

УДК 620.193

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ, ЗА ЗАПАСАМИ СТІЙКОСТІ ДО ТЕХНОГЕННИХ ДІЙ

Викладена методика розрахунку запасів стійкості будівельних конструкцій будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації, до техногенних дій природного та технологічного характеру та методика визначення залишкового ресурсу будівель і споруд за зміною в часі коефіцієнтів стійкості конструкцій до техногенних дій за визначеними параметрами.

The document includes a method proposed for calculating the durability margin for structures in buildings and facilities in service and estimating their strength against any impacts of natural and technological nature as well as methods of determining the residual life of buildings and structures over time, durability factors of structures to man-made impacts under certain parameters.

Ключові слова: ресурс, техногенні дії, розрахункові ситуації.

Під час будівництва та експлуатації будівель і споруд в елементах конструкцій і вузлах їх з'єднання можуть утворюватися і накопичуватися дефекти та пошкодження, відбуватися старіння та корозія матеріалів, реологічні зміни основи. Це призводить до зменшення стійкості конструкцій до навантажень, тим паче до техногенних дій.

При обґрунтуванні залишкового або пере-призначеного ресурсу споруди необхідно визначити як змінюється в часі стійкість споруди до техногенних природних та технологічних дій, з урахуванням змін навантажень, впливів, технічного стану конструкцій і основ.

Сполучення впливів у розрахунках на техногенні дії будівель і споруд, що експлуатуються. Для будівель і споруд класу наслідків СС3 при розрахунках за першою групою критичних станів рекомендовано розглядати наступні розрахункові ситуації:

ПА + ПД; НУЕ + МРД.

Для другої групи критичних станів
НУЕ + ПД,

де НУЕ – нормальні умови експлуатації; ПД – проектна техногенна дія природного характеру, яка може призвести до часткової або повної втрати експлуатаційних якостей будівлі, споруди або основи; ПА – проектна аварія технологічного характеру, яка може призвести до часткової або повної втрати експлуатаційних якостей будівлі, споруди або основи; МРД – максимальна розрахункова техногенна дія природного характеру, яка може призвести до глобального руйнування основи, будівлі, споруди або її частини, або яка створює загрозу безпеці людей.

Для будівель і споруд класу наслідків СС2 для першої і другої груп критичних станів наступні розрахункові ситуації:

НУЕ + ПД; ПА + ПД.

Будівлі та споруди, що тривалий час експлуатуються, можуть мати нерівномірні дефор-



П.Т. Матченко

молодший науковий співробітник
Державного науково-технічного
центру з ядерної та радіаційної
безпеки України

мації основи і фундаментів, які необхідно враховувати в розрахунках як вимушені переміщення фундаментів. Позначимо вимушені переміщення основи символом ПО. Також може мати місце релаксація зусиль у попередньо напружених елементах конструкцій, наприклад зменшення зусиль в армоканатах, у високоміцних болтах фрикційних з'єднань тощо. Позначимо їх символом Р. До порушень нормальних умов експлуатації (ПНУЕ) можна віднести: складування матеріалів у непередбачених проектом місцях; роботу кранів під час техногенних дій; накопичення пилу на дахах і будівельних конструкціях та інші. Навантаження, які є причиною ПНУЕ, слід враховувати при визначенні розрахункових ситуацій.

Таким чином, для будівель і споруд класів наслідків СС3, що експлуатуються, розрахунок за першою групою критичних станів на техногенні дії необхідно виконувати для наступних розрахункових ситуацій:

ПА + ПО + Р + ПД; НУЕ + ПО + Р + МРД;
ПНУЕ + ПО + Р + МРД.

Для другої групи критичних станів
НУЕ + ПО + Р + ПД; ПНУЕ + ПО + Р + ПД.

Для будівель і споруд класу наслідків СС2, що експлуатуються, розрахунок за першою групою і другою групами критичних станів на техногенні дії необхідно виконувати для наступних розрахункових ситуацій:

НУЕ + ПО + Р + ПД; ПА + ПО + Р + ПД;
ПНУЕ + ПО + Р + ПД.

Основні параметри, що описують дії техногенного природного (ПД і МРД) і технологічно-

го (ПА) походження, приведені в таблицях 1 та 2 відповідно.

