ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

Система забезпечення надійності
та безпеки будівельних об’єктів

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА КОНСТРУКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

ДБН В.1.2-14:2018

Київ
Міністерство регіонального розвитку, будівництва
та житлово-комунального господарства України
2018

ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

Система забезпечення надійності
та безпеки будівельних об’єктів

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА КОНСТРУКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

ДБН В.1.2-14:2018

Київ
Мінрегіон України
2018

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО:	Товариство з обмеженою відповідальністю "Український інститут сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського"
РОЗРОБНИКИ:	А. Перельмутер, д-р техн. наук; **В. Гордеєв**, д-р техн. наук (науковий керівник); **В. Шимановський**, д-р техн. наук; чл.-кор. НАН України; **О. Шимановський**, д-р техн. наук; чл.-кор. НАН України; **О. Кордун**
За участі:	Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій Мінрегіонбуду України (**А. Бамбура**, д-р техн. наук; **В. Тарасюк**, канд. техн. наук; **В. Пошивач**, канд. техн. наук);
	Український державний головний науково-дослідний і виробничий інститут інженерно-технічних і екологічних вишукувань Мінрегіонбуду України (**Г. Стрижельчик**, канд. геол.-мін. наук);
	Національний транспортний університет (**А. Лантух-Лященко**, д-р техн. наук);
	Центральноукраїнський національний технічний університет (**В. Пашинський**, д-р техн. наук);
	Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка (**С. Пічугін**, д-р техн. наук);
	Науково-виробниче товариство СКАД Софт (**М. Микитаренко**, канд. техн. наук; **В. Карпіловський**, канд. техн. наук; **Е. Криксунов**, канд. техн. наук, **В. Юрченко**, канд. техн. наук)
2 ВНЕСЕНО:	Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України
3 ПОГОДЖЕНО:	Державна служба України з питань праці, лист 3106/3/5.2-ДП-18 від 19.04.2018
	Державна служба України з надзвичайних ситуацій, лист 02-9138/261 від 15.06.2018
4 ЗАТВЕРДЖЕНО:	наказ Мінрегіону від 02.08.2018 р. № 198
НАДАНО ЧИННОСТІ:	з першого числа місяця, що настає через 90 днів з дня їх опублікування в офіційному друкованому виданні Міністерства "Інформаційний бюлетень Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України" (2019-01-01)
5 НА ЗАМІНУ:	На заміну ДБН В. В.1.2-14-2009

Мінрегіон України, 2018

Видавець нормативних документів у галузі будівництва
і промисловості будівельних матеріалів Мінрегіону України
Державне підприємство "Укрархбудінформ"

ЗМІСТ

С.

1 Сфера застосування . . . 1
2 Нормативні посилання . . . 1
3 Терміни та визначення понять . . . 2
4 Загальні вимоги . . . 6
4.1 Основні положення . . . 6
4.2 Умови експлуатації та вплив навколишнього середовища. Врахування небезпек . . . 7
4.3 Запобігання небезпекам . . . 8
5 Класи наслідків (відповідальності) об'єктів, категорії відповідальності конструкцій та їх елементів, строк експлуатації . . . 9
5.1 Класи наслідків (відповідальності) об'єктів . . . 9
5.2 Категорії відповідальності конструкцій та їх елементів . . . 10
5.3 Строки експлуатації будівель і споруд . . . 11
6 Принципи розрахунку . . . 12
6.1 Розрахунок і розрахункові моделі . . . 12
6.2 Граничні стани . . . 13
6.3 Розрахункові ситуації . . . 14
6.4 Забезпечення живучості та технічна діагностика . . . 14
6.5 Вихідні дані . . . 15
6.6 Методи розрахунку безвідмовності . . . 16
7 Метод розрахункових граничних станів (часткових коефіцієнтів надійності) . . . 16
7.1 Принципи перевірки . . . 16
7.2 Розрахункові значення навантажень і впливів . . . 16
7.3 Сполучення навантажень і впливів . . . 18
7.4 Розрахункові значення величин, які характеризують властивості матеріалів і ґрунтів . . . 19
7.5 Розрахункові значення геометричних параметрів . . . 20
7.6 Коефіцієнти надійності моделі та відповідальності . . . 21
8 Імовірнісний розрахунок надійності . . . 22
Додаток А (обов'язковий)
Умови забезпечення безвідмовності . . . 23
Додаток Б (довідковий)
Імовірнісний розрахунок надійності . . . 24
Додаток В (довідковий)
Прогнозування можливих аварійних ситуацій, складання сценарію розвитку аварій і оцінка ризику виникнення збитків . . . 28
Додаток Г (довідковий)
Бібліографія . . . 29

ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА КОНСТРУКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

