

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**Захист від небезпечних геологічних процесів,
шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі**

ШКАЛА СЕЙСМІЧНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

ДСТУ Б В.1.1-28:2010

Київ

Мінрегіонбуд України

2011

ПЕРЕДМОВА

РОЗРОБЛЕНО:

Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій" (ДП НДІБК), Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України, ТОВ "Будівельні наукові дослідження і експериментальне проектування" (БудНДіЕП), Кримська експертна рада з оцінки сейсмічної небезпеки і прогнозу землетрусів, Одеська Державна академія будівництва і архітектури (ОДАБА), Державне підприємство "Інститут "КримНДІпроект", Кримська академія природоохоронного і курортного будівництва (КАПіКБ)

РОЗРОБНИКИ:

Україна: Ю. Немчинов (науковий керівник), д-р техн. наук; М. Мар'єнков, К. Єгупов, В. Крітов, П. Кривошеев, В. Тарасюк, О. Хавкін, Б. Гудков, кандидати техн. наук; А. Бамбура, В. Дорофеев, Ю. Калюх, В. Кукунаєв, С. Федоркин, доктори техн. наук; Б. Пустовітенко, Г. Бугаєвський, доктори фіз.-мат. наук; О. Кендзера, канд. фіз.-мат. наук; О. Скляр, І. Золотарьов, Т. Мірошник, О. Недзведська – інженери;
Російська Федерація: М. Клячко, О. Стром, кандидати техн. наук; Г. Шестоперов, д-р техн. наук

ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ:

наказ Мінрегіонбуду України від 23.12.2010 р. № 539; з 1 жовтня 2011 р.

УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	5
1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ	6
2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ.....	7
3 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ.....	7
4 ШКАЛА СЕЙСМІЧНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ.....	10
4.1 Типи конструкцій і класи уразливості будівель	10
4.2 Класифікація пошкоджень будівель	11
4.3 Визначення сейсмічної інтенсивності.....	20
5 ОЦІНКА КЛАСІВ УРАЗЛИВОСТІ БУДІВЕЛЬ ПРИ ЗЕМЛЕТРУСАХ.....	33
5.1 Уразливість будівель у різних сейсмічних шкалах	33
5.2 Типи будівель і таблиця уразливості	34
5.3 Чинники, що впливають на сейсмічну уразливість будівель	43
5.4 Призначення класу уразливості.....	51
5.5 Зауваження щодо запровадження нових типів будівель.....	52
ДОДАТОК А	
ПРИКЛАДИ ВИЗНАЧЕННЯ СЕЙСМІЧНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ.....	54
ДОДАТОК Б	
ПРИКЛАДИ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНІВ ПОШКОДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬ.....	56
ДОДАТОК В	
ВПЛИВ ЗЕМЛЕТРУСІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ І ГРУНТ (за шкалою EMS-98)	63
ДОДАТОК Г	
КЛАСИФІКАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ТА ЇХ КОНСТРУКТИВНИХ ПОШКОДЖЕНЬ.....	67
ДОДАТОК Д	
ГРАФІЧНІ СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ БАЛЬНІСТЮ ТА ПРИСКОРЕННЯМ КОЛИВАНЬ ГРУНТУ ПРИ ЗЕМЛЕТРУСАХ [9]	73

ДОДАТОК Е

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ІНТЕНСИВНОСТІ ЗЕМЛЕТРУСІВ ЗА РЕАКЦІЄЮ ЛЮДЕЙ І ПРЕДМЕТІВ [9, 10]	74
ДОДАТОК Ж	77
БІБЛІОГРАФІЯ	77

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**ЗАХИСТ ВІД НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ,
ШКІДЛИВИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВПЛИВІВ, ВІД ПОЖЕЖІ**

Шкала сейсмічної інтенсивності

ЗАЩИТА ОТ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ВРЕДНЫХ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, ОТ ПОЖАРА

Шкала сейсмической интенсивности

PROTECTION AGAINST DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES,
HARMFUL OPERATIONAL INFLUENCES, AGAINST FIRE

Scale of seismic intensity

Чинний від 2011-10-01

ВСТУП

Дана сейсмічна шкала розроблена у зв'язку з відміною в Україні шкали MSK-64 (ГОСТ 6249-52) [1] і необхідністю адаптації до Європейської макросейсмічної шкали EMS-98 [2] для зближення національної нормативної бази будівельної галузі з європейською.

Шкала призначена для використання сейсмологами при обстеженні макросейсмічних ефектів землетрусів, відновленні параметрів джерела сейсмічних хвиль і розробці карт сейсмічного районування території України різних масштабів, інженерами-будівельниками при проектуванні будівель у сейсмонебезпечних регіонах і при інженерному аналізі наслідків землетрусів [4-10].

Дана сейсмічна шкала сімейства Меркаллі відноситься до категорії шкал інтервалів, що допускають будь-які арифметичні операції з отриманими оцінками інтенсивностей [3].

У даному стандарті таблиці з класами уразливості А, В, С, D, Е, F і ступенями пошкоджень будівель 1, 2, 3, 4 і 5, а також сейсмічна інтенсивність

(від першого до дванадцятого балу), в основному, відповідають шкалі EMS-98.

При виконанні робіт із інженерного аналізу наслідків землетрусів оцінку інтенсивності землетрусу за наслідками обстеження будівель сучасних конструктивних систем з антисейсмічними заходами і висотних будівель і споруд (не описаних у таблицях 2 і 3) необхідно виконувати на основі спеціального аналізу, оскільки ступінь антисейсмічного посилення впливає на пошкодження конструкцій будівель, а також у зв'язку з тим, що в країнах Європи, СНД і в Україні ще немає достатньої інформації щодо поведінки таких конструкцій під час землетрусів.

Виконання робіт із інженерного аналізу наслідків землетрусів вказаних у даному пункті будівель дозволяється тільки установам, які мають відповідні ліцензії.

Впровадження даного нормативного документа дозволить більш диференційовано виконувати оцінку уразливості і пошкоджень будівель з урахуванням більшого числа чинників в порівнянні зі шкалою MSK-64.

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Цей стандарт встановлює вимоги щодо визначення сейсмічної інтенсивності землетрусів із використанням макросейсмічних даних пошкоджень конструкцій будівель і впливом струсів на людей, об'єкти і навколишнє середовище.

1.2 Стандарт призначається для застосування всіма суб'єктами господарської діяльності незалежно від форми власності і виду робіт, які виконують у сейсмонебезпечних регіонах проектування, реконструкцію, посилення і відновлення будівель і споруд з урахуванням вимог ДБН В.1.1-12, ДБН В.1.2-2, ДБН В.3.2-2 і ДБН В.2.2-24, проводять роботи з сейсмічного районування і мікрорайонування, аналізу наслідків землетрусів, оцінки матеріального збитку.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі нормативні документи:

ДСТУ 4704:2008 Проведення промислових вибухів. Норми сейсмічної безпеки

ДБН В.1.1-12:2006 Будівництво у сейсмічних районах України

ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи

ДБН В.1.2-5:2007 Науково-технічний супровід будівельних об'єктів

ДБН В.1.2-14-2009 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ

ДБН В.2.2-24:2009 Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків

ДБН В.3.2-2-2009 Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт

3 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Нижче подано терміни, вжиті в цьому стандарті, та визначення позначених ними понять.

3.1 бал

Умовна одиниця вимірювання, що характеризує сейсмічну інтенсивність залежно від впливу на людей, об'єкти, навколишнє середовище, будівлі (ДСТУ 4704)

3.2 сейсмічна інтенсивність землетрусу в балах (від I до XII)

Характеристика сили сейсмічних струсів землі на її поверхні. Визначається обов'язково з урахуванням макросейсмічної інтенсивності I_{ms} , залежно від ступеня пошкодження будівель і впливу минулого землетрусу на навколишнє середовище, а також реакції предметів побуту, поведінки людей і тварин.

Додатково може враховуватись інструментальна інтенсивність I_{in}

3.3 інструментальна інтенсивність I_{in}

Визначається в результаті порівняльного аналізу зареєстрованих приладами на вільній поверхні землі характеристик сейсмічної події

(прискорень, швидкостей, зсувів, спектрального складу, тривалості й інших параметрів коливань) з урахуванням доступної бази даних аналогічних записів і, перш за все, зареєстрованих на даній території.

Результати статистичної обробки прискорень ґрунту при минулих землетрусах для різної сейсмічної інтенсивності від I до IX балів за шкалою MSK-64 наведені в додатку Д

3.4 макросейсмічна інтенсивність I_{ms}

Впорядкована сукупність ознак, що описують наслідки землетрусів (сейсмічних подій), що характеризують конкретне цифрове значення I_{ms} , яке ранжирується від I до XII балів. Макросейсмічна інтенсивність визначається на основі сукупності ефектів землетрусів, які спостерігалися на території, обстеженої після землетрусу

3.5 будівельний об'єкт

Будівля, споруда разом з основою та інженерним устаткуванням, інженерні мережі і комунікації, а також їх комплекси з певними будівельними та виробничими показниками і призначенням (ДБН В.1.2-5)

3.6 клас уразливості об'єкта при землетрусах

Класи уразливості А (підкласи А1, А2), В, С, D, Е, F (підкласи F1, F2) (розділ. 4.1, таблиця 1) характеризують здатність будівель чинити опір сейсмічним діям залежно від матеріалів конструкцій, проектного рівня сейсмостійкості, конструктивного рішення, якості будівництва тощо. Найбільшій уразливості відповідають об'єкти підкласу А1, найменшій – підкласу F2

3.7 сейсмостійкість

Визначається якісним виконанням у проекті і в натурі комплексу об'ємно-планувальних і конструктивних заходів згідно з вимогами діючих ДБН, а також технічним станом будівельного об'єкта в момент, передуючий сейсмічній дії

3.8 проектний рівень сейсмостійкості

Антисейсмічні заходи щодо забезпечення сейсмостійкості відповідно до вимог будівельних норм із сейсмостійкого будівництва

3.9 пошкодження

Подія, яка полягає в порушенні справності конструктивних елементів і технологічних параметрів будівельного об'єкта (ДБН В.1.2-5)

3.10 ступені пошкоджень

Ступені пошкоджень 0, 1, 2, 3, 4 і 5 класифікують деформації конструкцій при землетрусах залежно від типу будівлі (кам'яна, залізобетонна, сталева, дерев'яна тощо). Ступінь 0 відповідає відсутності пошкоджень; ступінь 1 відповідає легким пошкодженням; ступінь 5 – руйнуванню/обваленню

3.11 лінгвістичні (кількісні) характеристики пошкоджень

Більшість – відповідає, як правило, діапазону 56-100 % (медіальне значення 75 %);

Багато – відповідає, як правило, діапазону 16-55 % (медіальне значення 40 %);

Деякі – відповідає, як правило, діапазону 0-15 % (медіальне значення 10 %)

3.12 уразливість

Здатність об'єкта отримувати необоротний збиток, вимірюваний втратою його властивостей (якостей) в порівнянні зі станом до землетрусу (відносна пошкодженість будівель різних конструктивних схем при однаковій інтенсивності сейсмічних впливів)

3.13 обстеження об'єкта

Процес отримання якісних і кількісних показників експлуатаційної придатності об'єкта, його елементів і конструкцій, які характеризують технічний стан об'єкта (ДБН В.1.2-5)

3.14 технічний стан об'єкта

Рівень відповідності конструктивних елементів та технологічних параметрів об'єкта вимогам нормативної або проектної документації (ДБН В.1.2-5)

3.15 діагностування технічного стану об'єкта

Процес визначення та прогнозування технічного стану об'єкта

(ДБН В.1.2-5)

3.16 моніторинг

Нагляд за технічним станом будівельного об'єкта, його частин, окремих конструкцій або основ з оцінюванням їх деформацій та несучої здатності, стійкості та придатності до експлуатації (ДБН В.1.2-5)

3.17 пошкодження елементів будівлі

Крен, осідання, тріщини і залишкові деформації несучих конструкцій, які відповідають за загальну стійкість будівлі при землетрусі

3.18 пошкодження неструктурних (неконструктивних) елементів будівлі

Тріщини, залишкові деформації огорожувальних конструкцій, перегородок, що не відповідають за загальну стійкість будівлі при землетрусі, але руйнування яких можуть бути причиною травм та загибелі людей і виходу з ладу устаткування, комунікацій тощо.

4 ШКАЛА СЕЙСМІЧНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

4.1 Типи конструкцій і класи уразливості будівель

Класифікації, прийняті в даній шкалі за типами конструкцій і класами уразливості (чутливості) будівель до пошкоджень при землетрусах, наведені в таблиці 1.

Сейсмічна уразливість будівель і споруд різного конструктивного типу і різного рівня сейсмостійкості підрозділяється на 6 основних класів, складених у порядку зменшення уразливості і позначених відповідно А, В, С, D, Е, F. Класи А та F, відповідні максимальному і мініимальному рівню уразливості, можуть підрозділятися на 2 підкласи і позначатися А1, А2, F1, F2. Приблизні оцінки уразливості деяких конструктивних типів будівель наведені в таблиці 1.

При аналізі уразливості будівель і споруд і визначенні класу їх конструктивної уразливості необхідно враховувати правильність форми (в т.ч. просторову симетрію), розподіл мас і жорсткостей, регулярність, поверховість, якість проектування і будівництва, зв'язність, еластичність, нездатність до

прогресуючого обвалення і інші характеристики фізичного стану даної будівлі (інженерної споруди), а також експлуатаційний стан об'єкта. Клас уразливості є узагальненою характеристикою об'єкта, що визначається експертами шляхом всестороннього аналізу наслідків землетрусів.

Сейсмічна уразливість експлуатованих будівель у період, передуючий ушкоджувальним і руйнівним землетрусам, визначається в процесі паспортизації (включаючи і динамічну паспортизацію) забудови або на підставі інших спеціалізованих досліджень.

При призначенні інтенсивності землетрусів, які відбулися нещодавно, оцінка класу уразливості пошкоджених і зруйнованих будівель виконується при обстеженні цих будівель безпосередньо після землетрусу.

Типи будівель і чинники, що впливають на уразливість конструкцій, наведені у розділі 5, де також дані рекомендації щодо призначення класу уразливості (чутливості) будівель при землетрусах.

4.2 Класифікація пошкоджень будівель

Пошкоджуваність будівель підрозділяється на 6 ступенів d (від 0 до 5) в порядку зростання шкоди та зменшення залишкового ресурсу несучої здатності. Ступені пошкоджень і класифікація пошкоджень будівель у залежності від спостережуваних ефектів наведені в таблиці 2. Приклади, що ілюструють пошкоджуваність різних конструктивних типів будівель за наслідками інженерного аналізу минулих землетрусів, представлені в додатку Б.

Якісний і кількісний опис пошкоджень, відповідних різному ступеню і характерних для якого-небудь конструктивного типу будівлі, здійснюється на основі аналізу сейсмічних ефектів на відповідних об'єктах при їх достатньо великому числі для забезпечення достовірності і надійності.

Пошкодження будівель різних конструктивних систем для ступенів від 1-го до 5-го наведені в таблиці 3. Приклади визначення ступенів пошкоджень кам'яних і залізобетонних будівель після землетрусів у різних

сейсмонебезпечних регіонах Європи і Південної Америки наведені в додатку Б.

Таблиця 1 – Приблизні оцінки уразливості деяких конструктивних типів будівель

Ч.ч.	Конструктивний тип будівлі	Поверховість*	Вірогідний клас уразливості							
			A1	A2	B	C	D	E	F1	F2
	Будівлі з несучими стінами, з:									
1	Бутового каменя, глини, саману; каменів неправильної форми з черепашника, вапняку, пісковика тощо при укладанні без перев'язки	1	○							
2	Пиляного каменя прямокутної форми; великопорожнистих шлакобетонних або силікатних каменів при рядовій і багаторядній неармованій кладці	1	┌○┐							
3	Саману і дрібних бетонних каменів	2-3		┌○┐						
4	Повнотілої цегли і суцільних бетонних і природних каменів, у т.ч. з масивних каменів	3-4		┌○┐						
5	Те саме, але з армуванням швів і/або посиленням вертикальними залізобетонними сердечниками з кроком, меншим висоти поверху	3-4			┌○┐					
6	Те саме, при регулярній комплексній армобетонній системі посилення кладки	4				┌○┐	—			
7	Крупних бетонних або віброцегляних блоків; багат шарові стіни з внутрішнім шаром із монолітного залізобетону і зовнішніми шарами з штучної кладки	5				┌○┐	┌			
	Крупних блоків пильного вапняку дворядного розрізання, які посилені: – "ядрами жорсткості" із залізобетонних елементів;					┌○┐	┌			
	– вертикальною ненапруженою арматурою;					┌○┐	┌			
	– коротишами з жорсткої арматури					┌○┐	┌			
	Крупних блоків пильного вапняку багаторядного розрізання, що посилені монолітними залізобетонними включеннями			┌○┐						
8	З об'ємних бетонних блоків	5				┌○┐	┌			
9	Монолітного залізобетону	До 24				┌○┐	┌			

Кінець таблиці 1

Ч.ч.	Конструктивний тип будівлі	Поверховість*	Вірогідний клас уразливості							
			A1	A2	B	C	D	E	F1	F2
10	Дерев'яних каркасних (обшивних, засипних) конструкцій	1-2				-----○-----				
11	Дерев'яного бруса/колод	1-2				-----○-----				
12	Безкаркасні великопанельні будівлі:	До 9				-----○-----				
	без антисейсмічних заходів *)	До 5*				-----○-----				
13	Залізобетонні каркасні будівлі рамного типу	До 5				-----○-----				
14	Залізобетонні каркасні будівлі з в'язями, діафрагмами, а також комбіновані (з ядрами жорсткості тощо), включаючи висотні будівлі **)	До 9				-----○-----				
15	Сталеві каркасні будівлі широкого діапазону рішення (від гнучких будівель з цегляними стелями до сучасних висотних будівель ***)	-	-----					-----○-----		-----
16	Багатопрогонові, просторові конструкції, повітроопорні споруди тощо	1				-----○-----				
17	Будівлі із спеціальними системами сейсмоізоляції і гасіння коливань, за допомогою яких регулюється реакція будівель	-						-----○-----		

○ – найбільш вірогідний клас уразливості;
 |-----| – вірогідний діапазон зміни характеристики;
 |-----| – діапазон меншої вірогідності, виняткові випадки;

*) у разі перевищення вказаної в таблиці поверховості уразливість відповідного типу будівлі рекомендується підвищувати на один клас;
 **) із заходами щодо забезпечення рівня сейсмостійкості відповідно до вимог СНиП щодо сейсмостійкого будівництва, що діяли в Україні до 2007 р., приймати вірогідний діапазон; із заходами щодо забезпечення рівня сейсмостійкості відповідно до вимог ДБН В.1.1-12 допускається приймати діапазон меншої вірогідності;
 ***) будівлі, що розглядаються в шкалі, не мають бути вище 40 м, причому співвідношення їх висоти до мінімального поперечного розміру не повинне перевищувати 6.