Таблиця 1

Основні параметри, що описують процеси, явища і фактори техногенного природного походження (ПД і МРД)

| Процеси, явища, фактори | Параметри (F), які закладаються в проектні основи за їх інтенсивністю |
|---|---|
| Затоплення | Максимальна витрата і рівень води. Гідрографи дощових паводків і весняної повені. Імовірність утворення |
| Цунамі | Позначка затоплення території та максимального відкоту хвилі цунамі. Висота та швидкість хвилі. Час затоплення. Імовірність утворення |
| Льодові явища на водотоках (зажори та затори) | Товщина льоду. Розміри окремих крижин. Швидкість руху льоду. Кут підходу льоду до берега. Ширина, протяжність та частота утворення зажорів і заторів. Швидкість наступу льодових фаз. Імовірність утворення |
| Режими прибережної зони моря (згони, нагони, штормові хвилювання) | Висота хвилі. Період хвилювання. Рівень води. Імовірність утворення |
| Сейши | Максимальна позначка коливання рівня води водоймища. Імовірність утворення |
| Припливи та відливи | Екстремальні рівні приливно-відливних коливань. Імовірність утворення |
| Зміна водних ресурсів (екстремально низький стік, аномальне зниження рівня води) | Мінімальний стік. Мінімальний рівень води. Імовірність утворення |
| Смерчі (торнадо) | Розрахунковий клас інтенсивності смерчу за шкалою Фуджіти. Довжина та ширина шляху (траси) руху. Максимальна горизонтальна швидкість обертання стінки смерчу. Покрокова швидкість руху смерчу. Перепади тиску між центром і периферією воронки обертання. Швидкість спаду тиску. Швидкість винесення води із технологічного водосховища. Імовірність утворення |
| Вітер | Максимальна швидкість вітру за напрямками щомісяця протягом ресурсу споруди. Час дії вітру кожної швидкості за напрямками протягом року |
| Тропічні циклони | Максимальна швидкість вітру. Добовий максимум опадів. Імовірність утворення |
| Опади | Товщина шару опадів |
| Екстремальні снігопади та снігозаноси | Товщина снігового покриву. Тривалість періоду зі сніговим покривом. Імовірність утворення |
| Температура повітря | Максимальна і мінімальна температура щомісяця протягом ресурсу споруди. Імовірність утворення екстремальних температур |
| Лавина снігова | Об'єм і швидкість руху лавини. Щільність і товщина відкладення лавини. Сила удару лавини і повітряної хвилі. Імовірність утворення |
| Ожеледь | Товщина стінки льоду. Імовірність утворення |
| Удар блискавки | Середня і найбільша кількість діб з грозою протягом року. Напруженість атмосферного електричного поля. Максимальна енергія блискавки. Імовірність утворення блискавки з максимальною енергією |
| Сучасні диференційовані рухи земної кори, у т.ч. тектонічний крип, залишкові сейсмо-деформації земної кори | Розташування тектонічно активних розломів, регіональних та інших розривів. Довжина і ширина цих розломів і розривів. Структура тектонічно активних розломів, їх підрипних зон і підзон. Швидкість підняття і опускання тектонічних блоків і клинів. Швидкість тектонічних крипів у різному режимі руху (стабільному, змінному, до і після землетрусу). Зміщення (підняття та опускання, зсуви, нахили) тектонічних блоків, клинів. Крипи протягом геологічного та іншого інтервалу часу. Градієнти нерівномірних рухів, віднесені до часу. Вік і амплітуда зміщення молодих тектонічних крипів і характер їх прояву в рельєфі. Імовірність утворення |
| Розриви, сеймотектонічні зміщення, сейсмодислокації, сеймотектонічні підняття, опускання блоків земної кори | На території з високою (≥ 8 балів) сейсмічністю в радіусі 150–300 км від об'єкта будівлі або споруди: <ul style="list-style-type: none"> – розташування сейсмогенного приповерхневого розриву; тип розриву (зкид, зсув і т. ін.); – довжина розриву; – амплітуда зміщення по розриву (вертикальна і/або горизонтальна); – довжина крипового і сейсмогенного руху в амплітуді зміщень; – породи берегів (крип) розрива в зоні розриву; – розташування, довжина і ширина зони сейсмічно активного розлому, який включає в себе розрив, параметри руху (швидкість і амплітуда вертикального і горизонтального зміщення, нахилів) на берегах і в зоні розлому до і після сильного землетрусу; – параметри порушення ґрунту типу «відрив», рихлення ґрунту, викид каміння; – товщина сейсмогенного шару. <p>Для прогнозованих розривних сеймотектонічних зміщень ті самі параметри, що і для тектонічного крипу, а також геологічні критерії сейсмічності, які приведені в додатку до ПНАЕ Г-5-006-87. Імовірність утворення</p> |

