толчка и последующих.

Записи ускорений получены с помощью акселерографов «УАР», в одном случае в качестве датчика использовался СПМ-16. Записями скоростей мы не располагаем. Записи смещения центра массы маятника с периодом собственных колебаний 0,25 сек и логарифмическим декрементом затухания 0,5 сейсмометром СБМ получены почти для всех существенных толчков.

Сейсмометр СБМ 26 апреля зарегистрировал отклонение маятника $x_0 = \frac{2A}{2,2} = 8,1$ мм в направлении СЗ—ЮВ. Это смещение соответствует нижней границе 9-балльного землетрясения в районе сейсмической станции «Ташкент», которая находится на расстоянии 3 км от эпицентра. Если же предположить, что отклонения маятника в направлении СЗ—ЮВ соответствуют колебаниям бетонного фундамента, на котором установлен сейсмометр, то четкие отклонения в направлении С—Ю соответствуют непосредственно маятнику и равны $X_0 = 4,2$ мм, т. е. характеризуют землетрясение как восьмибалльное.

Оценка интенсивности землетрясения с помощью сейсмометра СБМ является условной, так как изменение амплитуды на 0,1 мм (1,25—5%) влечет, по существующим нормативам, двукратное изменение сейсмической нагрузки.

Кроме основного толчка, за три последующих месяца объекты, расположенные на территории г. Ташкента, претерпели 628 толчков силою 4 и выше баллов, в том числе, по данным сейсмической станции «Ташкент», четыре семибалльных и один интенсивностью 6—7 баллов.

В табл. 1 сведены результаты записей сильных толчков сейсмометром СБМ и соответствующая им балльность.

Если учесть, что сейсмическая станция, где установлены сейсмомет-

ры СБМ, расположена на расстоянии от 1,0 до 6,5 км от эпицентров повторных толчков, то следует иметь в виду, что эффект землетрясения в районе эпицентров несколько выше.

Максимальные значения ускорений почвы для периодов в пределах от 0,1 до 0,5 сек приведены в табл. 2.

Таблица 1

Характеристики землетрясений

Дата землетрясения и время (Ташкентское)	X_0 , мм	Сила землетрясения по MSK, баллы	Глубина очага, км
10 мая 00 час. 45 мин.	6,7	8	6—7
24 мая 13 час. 50 мин.	2,9	7	5
5 июня 03 час. 11 мин.	3,6	7	4—5
29 июня 15 час. 00 мин.	—	—	2—3
4 июля 20 час. 22 мин.	4,2	8	4

Таблица 2

Значения максимальных ускорений

Дата землетрясения	Максимальное ускорение почвы, см/сек ²	Сила землетрясения по MSK, баллы
10 мая 1966 г.	165,46	8
29 июня 1966 г.	71,29	7
4 июля 1966 г.	85,67	7

Примечание: Записи получены Отделом сейсмологии института геофизики АН УзССР и Центральной сейсмической станцией «Ташкент» Института сейсмологии АН УзССР.

Если сопоставить данные, приведенные в табл. 2, с MSK, то афтершоки землетрясения 10 мая 1966 года следует рассматривать как восьмibalльные, а 29 июня и 4 июля — как семibalльные землетрясения.

Таким образом, инструментальные данные для оценки интенсивности толчков землетрясения по MSK несколько разноречивы.

Восприятие людьми и животными воздействия толчка 26 апреля 1966 г. можно коротко охарактеризовать как испуг всех без исключения людей, находившихся в эпицентральной зоне. В отдельных же случаях имело место паника, возможно объясняемая тем, что землетрясение произошло в ранние часы, а также имел место массовый рев животных.

Эта характеристика соответствует 8 баллам по MSK. Вместе с тем тщательное обследование не позволило обнаружить трещин в грунте, ширина которых достигала бы нескольких сантиметров, что по MSK характерно для землетрясений силою 8 баллов.

Наиболее сильные из афтершоков ощущались большинством людей. Однако имели место случаи, когда уставшие люди при этих толчках не пробуждались. В то же время многие выбегали на улицу. Имели место случаи падения неустойчивых статуэток. Перечисленные признаки соответствуют шестибалльному землетрясению. Однако случаев движения тяжелой мебели не наблюдалось. При этом следует учитывать, что восприятие землетрясения носит в значительной мере субъективный характер.