GENERAL PRINCIPLES FOR RELIABILITY AND CONSTRUCTIVE SAFETY ENSURING OF BUILDINGS AND CIVIL ENGINEERING WORKS

Чинні від 2019-01-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Ці Норми встановлюють загальні принципи забезпечення надійності і конструктивної безпеки будівель і споруд і розповсюджуються на вишукування, проектування, будівництво та ліквідацію будівель і споруд незалежно від їхнього призначення.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цих Нормах є посилання на такі нормативні акти та нормативні документи:

ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва

ДБН А.2.2-3:2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво

ДБН В.1.1-12:2014 Будівництво у сейсмічних районах України

ДБН В.1.1-24:2009 Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування

ДБН В.1.1-25-2009 Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення

ДБН В.1.1-45:2017 Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення

ДБН В.1.1-46:2017 Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення

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

ДБН В.1.2-6-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість

ДБН В.1.2-7-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека

ДБН В.1.2-8-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека життя і здоров’я людини та захист навколишнього природного середовища

ДБН В.1.2-9-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації

ДБН В.1.2-10-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму

ДБН В.1.2-11-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії

ДБН В.1.2-12-2008 Система надійності та безпеки в будівництві. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки

ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування

ДБН В 2.2-5-97 Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони

ДБН В.2.2-15-2005 Житлові будинки. Основні положення

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

ДБН В.2.4-3:2010 Гідротехнічні споруди. Основні положення

ДСТУ-Н Б В.1.1-39:2016 Настанова щодо інженерної підготовки ґрунтової основи будівель і споруд

ДСТУ-Н Б В.1.1-40:2016 Настанова щодо проектування будівель і споруд на слабких ґрунтах

ДСТУ-Н Б В.1.1-41:2016 Настанова щодо проектування будівель і споруд на закарстованих територіях

ДСТУ-Н Б В.1.1-42:2016 Настанова щодо проектування будівель і споруд на підроблюваних територіях

ДСТУ-Н Б В.1.1-44:2016 Настанова щодо проектування будівель і споруд на просідаючих ґрунтах;

ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Виконання вимірювань, розрахунок та контроль точності геометричних параметрів. Настанова

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Нижче подано терміни, вжиті у цих Нормах, та визначення позначених ними понять.

Визначення термінів "будинок", "будівля", "споруда", "відокремлена частина", "комплекс", "лінійний об'єкт інженерно-транспортної інфраструктури", "капітальний ремонт", "реконструкція" наведено у ДБН А.2.2-3.

Визначення терміну "об'єкт", "будівництво" наведено у Порядку розроблення проектної документації на будівництво об'єктів, затвердженому наказом Мінрегіону від 16.05.2011 № 45, зареєстрованому в Міністерстві юстиції України 01 червня 2011 р. за № 651/19389.

3.1 аварія

Пошкодження, вихід із ладу, руйнування об'єкта, що сталося з техногенних (конструктивних, виробничих, технологічних, експлуатаційних) або природних причин.

3.2 проектна аварія

Аварія, для якої проектом передбачені спеціальні заходи активного управління і захисту.

3.3 безвідмовність

Здатність об'єкта безперервно зберігати працездатний стан протягом заданого строку експлуатації.

3.4 безпека

Властивість об'єкта при експлуатації, а також у випадку порушення працездатності не створювати загрози для життя і здоров'я людей, а також загрози для довкілля.

3.5 відмова

Подія, що полягає в переході об'єкта, його частини або елемента через один із граничних станів (реалізація позаграничного стану).

3.6 відмова-зрив

Відмова, поява якої одразу ж викликає збитки (втрати).

3.7 відмова-перешкода

Відмова, після появи якої починається поступове накопичення збитків.

3.8 відповідальний елемент

Елемент, руйнування якого призводить до руйнування або загрози руйнування споруди в цілому.

3.9 вплив

Будь-яка причина, в результаті якої в конструкції змінюються внутрішні напруження, деформації або інші параметри стану.

3.10 розрахунковий строк експлуатації

Період часу, для якого виконуються розрахунки надійності об'єкта і після спливу якого можливість його подальшої експлуатації визначається за результатами обстеження технічного стану.

3.11 втрати

Спричинені відмовою збитки нематеріального характеру (життя та здоров'я людей, культурні та духовні цінності).

3.12 граничний стан

Стан, при перевищенні якого об'єкт перестає задовольняти вимогам, встановленим у проекті.

3.13 довговічність

Властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану в умовах наявного технічного обслуговування та ремонту.

3.14 експлуатація об'єкта

Використання об'єкта за функціональним призначенням (з проведенням необхідних заходів щодо збереження заданого технічного стану конструкцій), за яким він спроможний виконувати задані функції, зберігаючи значення параметрів, встановлені вимогами проектної документації.

3.15 життєвий цикл об'єкта

Комплекс послідовних за змістом і часом періодів існування об'єкта від вишукування і проектування до ліквідації.