| Процеси, явища, фактори | Параметри (F), які закладаються в проектні основи за їх інтенсивністю |
|--------------------------------|---|
| Землетруси будь-якого генезису | Для кожної зони можливих центрів осередків землетрусу в земному радіусі від об'єкта: <ul style="list-style-type: none"> – максимальна магнітуда; – ефективна глибина осередку; – сейсмічність в епіцентрі (в балах за шкалою MSK-64); – сейсмодислокації, сейсмогравітаційні процеси і явища, прориви напірних фронтів; – сейсмічність і наслідки небезпечних геологічних і гідрологічних явищ в місці розташування об'єкта; – параметри коливання ґрунту на поверхні і на рівні підшви фундаментів споруди (розрахункові або аналогові акселерограми і узагальнені спектри реакцій, частотні характеристики ґрунту і коефіцієнти динамічності, максимальні амплітуди прискорень, швидкості і переміщення горизонтальних і вертикальних складових коливань, відповідні до них періоди і кількість циклів) |
| Виверження вулкана | Активність вулкана (діючий, сплячий, погаслий). Характеристики небезпечних явищ, які супроводжують виверження вулкана. Імовірність утворення |
| Грязьовий вулканізм | Швидкість грязьового затоплення, збільшення площі затоплення протягом року. Швидкість підйому рівня грязі. Площа грязьового затоплення при визначеному рівні грязі. Температура грязі на площі затоплення і в місці фонтанування. Параметри газового забруднення повітря |
| Зсуви будь-якого генезису | Для активних зсувів, у т.ч. потенційно сейсмогравітаційних: <ul style="list-style-type: none"> – схема розташування і контури; – довжина за схилом і площа; – форма рельєфу схилу (конфігурація, висота, крутизна); – історія розвитку, генезис і вік схилу; – умови закладення в масиві схилу шарів і зон ослаблення (у т.ч. поверхонь зсуву) і фізико-механічні властивості порід (особливо міцність на зсув) за цими поверхнями і зонам; – тектонічна порушеність порід схилу з оцінкою впливу на активність зсуву; – оцінка впливу сучасних тектонічних рухів і сейсмічності на зсувові зміщення; – режим рівня і напору горизонтів підземних вод і умов їх розвантаження на схилі з оцінкою впливу підземних вод на активність зсуву; – ступені вивітрювання, ерозії, підмивання схилу, розмиву берегів з оцінкою впливу на розвиток зсувів; – механізм зміщення: ковзання, видавлювання, випливання, плинності, миттєве розрідження; – глибина захоплення схилу; – характер руху: безперервний, періодичний через тривалі і геологічні проміжки часу (в нових формах); – швидкість руху по схилу в різному режимі (стабільному, змінному, до і після землетрусу); – зміщення по схилу в різні інтервали часу; – тип, вологість і об'єм порід зсуву |
| Обвали та зсуви-обвали | Для обвалів небезпечних схилів: <ul style="list-style-type: none"> – схема розташування існуючих і очікуваних обвалів об'ємом більше 10 м³; – висота і крутизна обвальних схилів; – форма поверхні схилу; – ступінь вивітрювання порід схилу, наявність послаблених зон, шарів пластичних або суфозійно-нестійких порід, тектонічних порушень; – опір зсуву, об'ємна вага, вологість і модуль деформації порід у послаблених зонах і прошарках, у заповнювачах тріщин; – розміри і об'єм прогнозованого обвалу; – симптоми підготовки обвалу або зсуву-обвалу: вивали і падіння окремих глиб, розширення існуючих тріщин і поява нових, звуження тріщин зміщення, періодично повторюваний тріск, малі зрушення блоків породи |
| Селеві потоки (селі) | На мапі селевої небезпеки території в радіусі до 50 км від об'єкта: <ul style="list-style-type: none"> – кордони селевих басейнів; – гідрогеографічна мережа з характеристикою ухилів русел, зон формування, руху і акумуляції селевих потоків; – льодовики, морени, озера і водосховища гідротехнічних споруд, протиселеві споруди, інші об'єкти |