Поэтому основным критерием оценки интенсивности землетрясения является анализ повреждения зданий и сооружений.

Сейсмическая шкала основана на анализе повреждений несейсмостойких зданий, в зависимости от конструктивной схемы, материала стен и степени повреждений. Учитывая большое строительство за последние годы в районах, подверженных землетрясениям и застраиваемых с учетом антисейсмических мероприятий, необходимо отразить их влияние при оценке интенсивности землетрясений по обследованию зданий и сооружений. Некоторые соображения, которые можно рекомендовать как дополнительные наблюдения при классификации повреждений по шкале MSK, будут сформулированы ниже на опыте Ташкентского землетрясения (табл. 4).

Анализ обследования последствий землетрясения показывает, что главным образом пострадали здания со стенами из обожженного и сырцового кирпича. В табл. 3 приводится распределение степени повреждения объектов, причем в числителе цифры, характеризующие объекты из обожженного кирпича и в знаменателе — из сырцового.

Таблица 3
Распределение повреждений разных зданий от землетрясения

Назначение здания	Количество обследованных объектов	Распределение повреждений, %		
		обвалы	разрушения	повреждения
Жилые	281	—	90	10
	146	18	73	9
Лечебные	88	3	97	—
	51	35	65	—
Школьные и дошкольные	238	—	86	14
	164	22	67	11
Торговые	144	0,7	97,3	2
	60	—	100	—
Административные	146	5,5	88,5	6
	84	58	40	2
Культурно-просветительные и учебные	197	0,5	95	4,5
	68	32	66	2
Прочие	158	4	81	15
	110	44	48	8

Таким образом, из 700 обследованных объектов со стенами из сырового кирпича обвалы встречаются в 197 постройках (28%), что соответствует 8—9 баллам. Из 1313 кирпичных зданий обвалы были только у 19 (1,4%), в основном одноэтажных и на глиняном растворе, что также соответствует 8—9 баллам.

Наибольшее количество обвалов приходится на одноэтажные здания (свыше 80%), что указывает на необоснованность ранее принятого снижения расчетной сейсмичности для одноэтажных зданий. Количество обвалов в 2, 3, 4-этажных зданиях не превышает 5—6 процентов.

442 здания, или 63% всех обследованных объектов из сырового кирпича, имеют разрушения, что по MSK соответствует силе землетрясения в 8 баллов.

Около 90% обследованных кирпичных зданий—разрушено и только 9%—повреждено, что указывает на разрушение большинства зданий типа Б или характеризует силу землетрясения по MSK в 9 баллов. Среди кирпичных зданий обследованию подверглись не все дома, расположенные в эпицентральной зоне, а наиболее пострадавшие и, несмотря на большое количество (1313 зданий), степень их общей деформированности должна быть уменьшена.

Деревянные здания (тип В), подвергшиеся обследованию (4—одноэтажных и 1—двухэтажное), имели легкие повреждения, что соответствует по MSK 7 баллам. Ввиду слишком малого количества деревянных зданий, обследованных после землетрясения, принимать их для оценки интенсивности следует с большой осторожностью.

Наконец, кирпичные здания, запроектированные на расчетную сейсмичность 8 баллов и построенные в последние годы, во многих случаях разрушились. Нам известно свыше 30 таких объектов, высотой от 2 до 5 этажей. Причем во многих из них в результате землетрясения появились наклонные трещины, т. е. тот вид разрушений, на который стены рассчитывались. Повреждения в виде наклонных и крестообразных трещин можно было наблюдать в простенках нижних этажей, в простенках верхних этажей, в подоконных частях зданий, в глухих стенах. Вместе с тем наличие антисейсмических мероприятий, соответствующих 8-балльной расчетной сейсмичности, даже при некоторых дефектах, допущенных при производстве строительных работ, должно было обеспечить сохранность основных несущих конструкций. На основании этого каменные и кирпичные здания, построенные с соблюдением антисейсмических мероприятий, по-видимому, целесообразно выделить в самостоятельную группу. Некоторые предложения по этому вопросу сведены в табл. 4.

Одной из оценок интенсивности землетрясения по MSK является повреждение памятников и статуй. Во многих случаях при основном толчке памятники и статуи сдвинулись. К памятникам и статуям, которые сместились в основании или по статуе, относятся скульптуры в парках им. Пушкина, им. Горького, ОДО и др. Вместе с тем часть скульптур не повреждена.