Таблиця 2 – Ступені пошкоджень будівель

Ступінь пошкоджень d	Класифікація пошкоджень	
	Несучі (конструктивні) елементи	Ненесучі (другорядні) елементи
0	Пошкодження відсутні	Пошкодження відсутні
1	Пошкодження відсутні	Легкі пошкодження, якими нехтують
2	Легкі пошкодження, що знижують несучу здатність будівлі	Помірні пошкодження
3	Помірні пошкодження, що помітно зменшують несучу здатність будівлі	Важкі пошкодження; виникає вірогідність спричинення збитку життю і/або здоров'ю людей
4	Важкі пошкодження, стан будівлі близький до надграничного; несуча здатність вичерпана; часткові обвалення. Висока вірогідність поранень і загибелі людей	Дуже важкі пошкодження. Відмова, вихід з ладу
5	Обвалення будівель	Обвалення будівель

Таблиця 3 – Опис ступенів пошкоджень будівель

Будівлі з несучими кам'яними стінами (пп. 1-6 таблиці 1)	
	Ступінь 1: незначні або легкі пошкодження (немає пошкоджень несучих елементів) – волосяні тріщини в небагатьох стінах; відпадання маленьких грудок штукатурки. В окремих випадках падіння погано закріплених каменів у верхніх частинах будівлі
	Ступінь 2: помірні пошкодження (легке пошкодження несучих конструктивних елементів, помірні пошкодження неконструктивних елементів) – тріщини в багатьох стінах; падіння відносно великих шматків штукатурки; падають частини димарів, вентиляційних блоків, парапетів і козирків з даху
	Ступінь 3: важкі пошкодження (помірні пошкодження несучих конструктивних, важкі пошкодження неконструктивних елементів) – великі тріщини в більшості стін; втрата несучої здатності окремих неконструктивних елементів (перегородок, фронтонів стін). Перекриття знаходяться в стані, близькому до граничного, але плити зберігають міцність і стійкість. Димарі ламаються на рівні даху

Продовження таблиці 3

	<p>Ступінь 4: дуже важкі пошкодження (важкі пошкодження несучих конструктивних, дуже важкі пошкодження неконструктивних елементів) – серйозні руйнування (втрата несучої здатності) багатьох стін; часткові обвалення покриття і перекриттів</p>
	<p>Ступінь 5: обвалення (колапс), дуже важкі руйнування несучих конструктивних елементів – повне або майже повне обвалення будівлі</p>
<p>Будівлі з несучими стінами з крупних блоків (п. 7 таблиці 1)</p>	
<p>Ступінь пошкодження d</p>	<p>Опис пошкоджень</p>
<p>Ступінь 1 Пошкодження, якими нехтують, або легкі (немає пошкоджень несучих елементів)</p>	<p>Волосяні тріщини в горизонтальних і вертикальних швах між блоками; будь-які пошкодженні блоків стін відсутні. В окремих випадках розкриття тріщин у швах між блоками, не з'єднаних один з одним закладними деталями. Стики перегородок зі стінами і перекриттями розкриваються</p>
<p>Ступінь 2 Помірні пошкодження (легке пошкодження несучих конструктивних, помірні пошкодження неконструктивних елементів)</p>	<p>Більшість швів між блоками розкриваються; невеликі зрушення стінних блоків по горизонталі, рідко з площини стіни. Окремі пошкодження кутів простінкових блоків у місцях опору на них перемичок. Закладні елементи, що сполучають блоки, не ушкоджуються. Деякі перегородки втрачають зв'язок зі стінами, а окремі дрібноштучні перегородки помітно ушкоджуються</p>
<p>Ступінь 3 Важкі пошкодження (помірні пошкодження несучих конструктивних, важкі пошкодження неконструктивних елементів)</p>	<p>Багато блоків зрушуються у різних напрямках по горизонталі і навіть повертаються, якщо не закріплені закладними деталями. Окремі з'єднання блоків закладними деталями порушені, що в окремих випадках може носити масовий характер, проте стійкість стінових блоків зберігається. Перекриття знаходяться в стані, близькому до граничного. В окремих випадках обрушуються сходові марші. Багато дрібноштучних перегородок значно пошкоджено, а деякі панельні падають. Деякі елементи парапетів і козирків дахів падають вниз</p>

Продовження таблиці 3

<p>Ступінь 4 Дуже важкі пошкодження (важкі пошкодження несучих конструктивних, дуже важкі пошкодження неконструктивних елементів)</p>	<p>Окремі стінові блоки втрачають стійкість, викликаючи часткове обвалення перекриттів. Деякі сходові марші і майданчики, а також вхідні козирки обрушуються</p>
<p>Ступінь 5 Обвалення (колапс), дуже важкі руйнування несучих і конструктивних елементів</p>	<p>Всі міжповерхові перекриття обрушуються, навіть якщо деякі стіни зберегли стійкість</p>
<p>Будівлі з несучими стінами з дерев'яного бруса/колоди (п. 11 таблиці 1)</p>	
<p>Ступінь пошкодження d</p>	<p>Опис пошкоджень</p>
<p>Ступінь 1 Пошкодження, якими нехтують, або легкі (немає пошкоджень несучих елементів)</p>	<p>Порушення примикання видри до пічної труби в деяких будівлях; численне відшаровування маленьких грудок і дрібні тріщини в штукатурці</p>
<p>Ступінь 2 Помірні пошкодження (легке пошкодження несучих конструктивних, помірні пошкодження неконструктивних елементів)</p>	<p>Численні порушення штукатурки на стінах будівель; пошкодження димарів і ділянок дахів, що примикають до них. В окремих випадках невеликі горизонтальні переміщення і/або повороти в плані дерев'яного зрубу, не закріпленого на стрічковому фундаменті. Порушення цілісності в кутах перетину стін (в т.ч. прямих кутів). Невеликий крен стін двоповерхових будівель, у яких відсутні вертикальні стискання. Порушення примикань віконних і дверних блоків до стін, що їх обрамляють (колоди)</p>
<p>Ступінь 3 Важкі пошкодження (помірні пошкодження несучих конструктивних, важкі пошкодження неконструктивних елементів)</p>	<p>Значні горизонтальні зсуви і/або повороти в плані дерев'яного зрубу, не закріпленого на стрічковому фундаменті. Шибки розбиваються через значну деформацію віконних і дверних отворів. Будівлі нахилиються, втрачають стійку форму, цегляні печі і труби руйнуються. Колоди (бруси) несучих стін, сполучені нагелями, зберігають стійке проектне положення. Деякі простінкові блоки випадають. Перекриття знаходяться в стані, близькому до граничного</p>

Продовження таблиці 3

<p>Ступінь 4 Дуже важкі пошкодження (важкі пошкодження несучих конструктивних елементів, дуже важкі пошкодження неконструктивних елементів)</p>	<p>Дерев'яні, навіть при закріпленні нижніх вінців до фундаментів, зруби зриваються з фундаментів і значно зміщуються. Будівля в значній мірі деформується, нахилиється і втрачає стійкість форми. Стійкість кутів і перетинів несучих стін, навіть при рубці "із залишком", порушується. Деякі перекриття стають хиткими і частково ушкоджуються, а окремі частково обрушуються, але загальна стійкість будівлі зберігається</p>
<p>Ступінь 5 Обвалення (колапс), дуже важкі руйнування несучих конструктивних елементів</p>	<p>Загальна стійкість будівлі не забезпечується, будівля повністю обрушується</p>
<p>Безкаркасні великопанельні будівлі (п. 12 таблиці 1)</p>	
<p>Ступінь пошкодження d</p>	<p>Опис пошкоджень</p>
<p>Ступінь 1 Пошкодження, якими нехтують, або легкі (немає пошкоджень несучих елементів)</p>	<p>Легкі пошкодження герметичності швів зовнішніх панелей стін. Місцями невелике викришування герметика. Волосяні тріщини в швах між панелями (оконтурювання)</p>
<p>Ступінь 2 Помірні пошкодження (легке пошкодження несучих конструктивних елементів, помірні пошкодження неконструктивних)</p>	<p>Помітні порушення герметичності швів. Іноді пошкодження зварювання сталевих деталей з'єднання панелей. Порушення з'єднань внутрішніх і зовнішніх панелей без втрати працездатності цих панелей. Залишкові деформації зовнішніх стінових панелей відсутні елементів)</p>
<p>Ступінь 3 Важкі пошкодження (помірні пошкодження несучих конструктивних елементів, важкі пошкодження неконструктивних елементів)</p>	<p>Повсюдне порушення цілісності швів між панелями зовнішніх стін. Помітні деформації окремих зовнішніх панелей (перекоси поверхів). В окремих випадках падіння внутрішніх панелей і/або виключення з роботи (відмова, випадання) окремих зовнішніх панелей при збереженні загальної міцності і стійкості перекриттів</p>

Продовження таблиці 3

<p>Ступінь 4 Дуже важкі пошкодження (важкі пошкодження несучих конструктивних елементів, дуже важкі пошкодження неконструктивних елементів)</p>	<p>Багаточисельні порушення цілісності, в'язей і зварних з'єднань між несучими панелями. Багато зовнішніх і внутрішніх панелей втрачають стійкість і вимикаються з роботи внаслідок втрати міцності або випадання з панельної стіни. Перекоси поверхів досягають значної величини. Деякі внутрішні панелі втрачають міцність і стійкість (падають) в такій кількості, що окремі плити перекриттів обрушуються. У багатоповерхових будівлях можливо "схлопування" поверху (поверхів) (початковий "ефект сендвіча")</p>
<p>Ступінь 5 Обвалення (колапс), дуже важкі руйнування несучих конструктивних елементів</p>	<p>Масова втрата міцності і/або стійкості панельних стін. Перекоси поверхів досягають і перевищують критичні значення. Панелі перекриттів падають або поверхи "схлопуються" ("ефект сендвіча"). Повне обвалення будівлі</p>
<p>Залізобетонні каркасні будівлі (рамні, рамно-в'язеві, рамно-діафрагмові) (пп. 13, 14 таблиці 1))</p>	
<p>Ступінь пошкодження d</p>	<p>Опис пошкоджень</p>
<p>Ступінь 1 Пошкодження, якими нехтують, або легкі (немає пошкоджень несучих елементів)</p>	<p>Тонкі тріщини в штукатурці над елементами каркаса або в основі стіни</p>
<p>Ступінь 2 Помірні пошкодження (легке пошкодження конструктивних несучих елементів, помірні пошкодження неконструктивних елементів)</p>	<p>Тріщини (з шириною розкриття до 0,3 мм) в колонах, ригелях каркаса і в діафрагмах; тріщини в перегородках і стіновому заповненні каркаса; падіння шматків штукатурки, випадання заповнення швів в огорожувальних конструкціях</p>
<p>Ступінь 3 Важкі пошкодження (помірні пошкодження конструктивних несучих елементів, важкі пошкодження неконструктивних елементів)</p>	<p>Тріщини в колонах, вузлах з'єднаннях ригелів із колонами на нижніх поверхах і сполученнях діафрагм; відшарування захисного шару елементів каркаса; випинання арматури колон. Загальна стійкість перекриттів зберігається. Наскрізні тріщини в перегородках і стіновому заповненні; падіння окремих перегородок і стінових панелей</p>

Кінець таблиці 3

Ступінь 4 Дуже важкі пошкодження (важкі пошкодження конструктивних несучих елементів, дуже важкі пошкодження неконструктивних елементів)	Великі тріщини (з шириною розкриття більше ніж 0,3 мм) в елементах каркаса; руйнування бетону в зонах стиску, розрив арматури, в т.ч. задалегідь напруженої; нахил колон. Обвалення окремих плит перекриттів. Виключення декількох колон верхнього поверху або його колапс, "схлопування" середнього (слабкого) поверху; обвалення частини (крила) будівлі
Ступінь 5 Обвалення (колапс), дуже важкі руйнування конструктивних несучих елементів	Обвалення нижнього (в т.ч. "гнучкого") поверху і інших частин будівлі (у т.ч. крил)

4.3 Визначення сейсмічної інтенсивності

4.3.1 Ранжирування інтенсивності

Інтенсивність підрозділяється на XII балів, від I до XII, причому кожному балу привласнюється кількісна і якісна характеристики. Верхня частина шкали (від I до V) відповідає відчутності землетрусу – сейсмологічний діапазон, а нижня частина шкали (від VI до XII) відповідає ступеню руйнування – інженерний діапазон, а саме:

- I – невідчутний (not felt)
- II – ледве відчутний (scarcely felt)
- III – слабкий (weak)
- IV – загальнопомітний (largely observed)
- V – сильний (strong)
- VI – з легким пошкодженням (slightly damaging)
- VII – пошкодженням (damaging)
- VIII – значним пошкодженням (heavily damaging)
- IX – руйнівний (destructive)
- X – дуже руйнівний (very destructive)
- XI – спустошливий (devastating)
- XII – нищівний (completely devastating)

Кількісне значення інтенсивності рекомендується зображати римськими

цифрами.

4.3.2 Визначення сейсмічної інтенсивності

Шкала інтенсивності організована відповідно до таблиці 4, залежно від спостережуваних ефектів землетрусів, диференційованих по об'єктах.

Інтенсивність землетрусів вимірюється в балах. Сила землетрусу ранжирується за допомогою шкали сейсмічної інтенсивності від I до XII балів включно відповідно до таблиці 4.

4.3.3 Класифікація об'єктів

Об'єкти підрозділяються на групи, розташовані у порядку зменшення порогу уразливості (чутливості) цих об'єктів до землетрусу, а також на додаткову групу, а саме:

- людина α ;
- предмети побуту β ;
- будівельні споруди γ_1, γ_2
- об'єкти природного середовища ϵ , що не увійшли до групи α .

4.3.4 Класифікація об'єктів природного середовища

Об'єкти природного середовища підрозділяються на нижченаведені 8 типів:

тип ϵ_1 – зміни в режимі підземних вод (поява або зникнення джерел, зміна рівня або температури підземних вод);

тип ϵ_2 – деформації у водонасичених ґрунтах;

тип ϵ_3 – зсуви на схилах, складених рихлими (сильно вивітряними) ґрунтами;

тип ϵ_4 - зсуви на схилах, складених скельними і напівскельними ґрунтами;

тип ϵ_5 – зрушення по тектонічних розривах;

тип ϵ_6 – площадкові підняття і опускання, видимі поверхневі хвилі;

тип ϵ_7 – явища на внутрішніх водоймищах (торощення льоду, сейші);

тип ϵ_8 – цунамі.