Продовження таблиці 1

| Процеси, явища, фактори | Параметри (F), які закладаються в проектні основи за їх інтенсивністю |
|---|---|
| Селеві потоки (селі) | <p>На мапі селевого басейну:</p> <ul style="list-style-type: none"> – селеві осередки і об'єм матеріалу в них; – еродованість рельєфу водозабору і ґрунтово-рослинний покрив; – селеві русла і місця можливих заторів, об'єм і активність обвалів, осипань, зсувів у зоні селевих русел; – об'єм, площа, глибина, довжина, ширина селевих відкладень у зоні акумуляції солей <p>На схемі можливого руху селей:</p> <ul style="list-style-type: none"> – максимальні швидкості, глибина, ширина і витрати; зони селевого затоплення (з катастрофічними руйнуваннями, з заносом селевими відкладаннями); – зони впливу селевого потоку; – зони можливого порушення стійкості схилів при підмиванні; – безпечні зони, шляхи евакуації; – контури проєктованих та існуючих споруд <p>У звіті відображають:</p> <ul style="list-style-type: none"> – генезис, умови виникнення, механізми формування, типи і частоту зходження селей; – максимальні об'єми одночасних виносів селевої маси і динамічні параметри селей; – фізико-механічні властивості ґрунтів у селевих осередках і в зоні відкладень |
| Лавини снігокам'яні або щебенево-глибові | <p>Для лавинонебезпечних гірських схилів:</p> <ul style="list-style-type: none"> – схема розташування лавиноскідів, їх морфологія, траси лавин; – висота, крутизна, форма поверхні, ступінь обвітрення; – довжина за схилом шляху розгону, глибина і форма перерізу (лотка), розташування уступів у лотку; – матеріал поверхні ковзання (порода, ґрунт, сніг); – максимальна відстань викиду і об'єм лавини, максимальні швидкості руху, висота і ширина фронту лавини в місці споруди; – ефективна щільність лавинного матеріалу; – максимальний тиск лавини на споруду (динамічний, статичний) <p>Для оцінки середнього ступеня лавинної небезпеки на майданчику або трасі:</p> <ul style="list-style-type: none"> – кількість осередків на 1 км² майданчика або на 1 км довжини дна долини; – частка лавинонебезпечної площі від сумарної; – відношення враженої лавинами довжини дна долини до усієї довжини на даній ділянці; – частка осередків лоткових лавин у загальній площі лавинонебезпечних схилів; – середня ширина зони викиду лоткових лавин |
| Розмиви берегів, схилів, русел | <p>Для волнової абразії берегів:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обсяг переробки на рік на одиницю довжини берега; – довжина зони активного розмиву; – переміщення лінії зрізу і бровки уступу на рік |
| | <p>Для ерозії схилів і русел:</p> <ul style="list-style-type: none"> – збільшення ступеня ерозійного розчленування, довжина і об'єм ярів, переміщення русла річки тощо за рік або інший період часу |
| Розмиви підземні, у т.ч. підземні прояви карсту | <p>Для територій з проявами на земній поверхні підземного розмиву (карсту, суфозії, вилуження):</p> <ul style="list-style-type: none"> – умови залягання порід, схильних до розмиву підземними водами; – гідрогеологічні умови розмиву; – кордони ділянок різного ступеня підземного розмиву <p>На мапі підземного розмиву ділянки віддзеркалюються:</p> <ul style="list-style-type: none"> – зони розщільнення і руйнування; – тріщини, розширені розчиненням, суфозією, вилуженням каверни; – канали, галереї, печери, інші пустоти та їх розміри; – порушення залягання порід внаслідок їх руху і обрушення над пустотами, зруйнованими і розщільненими зонами; – ступінь і склад заповнювача пустот; – тектонічно ослаблені зони; – інші прояви підземного розмиву. <p>Активність карсту характеризують відношенням об'єму розчиненої породи до об'єму елемента, що оцінюють, або всього масива в відсотках за 1000 років.</p> <p>Швидкість суфозії характеризують об'ємом мас, що виноситься суфозією за один рік. Імовірність утворення</p> |