Сопоставляя повреждения памятников и статуй, расположенных в эпицентральной зоне, с соответствующей интенсивностью землетрясения, по данным различных экспедиций, отмечаем, что количество сдвинувшихся памятников и статуй составляет при силе землетрясения 8 баллов — от 37 до 55%, 7—8 баллов — от 50 до 66%.

Если предположить, что эпицентральная зона подверглась землетрясению силой 8 баллов, то целесообразно ввести количественную оценку — «многие памятники и статуи сдвигаются». При повторных толчках никаких деформаций в памятниках и статуях не наблюдалось.

Каменные ограды при основном толчке разрушились. Обследование отдельно стоящих столбов, расположенных на одной площадке и выполненных из одинаковых материалов, показало, что свыше 30% столбов обрушилось, другая треть сдвинулась. Таким образом, для оценки интенсивности 8-балльного землетрясения можно воспользоваться признаком, что «многие отдельно стоящие столбы разрушаются».

Введение дополнительных признаков в шкале MSK для оценки интенсивности землетрясения, по-видимому, целесообразно, так как при нанесении изосейст Ташкентского землетрясения, по данным различных экспедиций, которые пользовались признаками одной и той же шкалы, площади, отнесенные к сейсмичности 8 баллов различались между собой до 5 раз.

Особенно интересна оценка интенсивности по обследованию зданий, выполненных в современных конструкциях. Из 15 зданий с несущим железобетонным каркасом и различным заполнением только в двух случаях встречаются повреждения 2-й степени в несущих конструкциях.

Таким образом, только в отдельных зданиях типа В имеют место повреждения 2-й степени при землетрясении силой 8 баллов.

Крупнопанельные дома по шкале MSK отнесены к типу Б. До последнего времени отсутствует опыт поведения крупнопанельных зданий при сильных землетрясениях. Крупнопанельные здания, запроектированные из условий сейсмичности 8 баллов, претерпели в результате Ташкентского землетрясения воздействие, соответствующее 6 баллам. Осмотр этих зданий показал, что в 45% крупнопанельных домов встречаются повреждения, которые можно рассматривать, как «умеренные». Наиболее характерными из них следует считать: трещины в местах стиковых соединений, деформации в вертикальных панелях, в первую очередь, в торцовых и панелях лестничных клеток, а также трещины в перекрытиях. Так, из 459 квартир, осмотренных на одном из участков, в 77% квартир встречаются деформации в местах стыков, 13% — в панелях перекрытий и в 10% квартир — в вертикальных панелях. В отдельных случаях имеют место трещины между отмошкой и зданием. Сведения о наблюдениях за деформациями в крупнопанельных зданиях при Ташкентском землетрясении в качестве предложения к шкале MSK сведены в табл. 4.

Основные из афтершоков землетрясения, которые по данным сейсмической станции «Ташкент» рассматриваются как семибалльные, а по

Классификация повреждений

Таблица 4

Тип здания	Конструкция здания и материал стен	Наличие антисейсмических мероприятий	Сила землетрясения в баллах		
			Предлагаемые дополнения к шкале MSK по материалам Ташкентского землетрясения		
			6	7	8
А	Одноэтажные здания со стенами из кирпича-сырца, самана и т. п.	Без антисейсмических мероприятий			В большинстве зданий разрушения и во многих — обвалы
Б	Кирпичные и каменные дома	Без антисейсмических мероприятий	В большинстве зданий легкие повреждения		В большинстве зданий тяжелые повреждения, в отдельных — обвалы
Б	"	При наличии антисейсмических мероприятий соответствующей или повышенной балльности	Во многих зданиях легкие повреждения (тонкие трещины в примыканиях перегородок, в швах между сборными плитами перекрытий и т. п.)	В большинстве зданий легкие повреждения, во многих умеренные повреждения	В большинстве зданий умеренные повреждения, во многих — тяжелые
Б	Крупнопанельные дома	"	Во многих зданиях легкие повреждения (тонкие трещины в стыках, в торцовых панелях и панелях лестничных клеток)		
В	Деревянные дома	Без антисейсмических мероприятий		Повреждений в каркасе нет	В отдельных случаях легкие повреждения в узлах каркаса
В	Каркасные ж. б. здания				Многие памятники и статуи сдвигаются.
	Прочие сооружения			Отдельные памятники и статуи сдвигаются	Многие, отдельно стоящие столбы разрушаются или опрокидываются