3.16 нормальна експлуатація об'єкта

Експлуатація об'єкта, здійснювана відповідно до вимог, передбачених у проектній документації саме для цього об'єкта.

3.17 ефект впливу (навантажувальний ефект)

Реакція (внутрішні зусилля, напруження, переміщення, деформації) будівельних конструкцій на впливи, що враховуються.

3.18 живучість

Властивість конструкції протистояти таким подіям, як пожежа, вибух, удар або результат людських помилок, без виникнення пошкоджень, непропорційних по відношенню до причини, що викликала пошкодження.

3.19 забезпеченість значення випадкової величини

Імовірність знаходження випадкової величини у дозволених межах.

3.20 катастрофа

Велика за масштабами аварія чи інша подія, що призводить до тяжких наслідків.

3.21 максимально можлива катастрофа (ММК)

Природна або техногенна катастрофа в умовах існування об'єкта, за появи якої головні несучі конструкції повинні забезпечити виконання всіх функцій, пов'язаних із безпекою.

3.22 квантиль

Значення випадкової величини, яке відповідає заданому значенню її інтегральної функції розподілу.

3.23 коефіцієнт надійності за відповідальністю

Коефіцієнт, що враховує значущість конструкції та клас наслідків (відповідальності) об'єкта, а також можливі наслідки відмови.

3.24 коефіцієнт надійності моделі

Коефіцієнт, який враховує невизначеність розрахункової моделі.

3.25 мода

Значення випадкової величини, що відповідає найбільшій густині імовірності.

3.26 навантаження

Вплив, під яким розуміють як безпосередньо силові впливи, так і впливи від зміщення опор, зміни температури, усадки та інших подібних явищ, що викликають реактивні сили.

3.27 граничне розрахункове значення навантаження

Значення навантаження, що відповідає екстремальній ситуації, яка може виникнути не більше одного разу протягом строку експлуатації конструкції. Це значення слід використовувати для перевірки тих граничних станів першої групи, вихід за межі яких еквівалентний повній втраті експлуатаційної придатності конструкції.

3.28 експлуатаційне розрахункове значення навантаження

Значення навантаження, що характеризує умови нормальної експлуатації конструкції.

3.29 епізодичне навантаження

Навантаження, яке реалізується надзвичайно рідко (один чи декілька разів протягом строку експлуатації споруди) і тривалість дії якого незрівнянно мала порівняно з строком експлуатації T_{ef}. Епізодичними, зокрема, є аварійні навантаження і впливи.

3.30 змінне навантаження

Навантаження, для якого не можна нехтувати зміною у часі його значень відносно середнього.

3.31 квазіпостійне розрахункове значення навантаження

Значення навантаження, яке використовується для врахування реологічних процесів, що відбуваються під дією змінних навантажень, і визначається як рівень постійного впливу, еквівалентного за результуючою дією до фактичного випадкового процесу навантаження.

3.32 короткочасне навантаження

Змінне навантаження, яке реалізується багато разів протягом строку експлуатації споруди і для якого тривалість дії значно менша за T_{ef}.

3.33 постійне навантаження

Навантаження, яке діє практично не змінюючись протягом усього строку експлуатації споруди і для якого можна нехтувати зміною у часі його значень відносно середнього.

3.34 схематизоване (еквівалентне) розрахункове значення навантаження

Значення з ідеалізованою залежністю від часу, яке встановлюється з умови еквівалентності результатів розрахунку до дії реального процесу навантаження.

3.35 тривале навантаження

Змінне навантаження, тривалість дії якого співставна з установленим строком експлуатації конструкції T_{ef}.

3.36 характеристичне значення навантаження

Основне (базове) значення навантаження, встановлене в нормах проектування.

3.37 циклічне розрахункове значення навантаження

Значення навантаження, яке використовується для розрахунків конструкцій на витривалість і визначається як гармонійний процес, еквівалентний за результуючою дією реальному випадковому процесу змінного навантаження.

3.38 навантажувальний ефект

Зусилля, напруження, деформації, розкриття тріщин, переміщення або інші механічні параметри стану конструкції (основи), які викликаються діями на неї.

3.39 нагляд

Прийнята на об’єкті система спостереження, фіксації та оцінки технічного стану конструкцій та їх частин.

3.40 надійність об’єкта

Властивість об’єкта виконувати задані функції протягом розрахункового строку експлуатації.

3.41 нелінійність

Відсутність лінійної залежності між діями і навантажувальними ефектами, що призводить до порушення принципу незалежності дії сил.

3.42 геометрична нелінійність

Нелінійна залежність між відносними деформаціями і переміщеннями, обумовлена величиною зміщень і поворотів, що розглядаються.

3.43 фізична нелінійність

Нелінійна залежність між відносними деформаціями і напруженнями, обумовлена фізичними властивостями матеріалів, що застосовані в конструкції.