| Процеси, явища, фактори | Параметри (F), які закладаються в проектні основи за їх інтенсивністю |
|---|---|
| Провали і осідання території, в т.ч. у разі підземного розмиву | Категорії стійкості території відносно провалів того або іншого генезису (карст, термокарст, суфозія, геотехнічні відпрацювання і відкачування води, нафти, газу) встановлюють за інтенсивністю провалотворень (за кількістю випадків провалу за рік на одиницю площини) і за середніми діаметрами провалів або середній ширині подовжених провалів. Від'ємні форми рельєфу (кори, понури, воронки, котловани, полії, долини, мульди осідання), їх окреслення і розміри в плані (площина, довжина, ширина). Для окремих типових форм середня і максимальна глибина і швидкість опускання земної поверхні. Імовірність утворення |
| Мерзлотно-геологічні (криогенні) процеси | Глибина, товщина, літологічний склад, фільтраційні властивості, температура, теплоємність і теплопровідність мерзлого і відталого масиву. Товщина шару, на якому розташовані будівлі та споруди. Кількість тепла, яку виділяє споруда в масив. Криогенні процеси і утворення (сільофлюкація, горби случування, морозобійні тріщиноутворення, термокарсти, полії), форми і розміри криогенних утворень (діаметр і висота горбів, глибина, довжина, ширина і площа термокарстових провалів і осідань, глибина розвитку термокарста, площа, об'єм, товщина полії, розміри морозобійних тріщин). Швидкість криогенних процесів (швидкість случування, накопичення полію, рух солефлюкацій, углублення провалів і осідань) |
| Деформації основ, споруд, які експлуатуються на специфічних ґрунтах | Основні параметри просідаючих ґрунтів: – модуль деформації, питоме зчеплення і кут внутрішнього тертя при природній вологості і в водонасиченому стані, ступінь їх змінності в плані і за глибиною; – тип ґрунтових умов за просіданням, товщина товщі, що просідає, і її шарів, їх зміна. Імовірність утворення |
| Прорив штучних і природних водосховищ | Висота та швидкість хвилі, час затоплення території. Імовірність утворення |
| Пожежі через зовнішні причини | Імовірність розповсюдження пожежі в напрямку об'єкта. Еквівалентна площа поверхні, враженої вогнем. Тепловий потік у центрі пожежі і його зміни в напрямку до об'єкта (тепловий потік обернено пропорційний відстані від пожежі). Відстань від об'єкта. Швидкість і напрямок вітру |

Таблиця 2

Основні параметри, що описують процеси, явища і фактори техногенного технологічного походження (ПА)

| Процеси, явища, фактори | Параметри, які закладаються в проектні основи |
|--|---|
| Падіння літального апарату або інших летючих предметів | Імовірність падіння літального апарату або інших летючих предметів різного класу на площину (A) протягом ресурсу об'єкта. Характеристика: жорсткісні характеристики тіл, що співударяються, маси тіл, маси палива, швидкість удару, кут співудару з конструкцією, напрям дії, площа співудару, точка прикладення удару |
| Пожежі через внутрішні причини | Імовірність виникнення пожежі. Еквівалентна площа поверхні враження вогнем. Тепловий потік у центрі пожежі |
| Вибухи на об'єктах | Імовірність утворення. Збитковий тиск у фронті повітряної ударної хвилі. Збитковий тиск у фронті підземної ударної хвилі. Тротиловий еквівалент. Відстань до об'єкта. Розрахункова концентрація токсодози біля об'єкта. Імовірність того, що вибухонебезпечна хмара буде дрейфувати в напрямку до об'єкта. Імовірність займання хмари. Потужність джерела запалювання |
| Корозійно-рідки викиди | Імовірність утворення. Початкова концентрація. Концентрація корозійних середовищ, які взаємодіють з системами об'єкта як функція часу і відстані. Тривалість дії. Корозія матеріалів та пошкодження систем за рік експлуатації і протягом залишкового ресурсу. Відстань від джерела та місця скиду до об'єкта. Ступінь агресивності ґрунту, ґрунтових вод та води в водоймах біля об'єкта по відношенню до будівельних матеріалів будівель і споруд |
| Біологічні зараження | Імовірність утворення. Концентрація і бактеріальний склад біологічно небезпечних речовин в ґрунті, ґрунтових водах та водоймах біля будівель і споруд. Ступінь їх агресивного впливу по відношенню до будівельних матеріалів та систем. Тривалість дії протягом ресурсу |
| Викид токсичної пари, газів, аерозолів і пилу в атмосферу | Імовірність утворення. Початкова концентрація в місці викиду. Дисперсія викидів в атмосферу. Концентрація від первинних джерел і вторинних ефектів враження, як функція часу з урахуванням нормального забирання і випускання повітря. Тривалість та періодичність дії протягом ресурсу. Ступінь агресивності газу або повітря по відношенню до будівельних матеріалів і систем |
| Електромагнітні імпульси випромінювання | Імовірність утворення. Напруженість електричного і магнітного поля в повітрі і в ґрунті. Тривалість та періодичність дії протягом ресурсу. Ступінь агресивності ґрунту по відношенню до будівельних матеріалів і систем |
| Розливи масла і нафти на прибережних поверхнях морів і океанів | Імовірність утворення. Площа плями, товщина шару. Хімічний склад. Відстань до об'єкта. Відстань від місця водозабору. Концентрація масел і нафти в місці водозабору об'єкта. Імовірність пожежі. Тепловий потік у осередку пожежі і його зміни в напрямку об'єкта |