нашим данным [2] оцениваются силой в 6 баллов, характеризуются сравнительно небольшими повреждениями в зданиях. Даже объекты, значительно поврежденные, со стенами из сырцовых материалов, не обрушились. Большинство построек, признанных аварийными после землетрясения 26 апреля 1966 г., не обрушились при последующих толчках, хотя не было проведено никаких капитальных мероприятий по их усилению. Повреждения при этих толчках, сводились в основном к осыпанию или обрушению небольших участков ранее поврежденной штукатурки, выпадению отдельных кирпичей, практически не закрепленных в кладке, появлению незначительных новых и расширению ранее появившихся трещин (маяки разрывались) и, наконец, в редких случаях, к обрушению отдельных конструкций. Так, в результате землетрясения

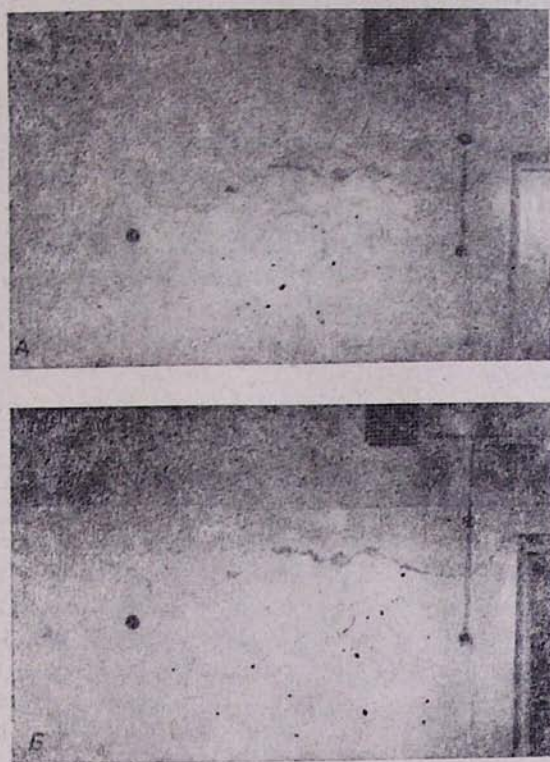


Рис. 1. Деформации в продольной стене здания со стенами из обожженного кирпича. а—до землетрясения 24/V 1966 г. в г. Ташкенте; б—после землетрясения

10 мая 1966 г. на здании, расположенном в эпицентральной зоне по ул. А. Тукаева, 3, обрушилась одна из дымовых труб, которая держалась в основании по существу на одном кирпиче. В трехэтажной части здания по ул. А. Тукаева, 1, выпали отдельные кирпичи из карниза, в других рядом расположенных зданиях никаких обрушений не было.

Другим наглядным примером может служить отсутствие новых повреждений в пятиэтажном здании, расположенном в эпицентральной зо-

Классификация повреждений

Таблица 4

Тип здания	Конструкция здания и материал стен	Наличие антисейсмических мероприятий	Сила землетрясения в баллах		
			Предлагаемые дополнения к шкале MSK по материалам Ташкентского землетрясения		
			6	7	8
А	Одноэтажные здания со стенами из кирпича-сырца, самана и т. п.	Без антисейсмических мероприятий			В большинстве зданий разрушения и во многих — обвалы
Б	Кирпичные и каменные дома	Без антисейсмических мероприятий	В большинстве зданий легкие повреждения		В большинстве зданий тяжелые повреждения, в отдельных — обвалы
Б	"	При наличии антисейсмических мероприятий соответствующей или повышенной балльности	Во многих зданиях легкие повреждения (тонкие трещины в примыканиях перегородок, в швах между сборными плитами перекрытий и т. п.)	В большинстве зданий легкие повреждения, во многих умеренные повреждения	В большинстве зданий умеренные повреждения, во многих — тяжелые
Б	Крупнопанельные дома	"	Во многих зданиях легкие повреждения (тонкие трещины в стыках, в торцовых панелях и панелях лестничных клеток)		
В	Деревянные дома	Без антисейсмических мероприятий		Повреждений в каркасе нет	В отдельных случаях легкие повреждения в узлах каркаса
В	Каркасные ж. б. здания				Многие памятники и статуи сдвигаются.
	Прочие сооружения			Отдельные памятники и статуи сдвигаются	Многие, отдельно стоящие столбы разрушаются или опрокидываются