Таблиця 4 – Визначення інтенсивності землетрусу

Інтенсивність I_{ms}		Типові сейсмічні ефекти, які спостерігаються на об'єктах
Якісна характеристика	Кількісна характеристика (бал)	
Невідчутна (not felt)	I	α – не відчуваються ніким, навіть при вкрай сприятливих обставинах, проте реєструються приладами; β – немає впливу; γ_1 – немає пошкоджень
Ледве відчутна (scarcely felt)	II	α – струси відчуваються деякими/окремими людьми, що перебувають у спокої або на верхніх поверхах деяких будівель; β – немає впливу; γ_1 – немає пошкоджень
Слабка (weak)	III	α – багато людей усередині будівель відчувають землетрус, а деякі люди, що перебувають у спокої, – похитування і/або легке тремтіння. Коливання схожі зі струсами від впливів легкового транспорту. Ніхто з людей, що перебувають на вулиці, не помічає землетрусу; β – тисячі об'єкти трохи погойдуються; γ_1 – немає пошкоджень
Загальнопомітна (largely observed)	IV	α – більшість людей, що перебувають у будівлях, і деякі на вулиці, відчувають землетрус як легке тремтіння або похитування. Деякі люди просинаються. Коливання схожі зі струсами від руху вантажного транспорту. Рівень струсів не лякає; β – фарфор, стакани, вікна і двері деренчать. Об'єкти, що висять, розгойдуються. Легкі меблі помітно тремтять, дерев'яні предмети скриплять у деяких випадках; γ_1 – немає пошкоджень

Продовження таблиці 4

Інтенсивність I_{ms}		Типові сейсмічні ефекти, які спостерігаються на об'єктах
Якісна характеристика	Кількісна характеристика (бал)	
Сильна (strong)	V	<p>α – землетрус у приміщенні відчувають більшість людей, на вулиці – деякі. Окремі люди лякаються і виходять із будинків на вулицю. Багато сплячих прокидаються;</p> <p>β – предмети, що висять, помітно гойдаються. Фарфорові і скляні вироби дзвенять, ударяючись один об одного. Дрібні, з високим центром тяжіння і/або погано закріплені предмети можуть зрушитися з місця або впасти. Двері і вікна відчиняються або зачиняються. В окремих випадках розбиваються шибки. Рідини вібрують (хвилюються) і можуть пролитися з повних посудин. Тварини в приміщенні можуть стати неспокійними;</p> <p>γ_1 – у деяких будівель класу уразливості А і В пошкодження ступеня 1;</p> <p>ϵ_1 – іноді міняється дебіт джерел;</p> <p>ϵ_2 – на водонасичених ґрунтах по берегах водоймищ можливе утворення видимих тріщин завширшки до 5 см;</p> <p>ϵ_3 – у гірських районах спостерігаються окремі невеликі каменепади</p>
Легко пошкоджувальна (slightly damaging)	VI	<p>α – відчуваються більшістю людей всередині будівель і багатьма зовні. Деякі люди втрачають рівновагу. Багато людей налякані і виходять з будівель на вулицю;</p> <p>β – дрібні предмети із звичайною стійкістю можуть впасти, а меблі зрушитися. У деяких випадках можуть розбитися посуд і скло;</p> <p>γ_1 – пошкодження ступеня 1 у багатьох будівлях класу уразливості А і В, у деяких класу уразливості А і В – ступеня 2, в окремих будівлях класу уразливості 3 пошкодження ступеня 1;</p> <p>ϵ_1 – можливі зміни дебету джерел і коливання води в колодязях;</p>

Продовження таблиці 4

Інтенсивність I_{ms}		Типові сейсмічні ефекти, які спостерігаються на об'єктах
Якісна характеристика	Кількісна характеристика (бал)	
		<p>ε_2 – на водонасичених ґрунтах іноді зустрічаються видимі тріщини завширшки до перших десятків сантиметрів, незначні обвали на берегах річок і каналів;</p> <p>ε_3 – у гірських районах іноді відбуваються обвали малих і середніх об'ємів (до декількох тисяч кубометрів);</p> <p>ε_4 – у гірських районах каменепади і обвали малих і середніх об'ємів (до декількох сотень кубометрів)</p>
Пошкоджувальна (damaging)	VII	<p>α – більшість людей налякана. Багатьом важко стояти, особливо на верхніх поверхах;</p> <p>β – меблі рухаються, а меблі з високим центром тяжіння можуть перевернутися. Предмети падають із полиць у великій кількості. Вода виплескується з посудин, цистерн і басейнів;</p> <p>γ_1 – багато будівель класу уразливості А мають пошкодження ступеня 3, деякі – ступеня 4. Багато будівель класу уразливості В мають пошкодження ступеня 2, деякі – ступеня 3. Деякі будівлі класу С мають пошкодження ступеня 2. Деякі будівлі класу уразливості D мають пошкодження ступеня 1;</p> <p>γ_2 – в окремих випадках змінюється крутість укосів залізниць і автомобільних доріг, збудованих на високих насипах, а також наявність тріщин у дорожньому полотні; порушення стиків трубопроводів; тріщини в деяких кам'яних огорожах і неармованих опорних конструкціях; тріщини в масивних неармованих конструкціях опор, тріщини і сколи захисного шару бетону в рамних опорах; пошкодження шафових стінок стояків, різновисоких підферменників, торців балок, блоків огорожі проїжджої частини над деформаційними швами; розриви в ослаблених тріщинами неармованих конструкціях опор; невеликі зміщення*) стояків у напрямку середини мосту;</p>

Продовження таблиці 4

Інтенсивність I_{ms}		Типові сейсмічні ефекти, які спостерігаються на об'єктах
Якісна характеристика	Кількісна характеристика (бал)	
		<p>ϵ_1 – в деяких випадках зникають або з'являються нові джерела і коливання води в колодязях;</p> <p>ϵ_2 – тріщини у водонасичених ґрунтах завширшки до метра; в окремих випадках обвали на крутих берегах водоймищ;</p> <p>ϵ_3 – можливі обвали об'ємом до ста тисяч кубометрів;</p> <p>ϵ_4 – у гірських районах каменепади, обвали до перших тисяч кубометрів;</p> <p>ϵ_5 – в епіцентральных зонах можливі переміщення по тектонічних розривах впродовж декількох кілометрів і з амплітудами зсувів до декількох десятків сантиметрів;</p> <p>ϵ_6 – на вирівняних ділянках, що добре проглядаються, під час землетрусу в окремих випадках спостерігаються земляні хвилі;</p> <p>ϵ_7 – на замерзлих водоймищах розтріскування, іноді торощення льоду; на поверхні водоймищ хвилі, вода каламутніє від мулу</p>
Значно пошкоджувальна (heavily damaging)	VIII	<p>α – багатьом людям важко стояти, навіть на вулиці;</p> <p>β – меблі можуть перекинутися. Апаратура (телевізор, комп'ютер тощо), що окремо стоїть, падає на підлогу;</p> <p>γ_1 – багато будівель класу уразливості С мають пошкодження ступеня 2, а деякі – пошкодження ступеня 3. Багато будівель класу В мають пошкодження ступеня 3, а деякі – ступеня 4. Багато будівель класу А мають пошкодження ступеня 4; деякі -ступеня 5. Деякі будівлі класу D мають пошкодження ступеня 2;</p> <p>γ_2 – кам'яні огорожі руйнуються. Поворот у плані нерозрізних прольотів мостів. Значні зсуви стояків у напрямку середини мосту;</p> <p>ϵ_1 — у багатьох випадках зміна дебету джерел і рівня води в колодязях, зникають або з'являються джерела;</p> <p>ϵ_2 – у водонасичених ґрунтах тріщини завширшки до метра; можливий викид водонасичених пісків;</p>

Продовження таблиці 4

Інтенсивність I_{ms}		Типові сейсмічні ефекти, які спостерігаються на об'єктах
Якісна характеристика	Кількісна характеристика (бал)	
		<p>ε_3 – у рівнинних районах обвали на крутих схилах, зсуви і обвали лесовидних суглинків на пологих схилах; у гірських районах значна кількість обвалів об'ємом до перших мільйонів кубометрів;</p> <p>ε_4 – у гірських районах значна кількість обвалів, можливе формування обвалів скельних ґрунтів об'ємом до перших мільйонів кубометрів;</p> <p>ε_5 – у зонах, близьких до епіцентра землетрусу, можливі переміщення по тектонічних розломах вздовж перших десятків кілометрів і з амплітудами зсувів до метра;</p> <p>ε_6 – можливі підняття/опускання поверхні на площі в декілька квадратних кілометрів з величиною зсуву до 1 м, що зазвичай примикає до виходу на поверхню осередкових розривів; на низинних ділянках під час землетрусу можуть спостерігатися земляні хвилі;</p> <p>ε_7 – на замерзлих водоймищах сильне розтріскування і торощення льоду;</p> <p>ε_8 – у прибережних зонах можливі цунамі з висотою хвиль до метра</p>
Руйнівна (destructive)	IX	<p>α – більшість людей у паніці. Деякі люди не можуть стояти на ногах;</p> <p>γ_1 – багато будівель класу уразливості С мають пошкодження і ступеня 3. Багато будівель класу В і окремі класу С мають пошкодження ступеня 4. Багато будівель класу А і деякі класу В мають пошкодження ступеня 5. Багато будівель класу D мають пошкодження ступеня 2; деякі – ступеня 3, а окремі – ступеня 4. Деякі будівлі класу Е мають пошкодження ступеня 2. Багато будівель класу уразливості F1 мають пошкодження ступеня 1, а окремі класу F2 – ступеня 2;</p>

Продовження таблиці 4

Інтенсивність I_{ms}		Типові сейсмічні ефекти, які спостерігаються на об'єктах
Якісна характеристика	Кількісна характеристика (бал)	
		<p>γ_2 – розриви в залізобетонних опорах мостів. В окремих випадках руйнування опорних ділянок головних балок з їх переломом у прольоті. Зсув з опорних майданчиків і обвалення консолей прольотів мостів рамно-консольної системи. На м'якому ґрунті видно хвилі;</p> <p>ε_2 – на водонасичених ґрунтах можливий масовий розвиток тріщин, виникнення грязьових і піщаних вулканчиків (грифонів) і осідання ґрунтів;</p> <p>ε_{3-4} – у рівнинних районах значні обвальні деформації на берегах природних і штучних водоймищ; у гірських районах значне число зсувів і обвалів покривних і скельних ґрунтів. Окремі зсуви можуть досягати десятків і сотень мільйонів кубометрів в об'ємі, можливо до перших кубічних кілометрів;</p> <p>ε_5 – у зонах, близьких до епіцентра, часто відбуваються переміщення по тектонічних розривах вздовж десятків (до ста) кілометрів і амплітудою до декількох метрів. Іноді відзначається підкидання каменів і валунів;</p> <p>ε_6 – можливі підняття і опускання до декількох метрів у зонах завширшки до перших кілометрів, що зазвичай примикають до виходу на поверхню осередкових розривів; під час землетрусу на рівних ділянках спостерігаються добре виражені земляні хвилі;</p> <p>ε_7 – масове розтріскування і торощення льоду на замерзлих водоймищах;</p> <p>ε_8 – у прибережних зонах можливе цунамі з висотою заплескування до 3-5 м</p>

Продовження таблиці 4

Інтенсивність I_{ms}		Типові сейсмічні ефекти, які спостерігаються на об'єктах
Якісна характеристика	Кількісна характеристика (бал)	
Дуже руйнівна (very destructive)	X	<p>γ_1 – більшість будівель класу А, багато будівель класу уразливості С мають пошкодження ступеня 4. Багато будівель класу В і деякі класу С мають пошкодження ступеня 5. Багато будівель класу D мають пошкодження ступеня 3; деякі – ступеня 4. Багато будівель класу Е мають пошкодження ступеня 2; деякі -ступеня 3. Деякі будівлі класу F1 мають пошкодження ступеня 2, а окремі класу F2 – ступеня 3;</p> <p>γ_2 – зрушення і обвалення надфундаментних частин кам'яних і бетонних опор. Зрушення по оголовках опор і падіння балочних розрізних прольотів мостів. Перекидання окремих секцій багатопрольотних віадуків і естакад. Втрата стійкості окремих елементів сталевих ферм;</p> <p>ϵ_2 – у рівнинних районах численні грязьові виверження, фонтанування ґрунтових вод, значні просідання водонасичених ґрунтів, що призводять до повеней;</p> <p>ϵ_{3-4} – у рівнинних районах численні, іноді крупні обвали; у гірських районах численні обвали покривних і скельних ґрунтів, земляні лавини, грязьові потоки. Окремі скельні обвали можуть досягати об'єму до декількох кубічних кілометрів;</p> <p>ϵ_5 – в епіцентральных зонах часто відбуваються переміщення по тектонічних розривах до ста кілометрів і амплітудою до десяти метрів. Підкидання каменів і валунів;</p> <p>ϵ_6 – площа, на якій спостерігаються помітні порушення на поверхні землі, складає 100 – 1000 км²;</p> <p>ϵ_8 – у прибережних зонах можливе цунамі з висотою заплескування до 10 м</p>

Кінець таблиці 4

Інтенсивність I_{ms}		Типові сейсмічні ефекти, які спостерігаються на об'єктах
Якісна характеристики	Кіліска	
Спустошлива (devastating)	XI	<p>γ_1 – більшість будівель класу уразливості С мають пошкодження ступеня 4. Більшість будівель класу В і багато класу С мають пошкодження ступеня 5. Багато будівель класу D мають пошкодження ступеня 4; деякі – ступеня 5. Багато будівель класу Е мають пошкодження ступеня 3; деякі – ступеня 4. Більшість будівель класу F1 мають пошкодження ступеня 2. Деякі будівлі класу F2 мають пошкодження ступеня 3;</p> <p>$\epsilon_{2,3,4}$ – великі деформації покривних і скельних ґрунтів, численні крупні обвали і зсуви, великі повені;</p> <p>ϵ_5 – в епіцентральных зонах часто відбуваються переміщення по тектонічних розривах до декількох сотень кілометрів з амплітудою переміщень до 10-15 м;</p> <p>ϵ_6 – площа видимих змін рельєфу і порушень на поверхні землі складає від 103 км² до 104 км². Можливі площадкові підняття і опускання, особливо в зонах субдукції;</p> <p>ϵ_7 – у прибережних зонах можливі цунамі з висотою заплескування до декількох десятків метрів. Оцінка бальності вимагає спеціального дослідження</p>
Нищівна (completely devastating)	XII	<p>γ_1 – практично повне руйнування всіх будівель;</p> <p>ϵ – природні явища аналогічні тим, як і при XI балах, але виявляються на більшій площі до декількох десятків тисяч км². Оцінка бальності вимагає спеціального дослідження</p>
*) під невеликими горизонтальним і вертикальними відхиленнями конструкцій від проектного положення розуміються переміщення в межах 10 см		

4.3.5 Призначення сейсмічної інтенсивності землетрусу

4.3.5.1 Для задання інтенсивності якого-небудь землетрусу (сейсмічної події) використовується придатна до ранжирування сукупність категоризованих ефектів, що виникають у об'єктів внаслідок цього землетрусу (сейсмічної події).

Інтенсивність призначається на достатньо великій, але обмеженій території.

4.3.5.2 Призначення макросейсмічної інтенсивності здійснюється експертами за наслідками аналізу спостережуваних сейсмічних ефектів, підбором кількісних і якісних значень у відповідності із наведеним у таблиці 4 визначенням інтенсивності.

4.3.5.3 Значення макросейсмічної інтенсивності бажано супроводжувати оцінкою інструментальної інтенсивності та представляти цілими числами або у вигляді діапазону інтенсивності.

4.3.5.4 При призначенні інтенсивності в інженерних цілях слід, перш за все, використовувати об'єкти будівельного оточення, що є необхідним, а в деяких випадках і достатнім.

4.3.5.5 Інтенсивність землетрусу, згідно з описом пошкоджень будівель слід (за можливості) оцінювати для будівель, розташованих на однотипних ґрунтах, оскільки ґрунтові умови впливають на інтенсивність сейсмічної дії. При цьому спостережувані ефекти (у т.ч. пошкодження) щонайкраще відображають залежність балу інтенсивності від конструктивного рішення та уразливості будівель і споруд.

4.3.5.6 Необхідно враховувати гідрологічні особливості ґрунтових основ будівель при оцінці ступеня їх пошкоджень і призначенні сейсмічної інтенсивності. Аномальні значення отриманої інтенсивності не слід відкидати і міняти значення, властиві інтенсивності. Ці випадки мають бути в обов'язковому порядку піддані спеціальному дослідженню.

4.3.5.7 При призначенні інтенсивності на будівельних майданчиках, забудованих однотипними (за конструкцією, архітектурно-планувальним рішенням і будівельними матеріалами) будівлями однакового класу уразливості, необхідно враховувати вплив інженерно-геологічних умов на сейсмічну інтенсивність.

4.3.5.8 При проектуванні, прогнозуванні результату та аналізу сейсмічного ризику необхідно використовувати інженерну частину шкали.

4.3.5.9 Виявлення і опис сейсмічних ефектів на об'єкти від землетрусу, що

відбувся, їх впорядкування і класифікація для призначення інтенсивності, виконується, як правило, на підставі інженерного обстеження наслідків землетрусу, яке здійснюють сертифіковані фахівці за єдиною методикою, що затверджується у встановленому порядку.

4.3.5.10 Основними джерелами для призначення сейсмічної інтенсивності в інженерній частині шкали є макросейсмічні дані про пошкодження в будівлях і спорудах, а також сейсмічні ефекти на інших об'єктах. Макросейсмічні оцінки інтенсивності рекомендується порівнювати з оцінками інтенсивності цих подій, отриманими інструментальним шляхом. При цьому, у разі відмінності цих оцінок більше ніж на один бал необхідно провести дослідження причин такої розбіжності.

4.3.5.11 Призначення інтенсивності землетрусів проводиться на підставі наступних показників:

- класу конструктивної уразливості об'єктів будівельного оточення;
- ступеня пошкоджень будівельних споруд;
- кількісних характеристик, прийнятих у шкалі.

4.3.5.12 При призначенні інтенсивності більше X балів, опис природних явищ є визначальним.