Закінчення таблиці 2

| Процеси, явища, фактори | Параметри, які закладаються в проектні основи |
|--|---|
| Блукаючий електричний струм в ґрунті | Імовірність утворення. Напруженість і сила струму в ґрунті, електричний опір ґрунту. Агресивність ґрунту по відношенню до будівельних матеріалів і систем |
| Відмова електричного постачання | Імовірність утворення |
| Затоплення приміщень | Імовірність утворення |
| Відмова систем забору тепла | Імовірність утворення |
| Розрив трубопроводів гострого пару, газу, води | Імовірність утворення. Підвищення температури, підвищення тиску, пожежі, затоплення приміщень |

Для врахування впливу (ПО) від нерівномірного осідання основи на деформований стан споруди доцільно розрахунок виконувати в наступній послідовності.

1. Виконується розрахунок системи «основа–споруда», що знаходиться в проектному положенні, на дію сполучення силових навантажень для визначення переміщень за нормальних умов експлуатації.

2. Визначається деформований стан споруди, тобто нові координати контрольованих точок, які розташовані на всіх зовнішніх поверхнях споруди та її гранях.

3. Шляхом інструментальних геодезичних обстежень споруди, що експлуатується, визначається її деформований стан у порівнянні з проектним станом. Якщо такі обстеження виконуються декілька разів у різні роки експлуатації, тоді шляхом екстраполяції визначається деформований стан для різних передбачуваних залишкових ресурсів споруди.

4. Знаходиться різниця в переміщеннях споруди, визначених у п. 3, з переміщеннями, які визначені від силових навантажень у п. 2. Це саме виконується для різних залишкових ресурсів споруди.

5. Різниця цих переміщень, як вимушених (або термічні навантаження, які викличуть такі переміщення), прикладається до контрольованих точок споруди в сполученні з силовими навантаженнями для визначення переміщень у нормальних умовах експлуатації і виконується новий розрахунок.

6. Якщо після розрахунків за п. 5 переміщення споруди такі, що дорівнюють переміщенням, визначеним у п. 3, з допустимою похибкою, то процес визначення «вимушені переміщення» закінчився. В іншому випадку в ітераційному процесі знаходиться робоча система, при якій похибка в переміщеннях допустима, і в подаль-

ших дослідженнях стійкості споруди за першою і другою групами критичних станів ці «вимушені переміщення» приймаються як завантаження від пошкодження «деформації основи» і умовно позначаються символом (ПО).

Визначення техногенних дій, які необхідно враховувати в перевірних розрахунках на стійкість до них конструкцій. У ДБН [1] приведені карти сейсмічної інтенсивності території України для ґрунтів, що відносяться до II категорії. Карта ЗСП-2004-А відповідає 10 %-й ймовірності перевищення нормативної сейсмічності для споруди з ресурсом 50 років і середнім періодом повторюваності такої інтенсивності 1 раз на 500 років. Карта ЗСП-2004-В відповідає 5 %-й ймовірності перевищення нормативної сейсмічної інтенсивності для споруд з ресурсом 50 років і середнім періодом повторюваності такої інтенсивності 1 раз на 1000 років. Карта ЗСП-2004-С відповідає 1 %-й ймовірності перевищення нормативної сейсмічної інтенсивності для споруд з ресурсом 50 років і середнім періодом повторюваності таких інтенсивностей 1 раз на 5000 років. Подібні карти необхідні для інших техногенних дій, імовірність перевищення яких з небезпечною інтенсивністю може становити 10 %, 5 %, 1 %.

Імовірність неперевищення (P_n) техногенної дії (F_c) та відповідного параметра, що контролюється, наприклад прискорення коливання ґрунту (A), в відповідності з [3] вираховується за формулою $P_n = (1 - 1/T_c)^T$, де T_c – період перевищення параметра дії (впливу) або прискорення (A), рік; T – залишковий або перепризначений ресурс, рік; P_n – імовірність неперевищення, частка від одиниці.

Імовірність перевищення (P_p) впливу визначається за формулою $P_p = 1 - P_n$.

На території України найбільш імовірними техногенними впливами є наступні: землетруси

(сейсмічні дії); пожежі, спричинені зовнішніми причинами; торнадо (смерч); затоплення або пожежі, які є наслідком сейсмічних впливів або смерчей; зсуви та деформації основ споруд.