Снашиваем данным [2] оцениваются силой в 6 баллов, характеризуются сравнительно небольшими повреждениями в зданиях. Даже объекты, значительно поврежденные, со стенами из сырцовых материалов, не обрушились. Большинство построек, признанных аварийными после землетрясения 26 апреля 1966 г., не обрушились при последующих толчках, хотя не было проведено никаких капитальных мероприятий по их усилению. Повреждения при этих толчках, сводились в основном к осыпанию или обрушению небольших участков ранее поврежденной штукатурки, выпадению отдельных кирпичей, практически не закрепленных в кладке, появлению незначительных новых и расширению ранее появившихся трещин (маяки разрывались) и, наконец, в редких случаях, к обрушению отдельных конструкций. Так, в результате землетрясения

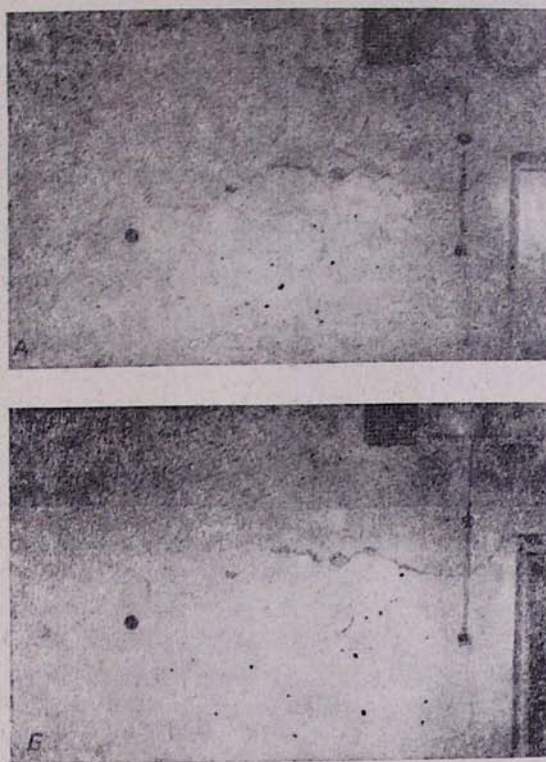


Рис. 1. Деформации в продольной стене здания со стенами из обожженного кирпича. а—до землетрясения 24/V 1966 г. в г. Ташкенте; б—после землетрясения

10 мая 1966 г. на здании, расположенном в эпицентральной зоне по ул. А. Тукаева, 3, обрушилась одна из дымовых труб, которая держалась в основании по существу на одном кирпиче. В трехэтажной части здания по ул. А. Тукаева, 1, выпали отдельные кирпичи из карниза, в других рядом расположенных зданиях никаких обрушений не было.

Другим наглядным примером может служить отсутствие новых повреждений в пятиэтажном здании, расположенном в эпицентральной зо-

не по ул. 1 мая, 85. Если сопоставить фотографии повреждений стен, выполненные за 1 минуту до толчка 24 мая 1966 г. и тотчас после толчка, оцениваемого сейсмической станцией «Ташкент» в 7 баллов, убеждаемся в отсутствии новых повреждений (см. рис.). Примерно таков же характер повреждений в результате июньских и июльских толчков.

Если сопоставить отмеченные повреждения со шкалой MSK, то приходим к выводу, что фактические повреждения зданий со стенами из обожженного кирпича и местных материалов при 6-балльном землетрясении достаточно хорошо соответствуют описаниям, приведенным в шкале сейсмической интенсивности.

Институт механики
и сейсмостойкости
АН Узбекской ССР

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев С. В., Шпохоев В. Карник В. Шкала сейсмической интенсивности, MSK, 1964. Межведомственный геофизический комитет при Президиуме АН СССР, М., 1965.
2. Мартемьянов А. И. Об оценке интенсивности Ташкентского землетрясения 1966 года и последующих толчков. «Строительство и архитектура Узбекистана», № 2, 1967.