4.3.5.13 Процедури збору, обробки і використання даних для призначення інтенсивності (у т.ч. оцінки надійності цих даних, використання малопараметричних негативних і невизначених, неоднозначних і суперечливих ознак, умовності і кодування), способи отримання найбільш достовірного результату мають бути максимально формалізованими (з використанням фахівцями однакових форм у робочих журналах).

4.3.5.14 Якщо в доступних даних є суперечливі (що відповідають різній інтенсивності) аспекти/ознаки, експерту для призначення найбільш відповідного балу інтенсивності слід виявляти в початкових даних спільність, не сподіваючись на окрему діагностику, уникати виняткових/над звичайних спостережень, що може привести до завищення інтенсивності в даному місці.

Зокрема, не слід оцінювати інтенсивність струсів за величиною окремих

екстремальних проявів залишкових деформацій ґрунтів (об'єми обвалів, максимальна амплітуда зсувів по розривах, ширина одиничних тріщин тощо), оскільки вони можуть бути обумовлені несприятливим поєднанням ряду чинників і їх використання приведе до завищення інтенсивності.

4.3.5.15 Призначення інтенсивності ушкоджувальних і руйнівних землетрусів, які тільки що відбулися, слід виконувати, перш за все, за результатами інженерного обстеження їх наслідків відразу після даної сейсмічної події.

4.3.5.16 Термін інтенсивності, який використовується в стандарті, відноситься до одиничної сейсмічної події. Користуватися стандартом для оцінки/призначення інтенсивності при сукупному ефекті декількох афтершоків, рою землетрусів, як правило, не допускається.

4.3.5.17 В цілях районування території за сейсмічною небезпекою і для оцінок сейсмічного ризику при призначенні інтенсивності у всіх випадках слід, за можливості, використовувати історичні записи і археологічні дані і будь-які інші джерела інформації з одночасною оцінкою їх достовірності і надійності.

4.3.5.18 Призначення інтенсивності землетрусів, що давно відбулися (історичних), і мають зазвичай досить обмежену базу початкових даних, проводиться, як правило, документальним методом і може здійснюватися з відхиленнями від встановлених даним розділом правил.

4.3.6 Оцінка відповідності сейсмічній інтенсивності

4.3.6.1 Інструментальна інтенсивність може визначатися згідно з додатком Д за правилами і процедурою, вказаними в інструментальній сейсмічній шкалі. При цьому допускається використовувати для звірки (оцінки відповідності) значення інструментальної інтенсивності з точністю до 0,5 бала.

4.3.6.2 Розбіжність 5 в оцінках інтенсивності землетрусів, отриманих за допомогою макросейсмічної I_{ms} і інструментальної I_m шкал, є характеристикою ступеня відповідності. При цьому відповідність називається:

- доброю, якщо $\delta \leq 0,5$;

- задовільною, якщо $0,5 < \delta \leq 1$;
- незадовільною або невідповідною, якщо $\delta > 1$.

4.3.6.3 При невідповідності оцінок I_{ms} і I_{in} ці оцінки не рекомендуються для практичного використання і необхідно виконати спеціальні дослідження причин такої неузгодженості.

5 ОЦІНКА КЛАСІВ УРАЗЛИВОСТІ БУДІВЕЛЬ ПРИ ЗЕМЛЕТРУСАХ

Слово "уразливість" використовується скрізь у даній шкалі для різної реакції будівель на дії землетрусів. Якщо дві групи будівель піддаються однаковим діям від землетрусу, а одна група проявляє експлуатаційні якості краще ніж інша, то можна сказати, що будівлі, які були менш пошкодженими, менш чутливі (менш уразливі) при землетрусі ніж більш пошкоджені.

5.1 Уразливість будівель у різних сейсмічних шкалах

Концепція уразливості є основою для побудови сучасних сейсмічних шкал. Рівень струсу, потрібний для руйнування погано побудованого невеликого житлового будинку з глинобитної цеглини і масивної офісної будівлі істотно різні.

Ранні шкали оцінки інтенсивності землетрусів склалися без вказівок відмінностей за типами будівель і призначалися для застосування в географічно обмежених областях. Такі шкали також не враховували диференційовану оцінку пошкоджень конструкцій будівель і споруд.

Пізніші шкали, які були призначені для застосування в сучасній навколишній забудові, в цілях розширення більш загального застосування (такі як модифікована шкала Меркалі (ММ) або шкала MSK 1964 року) містили критерії оцінки інтенсивності, що більш диференціювалися. Будівлі розділялися на різні класи на основі існуючих типів будівель з урахуванням будівельних матеріалів, які використовувалися для підвищення опору конструкцій дії поперечного навантаження. При цьому тип будівлі

використовувався як простий аналог чутливості (уразливості).

Це питання має важливе значення. Введення в шкалу EMS-98 визначення уразливості будівлі до пошкоджень представляє істотний прогрес. Фактично це є прямим розвитком шкал MSK і MM. У цих шкалах було використано просте застосування деякого "віртуального типу" будівлі як аналога уразливості. Таке застосування недостатнє, особливо для будівель нових конструктивних систем і висотних будівель.

5.2 Типи будівель і таблиця уразливості

Шкала MSK визначає класи будівель за типами конструкцій як проста спроба визначення уразливості будівель. У шкалі EMS прийнято шість класів уразливості (від А до F), з яких перші три представляють міцність типового глинобитного будинку, цегляної будівлі і залізобетонної конструкції, тобто вони практично сумісні з будівлями класів А-С в шкалах MSK-64 [1] і MMSK-92 [9].

Класи D і E призначаються, щоб представити приблизно лінійне зниження уразливості в результаті підвищення проектного рівня сейсмостійкості, а також забезпечити оцінку сейсмостійкості добре побудованих дерев'яних будівель, армованих або посилених кам'яних будівель і сталевих конструкцій, які здатні чинити опір сейсмічним діям. Клас F призначений для представлення уразливості конструкцій із високим проектним рівнем сейсмостійкості для конструкцій найвищої сейсмічної опірності.

При оцінці уразливості звичайних конструкцій насамперед необхідно визначити тип будівлі. Оцінка типу будівлі забезпечує основу для визначення класу уразливості. Найбільш поширені типи будівель у європейських країнах і в Україні включені в таблицю уразливості з вказівкою найбільш вірогідного ступеня пошкодження залежно від класу уразливості, а також від можливого діапазону уразливості. Типи будівель у таблиці уразливості розділені на основні групи: кам'яні, залізобетонні, сталеві і дерев'яні, і вони розглядаються детальніше нижче.

5.2.1 Загальні зауваження щодо сейсмостійкості

На найнижчому рівні знаходяться будівлі, що не задовольняють вимоги сейсмостійкості. На другому рівні знаходяться будівлі, що задовольняють вимоги проектної сейсмостійкості, тобто будівлі, запроектовані і побудовані відповідно до області дії будівельних норм (СНиП і ДБН). Деяка проектна філософія потім включала процеси оцінки сейсмічної небезпеки і побудови карт зонування з описом параметрів очікуваної сейсмічності для різних сейсмічних зон.

Споруди такого роду можна чекати в тих сейсмічних регіонах, де в проектах будівель враховуються вимоги забезпечення сейсмостійкості. У таблиці 1 введені однакові типи конструкцій із різним рівнем забезпечення сейсмостійкості. Передбачається, що будівлі з середнім рівнем забезпечення сейсмостійкості – це будівлі, які запроектовані і побудовані в минулі роки відповідно до вимог раніше діючих норм із сейсмостійкого будівництва. Будівлі з високим рівнем сейсмостійкості – це будівлі, запроектовані відповідно до вимог ДБН В.1.1-12.

На найвищому рівні розташовуються будівлі із спеціальними антисейсмічними заходами, такими, як будівлі з віброізолюваними фундаментами. Вони поведуться особливо при сейсмічних навантаженнях і, як правило, не піддаються руйнуванню доти, поки не руйнуватимуться пристрої віброізоляції фундаментів у деяких індивідуальних випадках. Будівлі такого конструктивного типу не можуть бути використані для оцінки інтенсивності землетрусу.

Добре побудовані (без антисейсмічних заходів) дерев'яні або кам'яні конструкції можуть порівняно з будівлями, запроектованими з проектним рівнем сейсмостійкості, поводитися зіставно з будівлями, що відносяться до класу уразливості D і особливо класу E. Такий підхід може також застосовуватися до будівель, в яких передбачені спеціальні заходи посилення (реконструкції).

Слід зазначити, що для простоти залізобетонні конструкції без

антисейсмічних заходів, а також конструкції з низьким рівнем проектного забезпечення сейсмостійкості об'єднуються в один тип будівель, оскільки вони зазвичай поведуться аналогічно. Типові (найбільш схожі) класи уразливості таких будівель відносяться до класу С. Залізобетонні конструкції з низьким рівнем сейсмостійкості відносяться до класу В лише у виняткових випадках, тоді як аналогічні конструкції з недостатньою сейсмостійкістю легко можуть бути віднесені до класу В, а іноді і до класу А.

Важливістю горизонтальних елементів (дисків перекриттів) при визначенні характеристик сейсмостійкості будівель при сейсмічних навантаженнях часто нехтували у минулому, принаймні, відносно кам'яних конструкцій. Міцність міжповерхових перекриттів будівель або інших горизонтальних елементів жорсткості часто грає ключову роль у визначенні уразливості конструкцій. Дуже важливо мати можливість вивчити конструкції усередині будівлі, щоб коректно оцінити уразливість у польових умовах.

5.2.2 Кам'яні конструкції

5.2.2.1 Бутовий камінь і булижник

У будівлях із бутового каменя і булижника, в яких необроблені камені слугують як основний будівельний матеріал, використовується, як правило, неякісний розчин. Такі будівлі мають велику масу і слабо чинять опір дії поперечних сил. Перекриття зазвичай виконувалися з дерева і не забезпечували належної горизонтальної жорсткості будівлі.

5.2.2.2 Цегла-сирець (саман) і глиняна цеглина

Цей тип конструкції може бути знайдений у багатьох місцях, де є придатні глини. Методи будівництва з цегли значно відрізняються і це вносить відмінності щодо оцінки міцності глинобитних будинків при землетрусі.

Стіни, побудовані з саману без використання цегли, є жорсткими і слабкими; цегляні будівлі залежать переважно від якості розчину і меншою мірою від якості цегли.

Вага покрівлі є одним із найбільш важливих чинників у таких будинках,

оскільки важкі дахи схильні до руйнувань. Глинобитні будинки з дерев'яними рамами мають додаткову міцність і кращі експлуатаційні якості. У таких будівлях можуть руйнуватися стіни, тоді як дерев'яний каркас залишається непошкодженим через його високу пластичність. Можуть зустрітися випадки, коли застосовуються в глинобитних будинках не скріплені дерев'яні балки і колони, що забезпечує додаткову горизонтальну жорсткість, підвищує експлуатаційні якості будівлі, але не так значно, як скріплені рами.

5.2.2.3 Звичайний камінь

Прості кам'яні конструкції відрізняються від конструкцій із буличника тим, що будівельні камені піддаються деякій обробці перед використанням. Такі елементи конструктивної системи укладаються в конструкцію будівлі відповідно до певних технологічних прийомів, які підвищують міцність конструкції, наприклад, використання великих каменів для забезпечення перев'язки стін по кутах. Такі будівлі відповідають класу уразливості В, і лише тоді класу А, коли вони у поганому стані або виконані з поганою якістю.

5.2.2.4 Важкий камінь

Будівлі із дуже крупних каменів, як правило, застосовуються в монументальних спорудах, замках, крупних цивільних будівлях тощо. Спеціальні будівлі цього типу, як правило, не повинні використовуватися для оцінки інтенсивності. Проте у деяких великих старовинних містах існують райони громадських будівель XIX сторіччя, які можуть бути використані для оцінки інтенсивності. Ці будівлі, як правило, мають велику міцність, яка є сприятливим чинником, щоб віднести їх до високого класу уразливості (типу С або навіть D у виняткових випадках).

5.2.2.5 Неармована цегла/бетонні блоки

Цей дуже поширений тип конструкцій є прототипом будівель типу "В" в оригіналі шкали MSK, по відношенню до якого може бути проведена оцінка інших типів будівель. У Єврокодi 8 таке будівництво згадується під назвою "виготовлення з окремих кам'яних блоків". Часто зустрічаються окремі випадки, коли будівлі обстежуваного типу знаходяться у поганому стані, і вони

мають бути віднесені до класу уразливості А. Є й інші приклади добре побудованих будівель такого типу, які відносять до класу уразливості С, але це може бути у великих будівлях з високими стандартами життєзабезпечення або в тих місцях, де необхідно забезпечити поперечну жорсткість для сприйняття вітрових навантажень.

Зазвичай уразливість залежить від кількості, розміру і розташування отворів. Великі отвори, малі простінки між отворами і зовнішні кути будівлі, а також довгі стіни без перпендикулярних жорсткостей роблять будівлі більш чутливими (уразливими). Проблема, якої слід остерігатися, полягає в застосуванні порожнистих стінових систем із внутрішнім і зовнішнім облицюванням, яке при неякісному з'єднанні зі стінами призводить до їх ослаблення. Такі стіни недостатньо сейсмостійкі і мають погані експлуатаційні якості.

5.2.2.6 *Неармована цегла із залізобетонними перекриттями*

Не дивлячись на те, що стіни будівель є найбільш доступною для обстеження частиною, горизонтальні елементи будівлі можуть бути важливішими у визначенні опорності конструкцій поперечним навантаженням. У будівлях із стінами з неармованої цегли і перекриттями з залізобетону будівельні конструкції поведуться значно краще ніж звичайні цегляні конструкції. У випадках, коли стіни сполучені і пов'язані спільно з жорсткою плитою перекриття за допомогою контурних балок (обв'язувань), створюється коробчастоподібна система, яка ефективно знижує ризик руйнування стін із площини і перешкоджає взаємному зрушенню перетинаючих стін. Коли конструкції добре зв'язані між собою, уразливість будівлі з більшою вірогідністю можна віднести до класу С, в іншому випадку – до класу В.

5.2.2.7 *Армована кладка в об'ємі*

Під цією назвою об'єднуються різні системи, в яких значне посилення може бути досягнуте шляхом удосконалення виробництва і поліпшення властивостей пластичності будівельного каменя. В армованій кладці стрижні або арматурна сітка розміщується між шарами кам'яної кладки або у

вертикальних щілинах багатощілинної цеглини, створюючи композитний матеріал, що діє як високоміцна і пластична стіна або як стінова система. Таке армування має бути присутнім як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках. Кладка в об'ємі є цегляною кладкою, жорстко вбудованою між конструкціями колон і балками з усіх чотирьох сторін, і забезпечує відповідний рівень опорності. У таких випадках це не означає, що об'єднуючі елементи повинні працювати як рама, що сприймає дію згинальних моментів, де кладка з цегли поводить себе як неконструктивне заповнення.

У деяких регіонах застосовуються спеціальні системи кам'яного будівництва, в яких з метою підвищення зчеплення розчину з каменем використовують пластифікуючі добавки в розчин, а також нові форми конструкцій цеглини (у вигляді глиняної обпаленої фігурної цеглини або силікатної цеглини з хвилястою поверхнею). Інша ефективна система відома як колодязна система із заповненням порожнеч будівельним розчином, що включає стіни, які складаються із зовнішньої і внутрішньої цегляних оболонок, пов'язаних із бетонним сердечником вертикальною і горизонтальною арматурою, або залізобетонні сердечники в кам'яних стінах. В цілому ефективність таких систем має бути еквівалентна армованій кладці, хоча досвід роботи з цією формою будівництва в даний час обмежений.

5.2.3 Залізобетонні конструкції

Цей тип конструкцій набув значного поширення в будівництві. Оцінка уразливості будівель і характеристик міцності конструкції є індивідуальною. У таблиці 2 класифікація подана залежно від конструктивної схеми будівель.

5.2.3.1 Залізобетонні рамні конструкції

Конструктивна система із залізобетонних рам складається з балок і колон, які утворюють каркас і зв'язані монолітними вузлами, що сприймають згинальні моменти і поперечний зсув у вузлах. Конструкції залізобетонних рам сприймають як вертикальні, так і горизонтальні навантаження. Поведінка залізобетонного каркаса визначається співвідношенням між висотою колон,

довжиною балок, а також розмірами їх поперечного перерізу. Високі з малим поперечним перерізом колони і короткі з великим поперечним перерізом балки свідчать про уразливість такої системи при дії горизонтальних навантажень. Залізобетонні рамні конструкції досить поширені, проте їх відносять до типу будівлі з різними ступенями сейсмостійкості.

Руйнування залізобетонних каркасних будівель часто призводить до вражаючих наслідків. Руйнування протягом останніх землетрусів дають можливість накопичити досвід про характерні дефекти проектування і причини утворення однотипних дефектів.