Розрахунок запасів стійкості до техногенних дій за визначеним параметром її інтенсивності (F), який закладається в проектні основи. Методика кваліфікації будівельних конструкцій за будь-яким контрольованим параметром, що характеризує техногенну дію, подібна до методики кваліфікації елементів обладнання за сейсмостійкістю [2]. За описаною методикою для кожної конструкції або вузла з'єднання визначається інтегральний параметр стійкості до техногенної дії HCLPF (скорочення виразу – висока достовірність малої імовірності відмови). Це рівень параметра, який закладається в проектні основи та контролюється під час обстежень, при якому існує висока достовірність низької імовірності відмови конструкції або вузла з'єднання. HCLPF характеризує межу стійкості техногенній дії конструкції або вузла з'єднання. При використанні стандартного логарифмічного відхилення наслідкової дисперсії β_c величина HCLPF може бути апроксимована рівнем розглядуваного параметра, при якому повна імовірність відмови складає не більше 0,5 % (з високою достовірністю 99,5 %) для будівель і споруд атомних електростанцій; не більше 1 % (з високою достовірністю 99 %) для будівель і споруд класу наслідків СС3; не більше 5 % (з високою достовірністю 95 %) для будівель і споруд класу наслідків СС2; не більше 10 % (з високою достовірністю 90 %) для будівель і споруд класу наслідків СС1.

Цей параметр порівнюється з величиною максимально допустимого значення параметра $[F]$, визначеного за нормативним документом, у відповідності до класу наслідків споруди та імовірності неперевикнення техногенної дії для місця розташування споруди. При виконанні умови $HCLPF > [F]$ сейсмічна кваліфікація конструкції визнається підтвердженою. В іншому випадку необхідні заходи для підвищення стійкості конструкцій.

Розрахунок величини параметра HCLHF. В практичних розрахунках для визначення розрахунковим шляхом величини HCLPF використовують т.з. коефіцієнт запасу FS стійкості техногенній дії, який зазначає в скільки разів можна збільшити інтенсивність дії (F) до почат-

ку руйнування розглядуваної конструкції, який згідно з [2] визначається за формулою

$$FS = (C - D_{NS}) / [(D_S \cdot K_{\mu})^2 + D_{SAM}^2]^{1/2},$$

де C – значення параметра, який дорівнює критичним значенням допустимого параметра (наприклад, критично допустимим напруженням $[\sigma]$ або критичним значенням коефіцієнтів інтенсивності напружень $[Kc]$) для величини дії (F) на рівні HCLPF для розглядуваної розрахункової ситуації і відповідного сполучення навантажень; D_{NS} – внесок в оцінюваний параметр (наприклад, напружень (σ) або коефіцієнтів інтенсивності напружень K_I, K_{II}, K_{III}) усіх навантажень, які не є наслідком дії (F), які входять у сполучення навантажень; D_S – значення розглядуваного параметра (наприклад, напружень (σ) або коефіцієнтів інтенсивності напружень K_I, K_{II}, K_{III}) для інтенсивності $[F]$, для розглядуваної розрахункової ситуації і відповідного сполучення навантажень; D_{SAM} – внесок в оцінюваний параметр залишкового зміщення опор для рівня навантажень інтенсивності $[F]$; K_{μ} – коефіцієнт непружного поглинання енергії, для статичних навантажень такий, що дорівнює одиниці, якщо можуть виникати динамічні або інерційні навантаження, який визначається згідно зі значеннями, приведеними в таблиці 3.

Таблиця 3

| Тип конструкції | Значення коефіцієнта K_{μ} |
|--|--------------------------------|
| Бетонні колони, в яких домінують деформації згину | 1,25 |
| Бетонні колони, в яких домінують деформації зсуву | 1,00 |
| Бетонні балки, в яких домінують деформації згину | 1,50 |
| Бетонні балки, в яких домінують деформації зсуву | 1,25 |
| Бетонні монолітні вузли (з'єднання) | 1,00 |
| Бетонні зсувні стіни | 1,50 |
| Сталеві колони, в яких домінують деформації згину | 1,25 |
| Сталеві колони, в яких домінують деформації зсуву | 1,00 |
| Сталеві балки, в яких домінують деформації згину | 1,50 |
| Сталеві балки, в яких домінують деформації зсуву | 1,25 |
| Сталеві вузли (з'єднання) | 1,00 |
| Зварні сталеві трубопроводи, повітроводи, кабельні лотки | 1,50 |
| Опори трубопроводів | 1,25 |
| Елементи електричного і механічного обладнання: | |
| – в яких домінують деформації згину; | 1,50 |
| – в яких домінують деформації зсуву | 1,25 |
| Сталеві корпуси обладнання | 2,00 |
| Деталі з чавуну | 1,00 |

Визначення ефективного пікового значення техногенної дії (навантаження або впливу – F_c) для заданої імовірності неперевикнення (P_H) і залишкового ресурсу (T). Якщо для заданого класу наслідків (відповідальності) споруди визначена достатня імовірність неперевикнення (P_H) ефективного пікового значення навантаження або впливу (F), тоді це неперевикнення повинно зберігатися для проектного і будь-якого залишкового або перепризначеного ресурсу споруди. Інаше кажучи, $P_H = \text{const}$. Тоді зі зміною залишкового ресурсу (T) споруди змінюється необхідний період перевикнення параметра дії (впливу) (T_c) за формулою

$$T_c = 1/[1 - (P_H)^{1/T}].$$

Для цих періодів перевикнення параметра дії визначається ефективне пікове значення цієї дії.

Таким чином, значення параметра (F_c) для залишкового ресурсу (T) визначається за формулою $F_{c,T} = F_{c,50} \cdot (K_{\text{епз}})$, де $F_{c,50}$ – значення параметра техногенної дії (навантаження або впливу) для ресурсу 50 років; $F_{c,T}$ – значення параметра техногенної дії (навантаження або впливу) для залишкового ресурсу T років; $K_{\text{епз}}$ – коефіцієнт ефективного пікового значення параметра техногенної дії ($K_{\text{епз}}$) у відносних одиницях для переходу на залишковий ресурс.

Таблиця 4

Значення коефіцієнта $K_{\text{епз}}$ для землетрусу заданої імовірності неперевикнення ($P_H = 0,9$ або 90 %)

| Залишковий ресурс споруди (T), рік | Період перевикнення параметра або середня повторюваність (T_c), рік | Інтенсивність 9 балів | Інтенсивність 8 балів | Інтенсивність 7 балів |
|--|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 10 | 0,25 | 0,185 | 0,18 |
| 5 | 50 | 0,45 | 0,35 | 0,25 |
| 10 | 100 | 0,625 | 0,5 | 0,5 |
| 50 | 500 | 1 | 1 | 1 |

У таблиці 4 наведено приклад зміни коефіцієнта ефективного пікового значення параметра техногенної дії ($K_{\text{епз}}$) у відносних одиницях для заданої імовірності неперевикнення ($P_H = 0,9$ або 90 %) для інтенсивностей землетрусу 9; 8; 7 за шкалою MSK-64 або EMS-98.

Залишковий ресурс споруди, що експлуатується, за зміною в часі коефіцієнта запасу стійкості техногенним діям. Залишковий ресурс ΔT споруди за стійкістю техногенній дії за визначеним параметром можна визначити за формулою

$$\Delta T = T_{\text{експ}} \times | (F_{St} - F_{Sk}) / (F_{So} - F_{St}) |,$$

де $T_{\text{експ}}$ – час від моменту початку експлуатації споруди (або початку будівництва) до моменту визначення коефіцієнта запасу стійкості техногенній дії за визначеним параметром F_{St} , рік; F_{St} – значення коефіцієнта запасу стійкості техногенній дії за визначеним параметром на час $T_{\text{експ}}$, безвимірний; F_{Sk} – мінімально або максимально допустиме значення коефіцієнта запасу стійкості техногенній дії за визначеним параметром, безвимірний; F_{So} – проектне значення коефіцієнта запасу стійкості техногенній дії за визначеним параметром; $|$ – знак модуля.

Якщо розглядувана техногенна дія описується декількома ($1 \leq i < n$) контрольованими параметрами, тоді приймається найменший з розрахованих ΔT_i залишковий ресурс.

Висновки.

Викладені методика щодо визначення техногенних дій, які необхідно враховувати в перевірних розрахунках на стійкість до них будівельних конструкцій, що проектуються або експлуатуються; правило з розрахунку запасів стійкості техногенним діям за визначеним параметром, який закладається в проектні основи або контролюється під час обстежень; формула для визначення залишкового ресурсу споруди, що експлуатується за зміною в часі коефіцієнта запасу стійкості техногенним діям.

[1] ДБН В.1.1-12-2014 Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: 2014.
 [2] Методика расчетного анализа сейсмостойкости элементов, действующих АЭС в рамках метода граничной сейсмостойкости. / ЦКТИ-Вибросейсм, 2012 г. (Отчет № Rep O1.SMA-12) Ред: 2; Март 2013, Архивный № O1.SMA-12/A UNIX CZ s.r.o).

[3] ГОСТ 30546.1-98 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости. – К.: Стандарт Украины, 2000.

Надійшла 05.10.2015 р. 