У більшості випадків застосовуються залізобетонні рами з цегляним заповненням. Можлива взаємодія між залізобетонними рамами і крихким заповненням каркаса може сприяти більшій уразливості системи. Завдяки такій взаємодії колони і вузлові з'єднання повинні сприймати додаткові навантаження, як правило, не враховані при проектуванні. Якщо заповнення має отвори або інші порушення безперервності, така конструкція спричиняє руйнування колони від зсуву (утворюються діагональні похилі тріщини армованої колони). Це свідчить про те, що остаточний (фактичний) проектний рівень забезпечення сейсмостійкості має тенденцію до зниження. Для залізобетонних рам проектна сейсмостійкість конструкції пов'язана з певною схемою руйнування. Зони руйнування повинні передбачатися для ділянок балок, розташованих поблизу вузлів. Руйнування не допускаються для колон або вузлів з'єднання балок із колонами. Проте руйнування, як правило, зосереджені в колонах. Якщо захисний шар зруйнований, необхідно перевірити поперечне армування та крок арматури, недостатній у всіх критичних зонах.

Сейсмічна уразливість залізобетонних рам залежить від багатьох чинників, таких, як регулярність конструкцій, якість виробів і виконання робіт, здатність матеріалу до прояву пластичних властивостей. Залізобетонні рами особливо уразливі відносно перепадів горизонтальної жорсткості по висоті. Слабкий цокольний поверх (так званий гнучкий поверх) може стати причиною повного обвалення всієї будівлі. Такий тип будівель досить чутливий до

горизонтальних навантажень. Якщо будівлі мають нерегулярності в плані, то пошкодження будуть зосереджені в місцях, віддалених від центра жорсткості. Руйнування зовнішніх колон свідчить про прояв крутильних ефектів.

5.2.3.2 *Залізобетонні стінові конструкції*

Залізобетонні стінові конструкції характеризуються вертикальними елементами, які підтримують інші елементи, що мають подовжені поперечні перерізи з відношенням довжини до товщини більше ніж 4 і/або секційне розташування. Якщо дві або більше стін об'єднані в регулярну структуру шляхом сполучення балок, то така конструктивна систем називається об'єднаною стіною системою, в якій балки повинні забезпечувати достатню пластичність, і призначатися для розміщення пристроїв, що забезпечують поглинання енергії і підвищення рівня сейсмостійкості. Уразливість таких конструкцій залежить від наявності великих отворів і відсутності безперервності стін, від розмірів їх перерізів по висоті будівлі, а також перепадів жорсткості в межах цокольного поверху (гнучкого поверху).

Залізобетонні стінові конструкції характеризуються вищою жорсткістю ніж залізобетонні рамні конструкції. Якщо стіни розташовані нерегулярно і не з усіх зовнішніх сторін будівлі, то ефекти закручування будівлі в плані можуть сприяти частковому руйнуванню всієї системи. Нерегулярності в плані або внутрішні уступи по висоті будівлі повинні розглядатися як серйозні недоліки, навіть у разі постійного (однорідного за площею) розташування конструкцій, які можуть сприяти у виняткових випадках підвищенню уразливості будівель.

У порівнянні з залізобетонними рамами залізобетонні стінові системи мають меншу тенденцію до зміни класу уразливості. Відповідно до таблиці уразливості у виняткових випадках обмежуються класом уразливості В (якщо будівлі запроектовано без урахування вимог сейсмостійкості) і класом уразливості С для стін будівель із забезпеченим проектним рівнем сейсмостійкості. Існує декілька конструктивних систем, які скомпоновані з просторових рам і стінових конструкцій (так звані здвоєні конструктивні системи), або утворені за системою гнучких рам у поєднанні із стінами,

зосередженими біля центра будівлі, або симетрично розташовані в одному з напрямів будівлі (так звані системи з ядрами жорсткості). Системи з ядрами жорсткості менш податливі в порівнянні з рамними стіновими або здвоєними конструктивними системами.

5.2.4 Сталеві конструкції

До сталевих конструкцій відносять, як правило, конструктивну систему із сталевими рамами. З наявних макросейсмічних оцінок наслідків землетрусів лише небагато даних відносяться до оцінки поведінки конструкцій сталевих рам, проте вони вказують на високий рівень сейсмостійкості. Пошкодження конструкцій можуть мати місце, проте вони приховані за неконструктивними елементами, такими, як облицювання або ненесучі стіни, або бетонне заповнення (виконане для збільшення вогнестійкості). У таких випадках руйнування вузлів рам будуть видимими тільки після того, коли бетонне покриття буде видалене.

Оцінку рівня сейсмостійкості і вибір найбільш відповідного класу уразливості слід здійснювати з урахуванням підвищеної жорсткості системи, а також типу вузлових з'єднань. Пластичність системи в цілому визначається поперечною жорсткістю конструкцій (тобто типом рами і видом системи в'язей). Для будівель із сталевим каркасом без спеціальних антисейсмічних заходів або для будівель, запроектованих без урахування вимог сейсмостійкості, можливий клас уразливості D. В'язі, які встановлюються між колонами (типу К-подібних в'язей), забезпечують менший опір при землетрусі, і будівлі з такою системою в'язей мають бути віднесені до класу уразливості C.

У більшості рам, що сприймають дію згинальних моментів та поперечних сил, або рам з ексцентричним розташуванням Х- або V-подібних в'язей, досягається поперечна жорсткість і проявляється податливість. Уразливість таких систем слід віднести до класу E. При забезпеченні кращого рівня проектної сейсмостійкості будівлі можна віднести до класу уразливості типу F.

5.2.5 Дерев'яні конструкції

Дерев'яні будівлі мають менше відомостей про умови їх експлуатації, оскільки вони не часто потрапляють в зону сейсмічної активності. Природна гнучкість дерев'яних конструкцій забезпечує їх високу опорність руйнуванням, хоча вона може значно змінюватися залежно від стану конструкцій. Ослаблені стики або гнила деревина можуть зробити дерев'яний будинок досить уразливим до обвалення; це було помітно під час землетрусу 1995 р. в Кобе (Японія), коли традиційні дерев'яні будинки в деяких районах міста постраждали через поганий стан.

Якщо дерев'яні балки і колони з'єднані нагелями і якщо ці з'єднання слабкі для сприйняття навантажень, то вся конструкція буде зруйнована. Цей вид дерев'яної конструкції є типовим представником класу уразливості С, і його слід відрізнити від дерев'яних рамних конструкцій, які є стійкими проти дії горизонтальних навантажень, викликаних землетрусом. Податливість дерев'яних конструкцій залежить від податливості їх з'єднань.

Деякі удосконалення сейсмічної шкали необхідно виконати в майбутньому для оцінки наслідків землетрусів для дерев'яних конструкцій. Вони повинні включати поділ дерев'яних будівель на різні групи, що враховують детальний стан пошкодження дерев'яних конструкцій, які не описані при визначенні рівнів пошкоджень у шкалі, як це зроблено для будівель із кам'яної кладки і залізобетонних конструкцій.

5.3 Чинники, що впливають на сейсмічну уразливість будівель

Нижче наведені головні чинники, які впливають на загальну уразливість конструкцій та їх сейсмостійкість. Ці чинники зазвичай застосовуються до всіх типів конструкцій, а також до будівель, побудованих як з антисейсмічними заходами, так і без них.

5.3.1 Характеристика і якість виконання робіт

Використання якісних матеріалів і прогресивних методів будівництва приведе до того, що будівлі набагато краще витримуватимуть землетрус. Для

матеріалів якість будівельного розчину є особливо важливою, і навіть з використанням бутової кладки можна створювати достатньо міцні будівлі, якщо розчин забезпечує якісне зчеплення з каменем.

Неякісне виконання робіт може включати як недбалість, так і нездатність з'єднати належним чином частини конструкції між собою. Неякісно побудовані будівлі можуть зруйнуватися, не дивлячись на відповідність положенням норм із сейсмостійкого будівництва.

5.3.2 Стан збереження

Будівля, яка підтримувалася у хорошому стані, менш уразлива при сейсмічних впливах. Для будівель із незадовільним технічним станом можливе зменшення класу уразливості на один ступінь. Слід особливо відзначити випадки, коли будівлі вже пошкоджені попереднім землетрусом. Відносно слабкий повторний поштовх може заподіяти руйнування (включаючи обвалення) будівель, пошкоджених основним поштовхом. Цей факт слід брати до уваги при проведенні обстежень наслідків землетрусу.

Слід зазначити, що будівля може здаватися такою, що знаходиться у хорошому стані, тому що в процесі її експлуатації було приділено увагу тільки підтримці естетичного виду (свіжа штукатурка і хороше фарбування). Але це не означає, що конструктивна система будівлі також знаходиться у хорошому стані.

5.3.3 Регулярність

З погляду сейсмостійкості ідеальна будівля має бути кубом, в якому всі внутрішні елементи жорсткості (наприклад, сходові клітки) розташовуватимуться симетрично. Чим більше відхилень від правильності або симетрії в плані і по висоті будівлі, тим більше уразливість будівлі до сейсмічних коливань.

Будівлі, запроектовані в плані у формі букви L, або аналогічної форми, які часто зустрічаються на практиці, зазнають крутильних коливань, що значно підсилює пошкодження. Навіть якщо будівля в плані регулярна, то

несиметричний розподіл жорсткості і виникнення крутильних коливань можуть бути викликані розташуванням внутрішніх компонентів змінної жорсткості (положенням ліфтових шахт, сходових кліток, ядер жорсткості тощо).

Часто зустрічаються будівлі, в яких один поверх (нижній) значно слабкіший по відношенню до інших; він може бути достатньо відкритим, виконаним із колон, які підтримують верхні поверхи, а не із стін. Такі випадки відомі як гнучкі нижні поверхи. Будівлі такого типу в значній мірі схильні до руйнування при землетрусі. Безперервні стрічки вікон по довжині будівлі можуть справляти аналогічне враження.

У деяких випадках будівлі, які раніше мали добрий рівень регулярності, можуть бути у подальшому реконструйовані. Наприклад, перетворення цокольного поверху у гараж або магазин може ослабити будівлю (шляхом створення гнучкого поверху); розширення плану будівлі робить її більш нерегулярною і вносить нерегулярність жорсткостей і отворів (між несучими елементами) в межах всієї будівлі. Старі кам'яні споруди змінюються протягом тривалого часу експлуатації, внаслідок чого утворюються уступи поверхів у різних рівнях, у фундаментах також на різних рівнях утворюються зсуви.

5.3.4 Податливість

Податливість є мірою здатності будівлі витримувати горизонтальні навантаження за межею пружної роботи конструкції, тобто шляхом розсіювання енергії землетрусів. Податливість може бути прямою функцією типу конструкції: добре побудовані будівлі з металевих конструкцій мають високу податливість, і тому добре чинять опір струсам в порівнянні із слабо податливими будівлями, наприклад, з цегли. У будівлях, запроектованих з урахуванням антисейсмічних заходів, параметри будівлі, що визначають його динамічні характеристики (жорсткість і розподіл мас), будуть контрольовані; якість перетворення і дисипації енергії має бути забезпечена зчепленням між ґрунтом, фундаментом і конструктивними елементами будівлі, а також недопущенням критичних локальних концентрацій пошкоджень (утворення

тріщин).

5.3.5 Розташування

Розташування будівлі по відношенню до інших будівель, що знаходяться поблизу, може вплинути на поведінку будівлі під час землетрусу. У разі розташування ряду будівель у міському житловому районі часто будинки, розташовані в кінці ряду або в кутах, є найбільш пошкоджуваними.

Серйозні руйнування можуть бути наслідком розміщення двох високих будівель, які розташовані дуже близько одна до одної і мають різні періоди власних коливань. Під час землетрусу вони можуть коливатися з різними частотами і пошкоджувати одна одну, викликаючи ефект, відомий як зіткнення. Отримані руйнування не є мірою, що характеризує силу землетрусу, і не повинні братися до уваги при визначенні уразливості будівлі до пошкоджень.

5.3.6 Посилення

Коли вживаються заходи з реконструкції будівель з метою поліпшення їх сейсмостійкості, ефект полягає в тому, що створюються практично нові, ускладнені типи конструкцій. Вони можуть радикально відрізнятись за характеристиками від основної будівлі. Наприклад, приймаючи стару конструкцію з буліжника і покращуючи її горизонтальними елементами шляхом заміни перекриттів, можна поліпшити характеристики конструкції аж до класу уразливості В. Якщо ще застосувати ін'єкції вапняного розчину чи епоксидної смоли або відновити несучу здатність конструкцій шляхом створення залізобетонного заповнення, то характеристики будівлі можна поліпшити, переводячи їх до класів будівель з антисейсмічними заходами.

5.3.7 Проектна сейсмостійкість

Уразливість для різних типів конструкцій повинна оцінюватися для конструктивних систем заданих (несуперечливих) рівнів забезпечення сейсмостійкості.

Фактично класи уразливості повинні призначатися відповідно до остаточного (дійсного) рівня проектної сейсмостійкості, який може

відрізнятися (хоча цього не повинно бути) від нормативних вимог.

5.3.7.1 *Нормативні вимоги проектної сейсмостійкості*

Виходячи з того, що будівлі в певній зоні сейсмічності запроектовані і побудовані відповідно до проектної інтенсивності землетрусів (або інтенсивності руху ґрунту), відповідність майданчика і умов підстилаючого ґрунту зони таких споруд класифікуються спільно залежно від об'єднаного рівня проектної сейсмостійкості (ПС). Проектна сейсмостійкість будівлі регулюється сейсмічними нормами (ДБН В.1.1-12).

Рівень проектної сейсмостійкості можна виразити залежно від проектних параметрів (інтенсивність землетрусу у балах, горизонтальна сила в основі будівлі та ін.), які безпосередньо відносяться до сейсмічності зони "і". Тому можна прогнозувати рівень відповідності вимогам забезпечення проектної сейсмостійкості будівель і на їх основі оцінювати тип(и) проектної сейсмостійкості побудованих споруд у досліджуваному районі залежно від зони сейсмічності, визначеної в нормах із сейсмостійкого будівництва з використанням мап, отриманих за результатами загального сейсмічного районування (ЗСР).

Зазвичай кожен регіон або місто характеризується тільки одним типом проектної сейсмостійкості (згідно з мапами, наведеними у ДБН В.1.1-12). Будівлі і споруди в регіоні або місті можуть мати різні типи проектної сейсмостійкості, якщо існуючі будівлі були побудовані відповідно до різних сейсмічних норм.

Три типи проектної сейсмостійкості можуть бути класифіковані так:

Тип ПС-Н: споруджені будівлі, що включають низький [Н] або мінімальний рівень забезпечення проектної сейсмостійкості.

Цей рівень характеризується обмеженням конструктивних параметрів (іноді застосуванням спрощеного методу розрахунку). Спеціальні заходи деталізації проекту (для підвищення податливості) є нетиповими для даного типу будівлі.

Такий тип будівель поширений у районах із низькою або помірною

сейсмічністю. Зазвичай будівлі такого типу проектуються для будівництва в районах з сейсмічною інтенсивністю VII балів. Проектовані будівлі (внаслідок їх регулярності і доброї якості робіт) мають обмежений або забезпечений рівень проектної сейсмостійкості відповідно до типу будівель ПС-Н. Залізобетонні конструкції, які не мають забезпеченого рівня проектної сейсмостійкості, і залізобетонні конструкції типу ПС-Н розглядаються такими, що належать одній групі будівель у таблиці уразливості.

Тип ПС-У: побудовані будівлі із врахуванням покращення [У] рівня проектної сейсмостійкості.

Цей рівень характеризується реалізацією норм проектування конструкцій з заданою категорією пластичності. При розробленні проекту частково виконуються спеціальні антисейсмічні заходи (для підвищення податливості). Такий тип будівель може застосовуватися в районах від помірної і до високої сейсмічності (для будівництва в районах з сейсмічною інтенсивністю VIII балів).

Тип ПС-В: побудовані споруди, що включають високий [В] рівень проектної сейсмостійкості.

Для таких будівель сейсмічні навантаження обчислюються із застосуванням як спектрального методу, так і прямого динамічного методу. При розробленні проекту вживаються спеціальні заходи для досягнення пластичності системи, коли сейсмічна енергія розподіляється по всій структурі і розсіюється переважно в пластичних шарнірах без руйнування конструкцій (у районах з високою сейсмічністю – IX і більше балів, наприклад, на Кримському півострові).

Рівень проектної сейсмостійкості будівель і споруд може бути як постійний (у разі проектування за одними нормами) у сейсмічному регіоні, для якого оцінюється інтенсивність землетрусу, так і непостійний, коли будівлі у сейсмічному регіоні були запроектовані за різними нормами сейсмостійкого будівництва, наприклад, згідно зі СНиП до 2007 р. і з новими ДБН В.1.1-12.

5.3.7.2 *Відповідальність будівлі або споруди*

Відповідно до ДБН В.1.2-14 слід враховувати відповідальність будівель і споруд і їх конструкцій, оскільки вона може впливати на різні рівні забезпечення проектної сейсмостійкості одного типу будівлі. Відповідальність будівлі або споруди визначається залежно від характеристики можливих наслідків їх відмови згідно з таблицею 1 ДБН В.1.2-14. Орієнтовний перелік об'єктів по класах наслідків (відповідальності) наведений в додатку А ДБН В.1.2-14.

Відповідальність будівлі або споруди впливає на значення сейсмічного навантаження (табл. 2.4 ДБН В.1.1-12).

5.3.7.3 Остаточний (дійсний) рівень забезпечення сейсмостійкості і клас чутливості Після визначення вимог нормативних документів необхідно знайти відповідний (або дійсний)

рівень проектної сейсмостійкості і визначити клас уразливості будівлі. Для цього враховується рівень регулярності, характеристики і якість виконання робіт або структурних систем, а також реалізація сучасних принципів проектування в досліджуваній області. Крім того, необхідно порівняти проектні рівні зведених конструкцій у сейсмічному регіоні з характеристиками будівель різних типів ПС залежно від проектної інтенсивності регіону.

У більшості випадків фактичний рівень проектної сейсмостійкості спостерігається такий самий, що і рівень, визначений нормативними вимогами; винятком будуть спеціальні конструкції (де рівень може бути вище), і випадки, коли вимоги норм належним чином не виконані (де рівень може бути нижче).

Діапазон можливих класів уразливості в таблиці уразливості є в більшій або меншій мірі показником забезпечення рівня проектної сейсмостійкості. Класи уразливості вищі, ніж С або D, практично обмежені зведеними конструкціями з певним рівнем проектної сейсмостійкості.

На цій основі фактичний рівень проектної сейсмостійкості в очікуваному діапазоні зміни характеристик шкали може бути встановлений так:

- для залізобетонних каркасних будівель із безригельним каркасом типу ПС-Н класи уразливості від С до D є вірогідними, з класом С – більш

прийнятними;

- для залізобетонних каркасних будівель типу ПС-У (з повним каркасом) класи уразливості від D до E вірогідні, з класом D – більш прийнятні;

- для залізобетонних каркасних будівель із діафрагмами і ядрами жорсткості типу ПС-В класи уразливості від E до F вірогідні, з класом E – більш прийнятні;

- для залізобетонних стінових конструкцій типу ПС-Н і сталевих рам (що сприймають згинальні моменти) клас уразливості типу D є вірогідним;

- для залізобетонних стінових конструкцій і сталевих рам (що сприймають згинальні моменти) типу ПС-У класи уразливості від D до E вірогідні, з класом D – більш прийнятні для залізобетонних стінових конструкцій і класом E – більш прийнятні для сталевих рам (що сприймають згинальні моменти);

- для залізобетонних стінових конструкцій і сталевих рам (що сприймають згинальні моменти) типу ПС-В класи уразливості від E до F вірогідні, з класом E – більш прийнятні для залізобетонних стінових конструкцій і класом F – більш прийнятні для сталевих рам (що сприймають згинальні моменти).

Для залізобетонних каркасних будівель із повним каркасом і діафрагмами жорсткості без антисейсмічних заходів класи уразливості від B до C є вірогідними, з класом C – найбільш прийнятними. Для залізобетонних каркасних будівель із серйозними дефектами (гнучкі поверхи, слабкі колони, відсутність елементів жорсткості; цегляне заповнення каркаса або відсутність стін, що працюють на зсув) клас уразливості може прийматися типу B або навіть A.

Для залізобетонних будівель із несучими стінами без забезпечення проектної сейсмостійкості класи уразливості від C до D є вірогідними, з класом C – найбільш прийнятними. Для залізобетонних стін із серйозними дефектами клас уразливості B може прийматися як виняток. Необхідно відзначити, що дефекти не призводять до різкого зниження уразливості, яке

може спостерігатися у залізобетонних рамних конструкціях.

5.4 Призначення класу уразливості

Рішення про те, до якого класу має бути віднесена конструкція, залежить від конструктивних особливостей в описаних вище позначеннях, що вказують на діапазон можливих класів у таблиці уразливості.

Позначення круга в таблиці показує найбільш вірогідний клас уразливості. Якщо в будівлі не виявлено яких-небудь посилень або ослаблень, то слід призначити саме цей клас уразливості. Суцільна лінія показує вірогідний діапазон (від мінімуму до максимуму). Деяке посилення або ослаблення дозволить класифікувати будівлі всередині цього діапазону. Пунктирна лінія показує діапазон в екстремальних випадках: багато посилень або ослаблення, або посилення, які особливо примітні, або дуже сильні ослаблення; вона дозволить класифікувати будівлі всередині цього діапазону.

Наступні приклади ілюструють цей процес:

а) будівля цегляна з неармованою кладкою і залізобетонним перекриттям, із слабким першим поверхом (гнучким поверхом), а також з помірною регулярністю і якістю будівництва. Нормальний клас уразливості буде С, проте будівля характеризується істотним ослабленням за рахунок гнучкого поверху і повинна бути віднесена до класу В, який знаходиться у вірогідному діапазоні уразливості для цього типу будівель;

б) будівлі аналогічної конструкції, виконані з першим гнучким поверхом. Цей тип будівлі, як правило, відноситься до класу В. Ослаблення конструкції за рахунок гнучкого поверху недостатнє для того, щоб знизити його клас уразливості до класу А, оскільки воно знаходиться в екстремальному діапазоні шкали. Якщо будівля не обслуговувалась протягом декількох років, або характеризується внутрішньою нерегулярністю, окрім слабого першого поверху, таке поєднання несприятливих чинників буде достатнім, щоб віднести її до класу уразливості А.

Часто спостерігаються випадки, коли ослаблені будівлі в будь-якій групі

відносяться до таких, які руйнуються першими під час землетрусу. Проте це не є достатньою підставою для переведення таких будівель у нижчу категорію класу уразливості. Якщо відомий лише тип будівлі (наприклад, будівлі великої історичної цінності, а іноді навіть, коли така інформація відсутня), то слід призначати найбільш вірогідний клас уразливості і застосовувати інші класи тільки як засіб рішення, відмінного від нормальної ситуації.

5.5 Зауваження щодо запровадження нових типів будівель

При використанні шкали за межами Європи або всередині Європи, де зустрічаються будівлі, що відрізняються від місцевих типів будівель, може виникнути необхідність мати справу з типами будівель, не охопленими таблицею уразливості у встановленому вигляді. Нижче дається коротке керівництво про те, як діяти далі. Краще процедуру оцінки нових рішень виконати групою кваліфікованих експертів.

Загальна мета полягає в тому, щоб порівняти новий тип з тими будівлями, які вже охоплені таблицею уразливості, і спробувати встановити адекватність між ними. Якщо взяти до уваги, що даний тип будівлі є достатньо міцним, але не міцніший ніж, наприклад, звичайні цегляні конструкції, таку будівлю можна класифікувати як тип, що має, в основному, клас уразливості В.

У ідеальному варіанті, якщо в районі, де нові типи будівлі співіснують з типами будівель, вже представленими в таблиці уразливості, тоді результати обстеження руйнувань можуть бути використані для встановлення цілей класифікації. Наприклад, у місті багато цегляних будівель одержали пошкодження 2-го ступеня, але лише декілька з нових типів будівель зруйновані (пошкоджені). Інтенсивність землетрусу в цьому випадку оцінюється як 7 балів і, очевидно, свідчить про те, що новий тип будівель належить до класу уразливості С.

Якщо це неможливо, оскільки новий тип будівель є винятковим типом конструкцій на майданчику, то можна оцінити інтенсивність землетрусу в межах VI – VIII балів на основі виявлення інших пошкоджень, а потім з

урахуванням частки пошкоджених будівель визначити правильний клас уразливості.

За відсутності таких даних клас уразливості можна оцінити перевірочними розрахунками за методикою ДБН В.1.1-12 з порівняльного розгляду пластичності і міцності з урахуванням як горизонтальних, так і вертикальних елементів будівлі.

Необхідна ретельність, щоб охопити типи будівель, які можна було б розглядати як комплексну територію забудови. Як приклад наведемо дерев'яні будівлі із зовнішнім цегляним облицюванням. Якщо облицювання не надійно прикріплене до конструкції, вона може бути дуже слабкою і легко зруйнована, тоді як дерев'яний каркас залишається пластичним і непошкодженим. Такі будівлі стійкі до пошкодження захисних конструкцій, зберігаючи високу міцність несучих конструкцій до обвалень.

ДОДАТОК А

(довідковий)

ПРИКЛАДИ ВИЗНАЧЕННЯ СЕЙСМІЧНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

Приклад 1. У селі 180 цегляних будівель, 30 з яких оцінюється класом уразливості А, а інші відносяться до класу В. З будівель з уразливістю класу А 15 отримали пошкодження 1-го ступеня, 10 будівель 2-го ступеня і 5 не пошкоджені. З будівель уразливістю класу В 10 мали пошкодження 1-го ступеня, 5 будівель мали пошкодження 2-го ступеня, а останні не пошкоджені. Якщо розглядати тільки пошкодження, то достатньо виправдати інтенсивність землетрусу в VI балів, але недостатньо для того, щоб виправдати ступінь інтенсивності VII балів. Ступінь інтенсивності краще всього охарактеризувати як VI балів.

Тут можуть бути випадки, коли інтенсивність складає VI або VII балів, але явно не VIII без проміжних значень. Виражаючи інтенсивність у деякому діапазоні значень, в даний час існує достатньо поширена практика, особливо в історичних відомостях, недостатніх для ухвалення кращого рішення. Ширші діапазони ніж охоплення двох ступенів інтенсивності шкали також прийнятні; можна написати VI – VIII, але не VII балів.

Приклад 2. Документ стверджує: "у нашому місті димарі впали, але будинки не були серйозно пошкоджені". У цій обмеженій інформації немає ніяких вказівок про відсоток зруйнованих труб, тому інтенсивність може бути VI або VII балів; твердження, що, немає ніяких серйозних пошкоджень, свідчить про те, що ступінь інтенсивності в цьому випадку слід призначити VI – VII балів.

Нечіткі оцінки, такі як, наприклад, < VI (менше VI), або > VII (більше VII) є прийнятними, якщо точніші оцінки неможливі.

Приклад 3. У документі сказано: "Були масові руйнування в місті N". Якщо жодної інформації не отримано, ступінь інтенсивності складає > VI балів.

Теоретично більше VI балів можна тлумачити як VI – XII балів, але з практичних міркувань деяка верхня межа, як правило, може бути також взята до уваги.

Подальша проблема викликана двозначністю даних; наприклад, люди відчують інтенсивність землетрусу VI балів, тоді як вплив на конструкції припускає інтенсивність VIII, і навпаки. Якщо ця проблема виникає, це може свідчити про деякий значний регіональний або культурний чинник в якій-небудь області (люди легше збуджуються; дуже недосконала місцева техніка будівництва), який має бути взятий до уваги. При використанні шкали, коли виникають окремі випадки, проблеми такого роду неузгодженості, можна розглянути необхідність призначення ступеня інтенсивності у вигляді області значень вибірки, як розглядалося вище в прикладі 1.

Приклад 4. Під час землетрусу в Ялті 11-12 вересня 1927 року за історичними даними спостерігалися повсюдно руйнування виступних частин будівель, викликані низькою якістю зчеплення розчину з каменем, відсутністю перев'язки кутових ділянок стін із природного каменя, зламами в плані планувальних рішень і нерівномірним розподілом в плані мас і жорсткостей. Відповідно до встановленої методики уразливості будівлі слід віднести до класу В, а інтенсивність до VII – VIII балів при ступенях пошкодження 3-4.

ДОДАТОК Б

(довідковий)

ПРИКЛАДИ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНІВ ПОШКОДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬ

Визначення ступеня пошкодження будівлі засноване на зіставленні фактичних даних, отриманих за результатами аналізу наслідків землетрусу, з описами, що ідеалізуються, в сейсмічній шкалі і прийнятті відповідних рішень.

Не всі діагностичні ознаки пошкоджень (таблиця 3) підтверджуються, деякі з них можуть бути просто відсутніми. Тому рекомендується застосовувати гнучкий підхід у пошуку найбільшої відповідності в діапазоні наявних даних.

На рисунках Б.1 – Б.7 наведені фотоілюстрації будівель різних конструктивних схем і вказані ступені пошкоджень при минулих землетрусах з відповідними коментарями.

ТИП КОНСТРУКЦІЇ	МІСЦЕ ЗЕМЛЕТРУСУ	СТУПЕНЬ ПОШКОДЖЕНЬ				
		1	2	3	4	5
Саманова кладка	Карпати, 1986 р.; Молдавія, Леово				X	



Втрата з'єднання між зовнішніми стінами і часткове руйнування внизу в лівому кутку відповідає пошкодженням 4-го ступеня (серйозне руйнування стін). Права частина будівлі виглядає без серйозних пошкоджень. Остаточна класифікація має бути прийнята на основі аналізу причини цих відмінностей

Рисунок Б.1

ТИП КОНСТРУКЦІЇ	МІСЦЕ ЗЕМЛЕТРУСУ	СТУПІНЬ ПОШКОДЖЕНЬ				
		1	2	3	4	5
Кладка з буличника (слабкий розчин) і з пильного вапняку кримських родовищ	АР Крим, м Ялта, 1927 р. ; м. Севастополь				X	



а

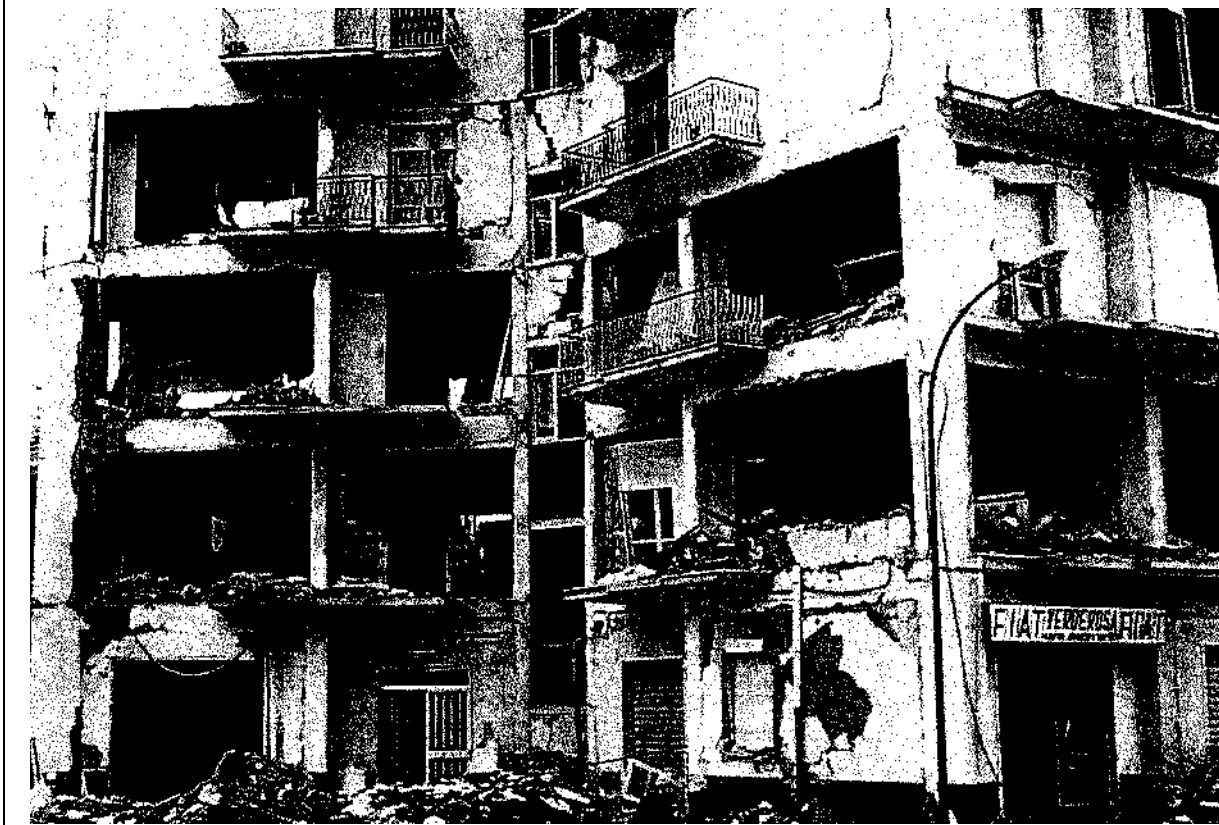


б

Руйнування стін двоповерхової будівлі в м Ялта (а) та башти і стін будівлі морської обсерваторії в м, Севастополь (б)

Рисунок Б.2

ТИП КОНСТРУКЦІЇ	МІСЦЕ ЗЕМЛЕТРУСУ	СТУПІНЬ ПОШКОДЖЕНЬ				
		1	2	3	4	5
Залізобетонний каркас	Кірпінія-Базіліката, Італія, 1987 р. / Сант-Анжело де Ломбарді				X	



Переважно повне руйнування зовнішніх стін, яке відноситься до дуже важких пошкоджень несучих конструкцій. У деяких випадках на нижніх поверхах є серйозні пошкодження вузлів з'єднання ригелів з колонами. Ці пошкодження відносяться до пошкоджень 4-го ступеня.

Рисунок Б.3

ТИП КОНСТРУКЦІЇ	МІСЦЕ ЗЕМЛЕТРУСУ	СТУПІНЬ ПОШКОДЖЕНЬ				
		1	2	3	4	5
Залізобетонний каркас	Спитак Вірменія, 1988 р., м Ленінакан					X



Дуже важке руйнування несучих конструкцій залізобетонного каркаса і майже повний обвал, тому пошкодження необхідно віднести до 5-го ступеня

Примітка. Це типовий приклад що підтверджує необхідність диференційованого підходу при призначенні 1 класу уразливості залізобетонних каркасних будівель (таблиця 2) залежно від заходів щодо забезпечення рівня сейсмостійкості відповідно до вимог норм

Рисунок Б.4

ТИП КОНСТРУКЦІЇ	МІСЦЕ ЗЕМЛЕТРУСУ	СТУПІНЬ ПОШКОДЖЕНЬ				
		1	2	3	4	5
Неармована кам'яна кладка	Фрідлі, Італія, 1976 р / Гемона (Удіна)			X		



Великі діагональні тріщини в більшості стін, але стіни не зруйнувалися В цьому випадку пошкодження 3-го ступеня

Рисунок Б.5

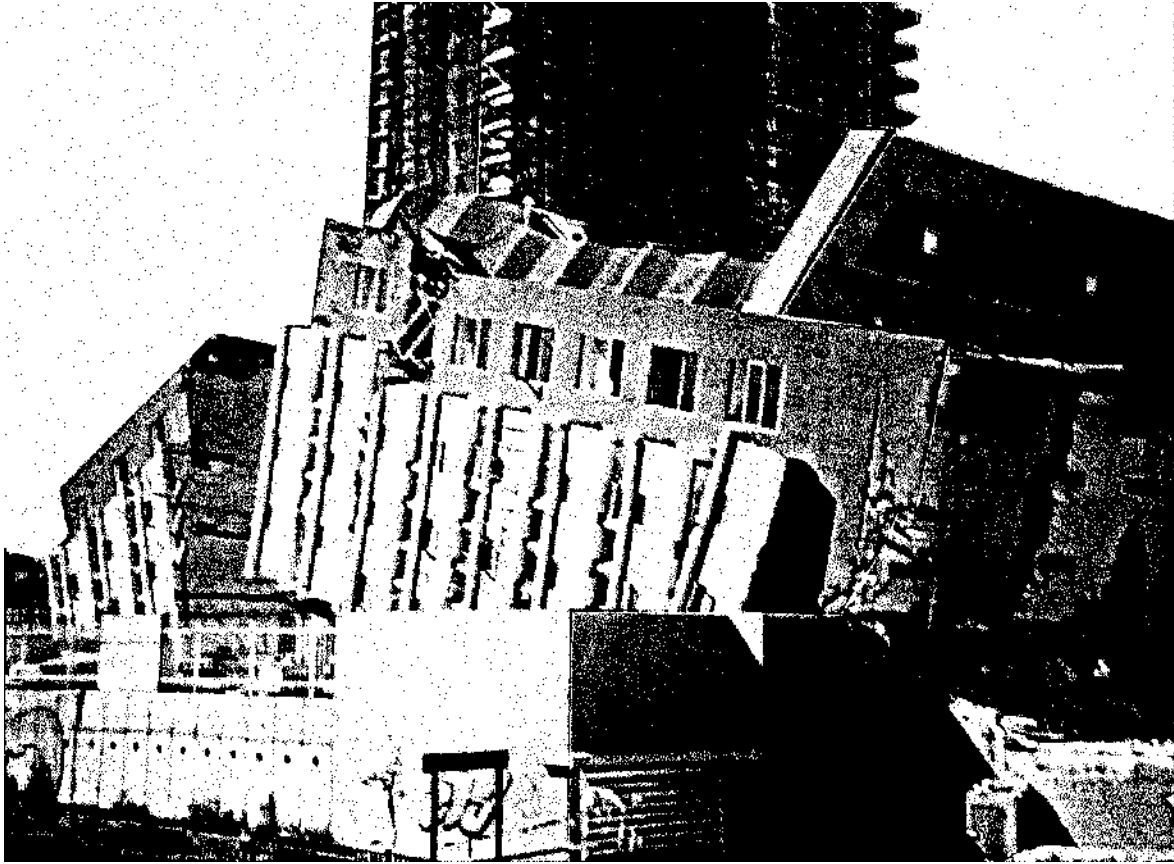
ТИП КОНСТРУКЦІЇ	МІСЦЕ ЗЕМЛЕТРУСУ	СТУПІНЬ ПОШКОДЖЕНЬ				
		1	2	3	4	5
Проста кам'яна кладка	Грізон, Швейцарія 1991 р					
			X			



Тріщина в стіні достатньо протяжна, щоб класифікувати легке пошкодження зовнішньої несучої стіни Пошкодження має бути віднесене до 2-го ступеня

Рисунок Б.6

ТИП КОНСТРУКЦІЇ	МІСЦЕ ЗЕМЛЕТРУСУ	СТУПІНЬ ПОШКОДЖЕНЬ				
		1	2	3	4	5
Залізобетонна багатопверхова будівля	Чілі, 2010 р					
						X



Перекидання і дуже важке руйнування конструкцій залізобетонної будівлі, повний обвал. Пошкодження необхідно віднести до 5-го ступеня

Рисунок Б.7

ДОДАТОК В (довідковий)

ВПЛИВ ЗЕМЛЕТРУСІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ І ГРУНТ (за шкалою EMS-98)

Вплив землетрусів на ґрунт (сейсмологічні ефекти) включений у шкалу інтенсивності, зокрема в MSK, але на практиці достатньо важко використовувати позитивні якості. Ці ефекти складні і нерідко впливають на землетруси через природну стійкість схилів, рівень ґрунтових вод тощо і непомітні спостерігачу. Результатом є те, що більшість з цих ефектів можна розглядати в широкому діапазоні інтенсивностей.

Деякі загальні міркування щодо обмеженого використання, які можуть бути виконані з урахуванням таких ефектів, а також впливу води, тріщин у ґрунті, обвалів, каменепадів, представлені в цьому додатку.

Хоча відмінності в уразливості конструкцій можуть бути представлені достатньо ясно, більшість з них залежать від складних геоморфологічних і гідрологічних особливостей, які не можуть бути легко оцінені спостерігачем.

Так, наприклад, каменепади часто відбуваються без якого-небудь землетрусу взагалі, коли лицьові поверхні скель високочутливі до струсів, а також коли скелі дуже міцні, а їх обвалення може бути викликане тільки дуже сильним землетрусом. Такі явища не обов'язково постійні для якого-небудь конкретного місця; вони можуть залежати від стану ґрунтових вод або змінюватися за сезонними умовами. Слабка лицьова поверхня схилів чутливіша до руйнувань у вигляді обвалів ніж міцна порода. Проблема полягає в тому, що слабкі схили не мають оцінки уразливості, як це має місце для будівель. Крім того, у багатьох випадках сейсмологічні ефекти не можуть бути легко визначені кількісно за ступенями інтенсивності, як інші ефекти.

Дослідження просторового розподілу геотехнічних параметрів, таких, як вміст вологи в ґрунті, що мають вирішальне значення для визначення стійкості схилів, показали, що ці властивості часто характеризують моделі дробових

утворень (фрактальних кластерів). У результаті було відмічено, що розподіл обвалів є типовим кластерним угрупованням, навіть якщо землетруси не відбуваються, і що може бути помилково прийняте для оцінки розподілу відносної інтенсивності, що не має нічого спільного із землетрусом.

Тому, як правило, дію землетрусу на природні чинники слід використовувати з обережністю і у поєднанні з іншими ефектами. Дані, що складаються виключно з наслідків дії на природу, зазвичай, не повинні використовуватися для призначення інтенсивності. Вони можуть бути використані для підтвердження пропонованої інтенсивності на основі інших порівняльних діагностик. В оцінці інтенсивності на безлюдних територіях в кращому разі може бути призначений діапазон інтенсивностей.

Обережно слід брати до уваги локальні ефекти такого роду; вони можуть виникнути в сільській місцевості на значній відстані від найближчого міста, до якого вони можуть бути приписані помилково.

У шкалі EMS-98 сейсмологічні ефекти представлені у таблиці В.1. Для кожного ефекту використовуються три типи символів:

лінії – показують можливий діапазон спостережень;

кухлі (порожні або заповнені) – показують діапазон інтенсивностей, типовий для цих ефектів;

кухлі (заповнені) – показують діапазон інтенсивностей, для яких цей ефект найкраще може застосовуватися як діагностичний засіб.

Ці лінії переходять в стрілки, щоб показати потенціал для екстремальних спостережень навіть за межами, відміченими при різних геологічних параметрах, або при особливій уразливості. Для деяких ефектів на схемі показано, де є недостатній досвід для висновку. Для більшості цих ефектів серйозність спостереження збільшується із збільшенням інтенсивності. Таким чином, для "ефектів зміни джерел" при інтенсивності V можна чекати невеликих змін джерел, тоді як при вищих інтенсивностях зміни можуть бути значнішими.

Необхідно бути уважним, особливо коли мова йде про порушення в

грунті, щоб фіксувати відмінності між геотехнічними спостереженнями, тобто порушеннями, викликаними струсами фунту, і неотектонічними процесами, викликаними безпосередньо скиданням тектонічного розлому.

Ефекти, перераховані в таблиці В.1, згруповані за чотирма категоріями: гідрологічні, руйнування схилів, горизонтальні процеси в ґрунті і конвергентні процеси (складні випадки). Ця остання група охоплює події, коли більше ніж один тип процесу бере участь в створенні ефекту. У цьому випадку спостерігається ефект із накладенням різних подій. Необхідно відзначити, що обвали відносяться до ефектів, пов'язаних із руйнуванням схилів, як і наслідки конвергентних процесів. Деякі обвали виявляються безпосередньо як випадання шматків скель у результаті струсу, тоді як інші утворюються тільки у разі нестійкості схилу у поєднанні з основними гідрологічними умовами. Відмінності між цими процесами не такі прості; це свідчить про ті проблеми, які виникають при розгляді такого роду ефекту.

Таблиця В.1 – Зв'язок сейсмологічних ефектів з інтенсивністю в балах

Типи ефектів	Інтенсивність, бали											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Гідрологічні ефекти												
Рівень колодезної води:												
– незначні зміни ¹⁾	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
– істотні зміни ²⁾						●	●	●	●	●	●	●
Довгоперіодні хвилі у стоячій воді³⁾	—→											
Хвилі в стоячій воді від локальних струсів						●	●	●	●	●	●	●
Поява каламутної води в озері ⁴⁾	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
Порушення джерел ⁵⁾				○	○	○	○	○	○	○	○	○
Припинення і поява джерел						●	●	●	●	●	●	●
Викид води з озер											←	←
Ефекти руйнування схилів												
Рух кам'янистого осипу					←	←	←	←	←	←	←	←
Невеликі обвали ⁶⁾				●	●	●	●	●	●	●	●	●
Помірні каменепади ⁷⁾				←	←	←	←	←	←	←	←	←
Обвали, масивні каменепади						●	●	●	●	●	●	●
Ефекти на рівній місцевості⁸⁾												
Помірні тріщини в ґрунті				←	←	←	←	←	←	←	←	←
Великі щілини в ґрунті								●	●	●	●	●
Конвергентні процеси / складні випадки												
Обвали (гідрологічні) ⁹⁾				●	●	●	●	●	●	●	●	●
Розрідження ґрунту ¹⁰⁾							←	←	←	←	←	←
<p>●—● найбільш придатний діапазон інтенсивностей; ○ інтенсивність типова для даного ефекту; —..... можливий діапазон спостережень; —→ потенціал для крайніх значень спостережень за межами даних обмежень</p> <p>1) Виявлення тільки за допомогою автоматичних інструментів. 2) Легко спостережувані зміни. 3) Отримані в результаті видалених землетрусів; можливо, з хвилиною, що викликає помутніння води. 4) При збудженні донних відкладень. 5) Зміна рівня або помутніння джерела води. 6) У сипких матеріалах на природних (річкові наноси тощо) або техногенних (профіль дороги) ділянках. 7) Помірні каменепади на природних (прямовисні скелі) або техногенних (кам'янисті осипи, кар'єри) ділянках. 8) Ці дві категорії роблять нечіткими одна одну. Попередження не стосується порушень ґрунту з утворенням щілин, викликаних струсами. 9) Обвали з переважанням гідрологічних причин. 10) Розрідження ґрунту (наприклад, піщані кратери, формування горбів тощо).</p>												

ДОДАТОК Г

(довідковий)

КЛАСИФІКАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ТА ЇХ КОНСТРУКТИВНИХ ПОШКОДЖЕНЬ

1. Дорожньо-транспортні споруди

За функціональними ознаками транспортні споруди поділяються на два основних типи (групи): тип "А" – транспортні споруди (мости, тунелі, галереї, підпірні стіни, водопропускні труби тощо); тип "Б" – автомобільні дороги і залізниці (земляне полотно, верхня будова колії залізниць, проїжджа частина автомобільних і міських шляхів).

Таблиця Г.1 – Пошкодження дорожньо-транспортних споруд

Ступінь пошкодження d	Опис пошкоджень транспортних споруд	
	Споруди типу "А"	Споруди типу "Б"
Перший d ₁	Тріщини з шириною розкриття більше 0,3 мм і локальні відколи захисного шару бетону в стояках та ригелях опор автодорожніх шляхопроводів. Пошкодження шафових стінок стояків, різновисоких підферменників, торців прогонових балок, залізобетонних блоків огорожі проїжджої частини над деформаційними швами. Невеликі тріщини в кам'яних опорах мостів і в низових підпірних стінах з кам'яної кладки на розчині. Зсув із проектного положення і випадіння з кладки огорожувальних стін окремих каменів на ділянках осипів і каменепадів	Тріщини в твердому покритті проїжджої частини автомобільних шляхів, на узбіччях і укосах земляного полотна. На гірських ділянках шляхів осипи і каменепади, які повністю заповнюють ємності захисних споруд. Надходження піску, жорстви, щебеню та великих уламків скельної породи з прилеглих схилів і укосів виїмок на залізничні колії і на проїжджу частину автомобільних шляхів

Продовження таблиці Г.1

Ступінь пошкодження d	Опис пошкоджень транспортних споруд	
	Споруди типу "А"	Споруди типу "Б"
Другий d ₂	<p>Тріщини і розриви в кладці кам'яних і бетонних опор, небезпечні для експлуатації мостів під розрахунковим навантаженням. Осідання мостових опор, що викликають появу в поздовжньому профілі додаткових кутів перелому, які перевищують для залізничних мостів 1 ‰, для автодорожніх та міських мостів 2 ‰. Нахили опор мостів і опор контактної мережі, недопустимі для їх нормальної експлуатації. Поворот у плані нерозрізних прогонів. Зсув стояків мостів у бік русла, яке пересікається водотоками, що викликає закриття температурних швів. Угин котків і нахил валків рухомих опорних частин. Зріз обмежувачів поздовжніх переміщень у тангенціальних нерухомих і болтів кріплення в балансирних опорних частинах. Розкриття деформаційних швів між секціями труб під насипами з надходженням ґрунту насипу всередину труби. На обвальних косогорах проломи в кладці підпірних стін із каменів на розчині</p>	<p>Осідання насипів на підходах до мостів і над водопропускними трубами, які перешкоджають руху транспортних засобів. Осідання ґрунту в смузі відводу шляхів на ділянках, складених слабкими відкладеннями. Розриви в твердому покритті проїжджої частини автомобільних шляхів. Втрати стійкості укосів насипів і виїмок. На гірських ділянках шляхів падіння окремих кам'яних брил зі схилів і невеликі обвали об'ємом до декількох сотень м³</p>

Продовження таблиці Г.1

Ступінь пошкодження d	Опис пошкоджень транспортних споруд	
	Споруди типу "А"	Споруди типу "Б"
Третій d ₃	<p>Руйнування мостових опор із бутової кладки. Розриви в бетонних конструкціях. Падіння залізобетонних плит з опор. Відрив від передніх стінок стояків зворотних стінок (крил). Перекидання збірних залізобетонних конструкцій на будівельних майданчиках і при складанні мостів. Виражені пластичні деформації металевих опор контактної мережі. Перекидання трансформаторів і руйнування іншого обладнання на майданчиках тягових підстанцій. Часткове руйнування пасажирських платформ. Обрив проводів контактної мережі. Тріщини в порталах гірських тунелів і галерей</p>	<p>Викривлення залізничних рейок на рівних ділянках місцевості. Розриви в земляному полотні і в твердому покритті проїжджої частини автомобільних шляхів. Осадка конусів насипів на підходах до мостів з пониженням позначки проїжджої частини до 50 см. На гірських ділянках залізниць і автомобільних шляхів численні зсуви і обвали загальним об'ємом до кількох тисяч м³. Руйнування невеликих за протяжністю ділянок шляхів, влаштованих на слабких водонасичених основах, через розрідження ґрунту, утворення зсувів і грязьових потоків</p>
Четвертий d ₄	<p>Зрушення і обвалення надфундаментних частин кам'яних і бетонних опор. Руйнування сталевих опорних частин і зчпних антисейсмічних пристроїв. Втрата стійкості вітрових зв'язків мостових ферм. Зміщення по оголовках опор і падіння на ґрунт балкових розрізних прогонів. Зміщення з опорних майданчиків і обвалення прогонів мостів рамно-консольної системи. Перекидання багатопрогонових віадуків і естакад. Підкидання розрізних прогонів з руйнуванням опорних ділянок ребристих залізобетонних головних балок.</p>	<p>Глибокі розриви в насипах, спрямовані вздовж осі дороги з шириною розкриття країв розриву в рівні проїжджої частини до 1,0 м і більше. Осадка конусів насипів на підходах до мостів з амплітудою відносного зміщення проїжджої частини по вертикалі до 1,0 м і більше. Скидання рейково-шпальної решітки з основної площадки земляного полотна на схилах. На гірських ділянках шляхів великі обвали. Повне руйнування зсувами транспортної інфраструктури на окремих ділянках шляхів</p>

Кінець таблиці Г.1

Ступінь пошкодження d	Опис пошкоджень транспортних споруд	
	Споруди типу "А"	Споруди типу "Б"
Четвертий d ₄	Переломлення в прольоті сталезалізобетонних балок. Руйнування залізобетонних стовпчастих і рамних опор шляхопроводів, віадуків і естакад. На припортальних ділянках і поблизу оновлених тектонічних розломів руйнування тунелів. Перекидання бетонних і залізобетонних підпирних стін, руйнування їх конструкцій зсувами	
П'ятий d ₅	Руйнування мостів сельовими потоками. Заповнення тунелів і галерей сельовими масами. Руйнування мостів при заході цунамі в русла річок	Руйнування земляного полотна сельовими і грязьовими потоками. Руйнування шляхів морськими хвилями при тектонічному опусканні місцевості нижче рівня моря. Затоплення окремих ділянок шляхів при утворенні гірських озер внаслідок сейсмообвалів, зсувів, лавин і інших катастрофічних схилових процесів

Таблиця Г.2 – Пошкодження транспортних споруд при землетрусі

Інтенсивність землетрусу I, бали	Ступені пошкоджень доріг d	Транспортно-експлуатаційний стан шляхів після землетрусів
VII	d ₀ -d ₁ -d ₂	На дорогах виникають пошкодження ступеня d ₁ , що створюють перешкоди для руху транспортних засобів зі встановленою для нормальних умов експлуатації швидкістю. Виниклі пошкодження усуваються при виконанні поточного ремонту шляхів. При пошкодженнях підвищеного ступеня d ₂ необхідні заходи з середнього ремонту земляного полотна і покриття проїжджої частини, короткочасного посилення штучних споруд

Продовження таблиці Г.2

Інтенсивність землетрусу I, бали	Ступені пошкоджень доріг d	Транспортно-експлуатаційний стан шляхів після землетрусів
VIII	d ₁ -d ₂ -d ₃	На дорогах з'являються бар'єрні місця, які перешкоджають руху транспорту (ступінь пошкоджень d ₂). Для огляду споруд, розчищення проїжджої частини від каменів і брил, відновлення профілю верхньої будови шляху, усунення небезпечних для рухомих автомобілів розривів у твердому покритті шляхів, короткочасного посилення пошкоджених штучних споруд потрібно нетривале закриття руху на пошкодженій ділянці дороги. При нетипових пошкодженнях ступеня d ₃ земляного полотна, твердого покриття автомобільних шляхів і верхньої будови колії залізниці тривалість ремонтно-відновлювальних робіт збільшується до декількох діб
IX	d ₂ -d ₃ -d ₄	Пошкодження шляхів третього ступеня d ₃ викликають припинення руху транспортних засобів. Можливі аварії потягів та автомобілів. На першому етапі відновлювальних робіт розбираються завали шляху, демонтується колія залізниці на окремих ділянках, укладається новий баласт і виконуються інші роботи з капітального ремонту споруд. Відновлювальні роботи на залізницях і автомобільних дорогах республіканського значення плануються і контролюються державними органами. Першочергові роботи з завданням відновлення руху на дорогах виконуються протягом декількох діб із залученням спеціалізованих будівельних організацій. При пошкодженнях підвищеного ступеня d ₄ одночасно земляного полотна, штучних споруд і будівель транспортного призначення ремонтно-відновлювальні роботи в повному обсязі можуть бути завершені протягом декількох тижнів

Кінець таблиці Г.2

Інтенсивність землетрусу I, бали	Ступені пошкоджень доріг d	Транспортно-експлуатаційний стан шляхів після землетрусів
X	d ₃ -d ₄ -d ₅	Пошкодження шляхів четвертого ступеня d ₄ охоплюють всі складові транспортної інфраструктури, включаючи рухомий склад. Аварії рухомого складу і руйнування вокзалів можуть супроводжуватися травмами і загибеллю багатьох людей. Відновлення дорожньої мережі триває протягом декількох тижнів. При пошкодженнях п'ятого ступеня відновлення шляхів на попередньому місці технічно неможливе або економічно недоцільне. Для відновлення роботи дорожньої мережі з п'ятим ступенем пошкоджень необхідні вишукування транспортного коридору з менш небезпечними природними умовами і перевлаштування шляхів на обході повністю зруйнованих ділянок
<p>Примітка. Застосовувати в якості індикаторів сили землетрусів відомості про пошкодження шляхів сейсмогравітаційними впливами (сейсмозсувами, сейсмообвалами тощо), що виходять на земну поверхню тектонічними розривами, а також цунамі слід з обережністю, зіставляючи ці оцінки з ушкодженнями будівель і транспортних споруд сейсмічними хвилями в ґрунті і свідченнями інших індикаторів сили землетрусів.</p>		

ДОДАТОК Д
(довідковий)

ГРАФІЧНІ СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ БАЛЬНІСТЮ ТА
ПРИСКОРЕННЯМ КОЛИВАНЬ ҐРУНТУ ПРИ ЗЕМЛЕТРУСАХ [9]

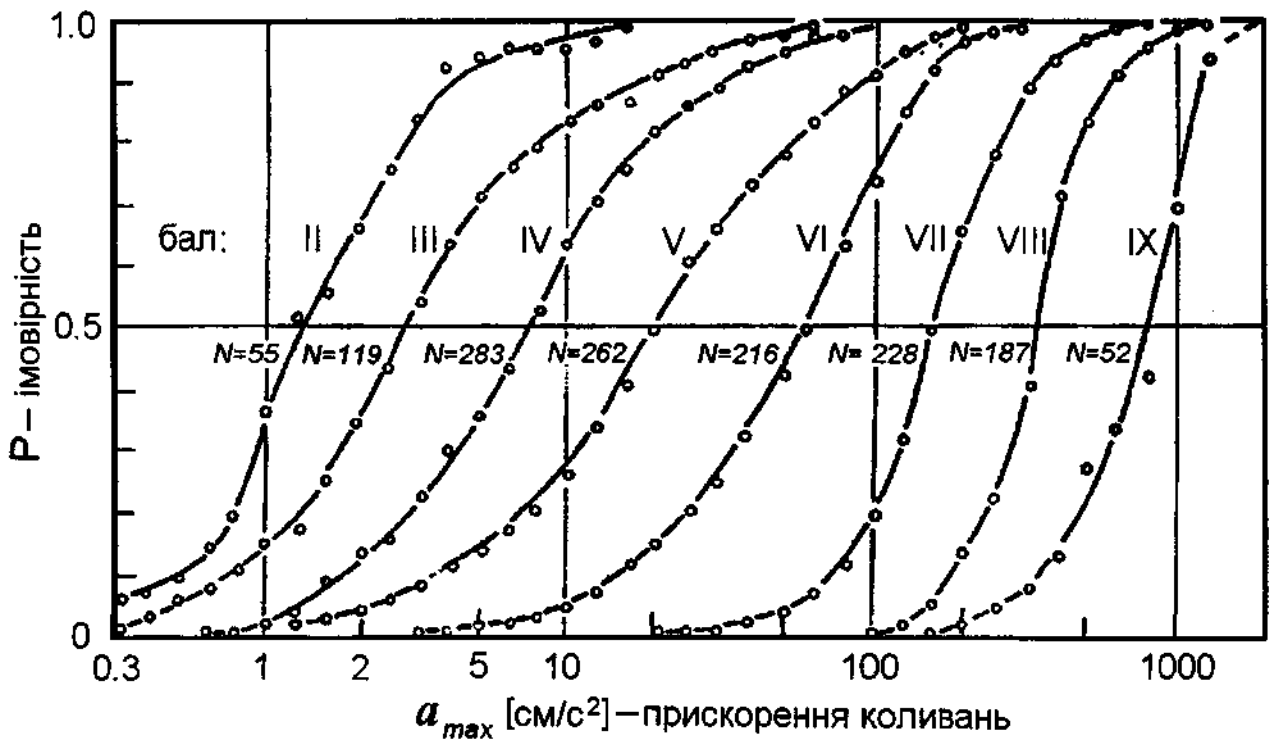


Рисунок Д.1 – Співвідношення (статистичне) між бальністю та прискоренням коливань ґрунту при землетрусах (N-кількість проаналізованих землетрусів)

ДОДАТОК Е

(довідковий)

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ІНТЕНСИВНОСТІ ЗЕМЛЕТРУСІВ ЗА РЕАКЦІЄЮ ЛЮДЕЙ І ПРЕДМЕТІВ [9, 10]

Люди

При оцінці інтенсивності враховується тільки ступінь реакції людей, що перебувають на першому або цокольному поверхах будівель.

Класифікація

Тип Л1 (чутливий) – люди в приміщенні в спокійному стані (що сидять, лежать, стоять, не зайняті фізичною працею).

Тип Л2 (нормальний) – люди в приміщенні, зайняті фізичною працею; сплячі; поза приміщенням у спокійному стані.

Тип Л3 (активний) – люди поза приміщенням, що йдуть або зайняті фізичною працею.

Тип Л4 – люди в рухомому транспорті.

Ступінь реакції s_i

0– відсутність реакції: людина не відчуває, не помічає, не реагує.

1– слабе відчуття: людина відчуває легко, відчуває легке здивування, не міняє поведінки; сплячі прокидаються спокійно, не розуміючи причини.

2 – помітні відчуття: людина відчуває досить сильно, звертає увагу, може оцінити напрям, фази і тривалість коливань; сплячі прокидаються з відчуттям, що їх розбудили.

3– переляк: людина лякається, але може оцінити напрям, тривалість і окремі фази коливань; хоче покинути приміщення, іноді виходить з приміщення; іноді втрачає рівновагу.

4– сильний переляк: людина сильно лякається, виходить або вибігає з приміщення; насилу утримується на ногах.

5– паніка: людина кричить, втрачає рівновагу, вистрибує з вікна.

6– сильна паніка: людина не може стояти без опори, погано реагує на оточення.

7– відключення: людина впадає в заціпеніння, втрачає свідомість.

Предмети побуту

Класифікація

Тип П1 – предмети, що вільно висять: лампи, люстри, легкі завіски тощо.

Тип П2- нестійкі рухомі (незакріплені) предмети: іграшки, флакони, сувеніри, високий нестійкий посуд тощо.

Тип П3 – стійкі рухомі предмети: посуд, пляшки, книги на полицях, горщики з квітами, легкі меблі (телевізори на ніжках, стільці, легкі етажерки, шафи, столики) тощо.

Тип П4 – важкі рухомі предмети: телевізори на столах, холодильники, важкі меблі (масивні столи, шафи, комоди, стелажі) та інше.

Тип П5 – малорухливі предмети: стінки, сейфи, масивні заповнені книжкові шафи та інше.

Ступінь реакції r_i

0– відсутність реакції: предмет не реагує.

1– слабка реакція: предмети трохи погойдуються.

2 – сильна реакція: предмети помітно зміщуються, розгортаються, перекидаються, падають.

Оцінка середнього ступеня реакції

За наявності даних по декількох об'єктах середній ступінь реакції r обчислюється за формулою (n_i – число об'єктів із ступенем s_i реакції):

$$r = (\sum n_i s_i) / (\sum n_i);$$

помилка оцінки середнього ступеня реакції i при цьому обчислюється за формулою:

$$\delta_i = \pm \left[\left(\sum n_i s_i^2 - r^2 \sum n_i \right) / \sum n_i \sum (n_i - 1) \right]^{0.5}.$$

За наявності даних по одиничному об'єкту за середнє значення r береться:

$$r = s_i - 0,5;$$

помилки середніх значень при цьому: $\delta_i = \pm 1,5$

Макросейсмічні ознаки

Один бал – невідчутний землетрус

Реакція людей: $r_{Л1} = 0.0$;

Реакція предметів: $r_{П1} = 0.0$.

Два бали – ледве помітний землетрус

Реакція людей: $r_{Л1} = 0.0-0.1$;

Реакція предметів: $r_{П1} = 0.0-0.1$.

Три бали – слабкий землетрус

Реакція людей: $r_{Л1} = 0.2-0.5$; $r_{Л2} = 0.0-0.2$;

Реакція предметів: $r_{П1} = 0.2-0.4$; $r_{П2} = 0.0-0.1$.

Чотири бали – загальнопомітний землетрус

Реакція людей: $r_{Л1} = 0.6-1.6$; $r_{Л2} = 0.3-0.8$; $r_{Л3} = 0.0-0.1$;

Реакція предметів: $r_{П1} = 0.6-1.4$; $r_{П2} = 0.2-0.4$; $r_{П3} = 0.0-0.1$.

П'ять балів – сильний землетрус

Реакція людей: $r_{Л1} = 1.7-2.9$; $r_{Л2} = 0.9-2.1$; $r_{Л3} = 0.2-1.1$; $r_{Л4} = 0.0-0.1$;

Реакція предметів: $r_{П1} = 1.5-2.0$; $r_{П2} = 0.5-1.5$; $r_{П3} = 0.2-0.4$.

Шість балів – легко ушкоджувальний землетрус

Реакція людей: $r_{Л1} = 3.0-4.1$; $r_{Л2} = 2.2-3.7$; $r_{Л3} = 1.2-2.7$; $r_{Л4} = 0.2-1.2$;

Реакція предметів: $r_{П2} = 1.6-2.0$; $r_{П3} = 0.5-1.5$; $r_{П4} = 0.0-0.4$.

ДОДАТОК Ж
(довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

1. ГОСТ 6249-52. Шкала для определения силы землетрясения в пределах от 6 до 9 баллов. – MSK-64 – М.: Госстандарт СССР, 1952 (Держстандарт 6249-52. Шкала для визначення сили землетрусу в межах від 6 до 9 балів – MSK-64 – М.: Держстандарт СРСР, 1952).
2. European macroseismic scale EMS-98. – Luxemburg: 1998. – 77 p. (Європейська макросейсмічна шкала EMS-98. – Люксембург: 1998. – 77 с.).
3. Аптикаев Ф.Ф., Мокрушина Н.Г., Эртелева О.О. Категория сейсмических шкал семейства Меркали // Вулканология и сейсмология. – 2008, № 3. – с.74-78 (Аптікаєв Ф.Ф., Мокрушина Н.Г., Ертелева О.О. Категорія сейсмічних шкал сімейства Меркалі // Вулканологія і сейсмологія. – 2008, № 3. – с.74-78).
4. Шкала и система измерения сейсмической интенсивности в баллах. – Проект, одобренный Бюро Межведомственного совета по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (МСССС) при Президиуме АН СССР 16 ноября 1973 г., – М.: 1973. – 4 с. (Шкала і система вимірювання сейсмічної інтенсивності в балах. – Проект, схвалений Бюро Міжвідомчої ради з сейсмології і сейсмостійкого будівництва (МРССС) при Президії АН СРСР 16 листопада 1973 р. – М.: 1973. – 4 с.).
5. Методические рекомендации по инженерному анализу последствий землетрясений. – М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 1981 – 75 с. (Методичні рекомендації з інженерного аналізу наслідків землетрусів. – М.: ЦНИИСК ім. В.А. Кучеренко, 1981 – 75 с.).
6. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. В двух частях. – Киев: 2008. – 480 с. (Немчинов Ю.І. Сейсмостійкість будівель і споруд. В двох частинах. – Київ: 2008. – 480 с.).
7. Айзенберг Я.М. Шкала сейсмической интенсивности. Анализ и

предложения по улучшению // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2005 г. № 3, с. 34-39 (Айзенберг Я.М. Шкала сейсмічної інтенсивності. Аналіз та пропозиції з поліпшення // Сейсмостійке будівництво. Безпека споруд. 2005 г. № 3, с. 34-39).

8. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию / Отв. ред. О.В. Павлов – М: Наука, 1988 (Оцінка впливу ґрунтових умов на сейсмічну небезпеку. Методичне керівництво з сейсмічного микрорайонування / Від. ред. О.В. Павлов – М: Наука, 1988).
9. Шебалин Н.В., Аптикаев Ф.Ф. Шкала интенсивности землетрясений ММСК-92 (проект) // Вычислительная сейсмология. – 2003, вып. 34. – с. 219-253 (Шебалін М.В., Аптікаєв Ф.Ф. Шкала інтенсивності землетрусів ММСК-92 (проект) // Обчислювальна сейсмологія. – 2003, вип. 34. – с. 219-253)
10. EN 1998-1:2004. Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. – European committee on standardization. – Brussels, 2004. – 215 p. (EN 1998-1:2004. Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій – частина 1: Загальні правила, сейсмічні дії і правила для будівель. – Європейський комітет із стандартизації. – Брюссель, 2004. – 215 с.).

Код УКНД 91.080

Ключові слова: шкала сейсмічна, інтенсивність макросейсмічна і інструментальна, класи уразливості будівель, ступені пошкоджень, проектна сейсмостійкість