3.44 позаграничний стан

Перевищення межі, встановленої нормами для граничного стану.

3.45 непропорційне руйнування

Процес глобального руйнування будівлі або споруди внаслідок локального пошкодження.

3.46 ремонт

Комплекс операцій із відновлення експлуатаційної придатності об’єкта і (або) збільшення його довговічності.

3.47 ремонтопридатність

Пристосованість об’єкта до підтримання і відновлення працездатного стану за допомогою технічного обслуговування і ремонту.

3.48 режим експлуатації нормальний

Режим експлуатації, за якого об’єкт експлуатується в передбачених проектом кліматичних умовах із додержанням режиму виконання передбачених ремонтних робіт.

3.49 ризик виникнення збитків

Кількісна характеристика можливих збитків, спричинених випадковими непередбаченими подіями, що викликають часткове або повне руйнування об’єкта.

3.50 експлуатаційно придатний стан (експлуатаційна придатність)

Технічний стан, за якого об’єкт виконує всі свої функції, зберігаючи при цьому допустимий рівень ризику виникнення збитків.

3.51 розрахункова ситуація

Комплекс умов, який враховується при розрахунку і визначає розрахункові вимоги до конструкції, що характеризується розрахунковою схемою конструкції, видами дій, значеннями коефіцієнтів умов роботи і коефіцієнтів надійності, переліком граничних станів, які слід розглядати в даній ситуації.

3.52 руйнування в’язке

Руйнування, яке проходить повільно та супроводжується пластичною деформацією.

3.53 руйнування крихке

Руйнування раптове, деформацією за якого можна нехтувати.

3.54 справний стан об’єкта

Такий стан об’єкта, за якого він виконує всі передбачені функції при регулярному здійсненні ремонтних робіт.

4 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

4.1 Основні положення

4.1.1 Встановлена надійність має бути забезпечена на всіх етапах життєвого циклу об'єкта, а саме:

– вишукування і проектування;

– виготовлення, транспортування та зберігання будівельних виробів;

– освоєння будівельного майданчика та зведення об'єкта, приймання об'єкта в експлуатацію;

– використання об'єкта за призначенням протягом розрахункового строку експлуатації, оцінка технічного стану, поточний та капітальний ремонт;

– реконструкція й подальше використання у нових умовах;

– ліквідація об'єкта.

4.1.2 У залежності від етапу життєвого циклу вказівки стосовно надійності об'єкта використовуються для:

– визначення умов проектного вибору, тобто параметрів майбутнього об'єкта з урахуванням встановлених чи прогнозованих умов його застосування;

– рішення щодо застосування проекту, матеріалів, виробів, результатів робіт і самого об'єкта;

– встановлення вимог до зміни окремих характеристик об'єкта (його складових частин) або режиму його використання.

4.1.3 Основною вимогою, яка визначає надійність об'єкта, є його відповідність призначенню й здатність зберігати необхідні експлуатаційні якості протягом розрахункового строку експлуатації. До них належать:

– безпека для здоров'я і життя людей, майна та довкілля;

– збереження цілісності об'єкта та його основних частин і виконання інших вимог, які забезпечують можливість використання об'єкта за призначенням і нормального функціонування технологічного процесу, включаючи вимоги до жорсткості будівельних конструкцій і основ, тепло- і звукоізоляційних властивостей огороджень, їх герметичності, акустичних характеристик;

– створення необхідного рівня зручностей і комфорту для користувачів та експлуатаційного персоналу, включаючи вимоги до кліматичного режиму в приміщеннях (повітрообмін, температура, вологість, рівень освітленості), а також доступність для оглядів і ремонтів, можливість заміни і модернізації окремих елементів;

– обмеження ступеня ризику виникнення збитків шляхом виконання вимог до вогнестійкості, безвідмовності роботи захисних пристроїв, надійності систем і мереж життєзабезпечення, живучості будівельних конструкцій;

– забезпечення основних вимог до будівель і споруд щодо:

– механічного опору та стійкості (ДБН В.1.2-6);

– пожежної безпеки (ДБН В.1.2-7);

– обмеження загрози здоров'ю або безпеці людей та шкідливого впливу на навколишнє природне середовище (ДБН В.1.2-8);

– безпеки і доступності у використанні (ДБН В.1.2-9);

– захисту від шкідливого впливу шуму та вібрації (ДБН В.1.2-10);

– енергетичної ефективності та збереження тепла (ДБН В.1.2-11).

Цей перелік не є вичерпним і може бути уточненим і розширеним (наприклад, введенням додаткової умови до межі радіаційного фону від застосованих будівельних матеріалів і виробів).

4.1.4 Чисельно надійність характеризується показниками ймовірності безвідмовної роботи, напрацюванням (часом експлуатації) до відмови, середнім строком служби.

Відмовою вважається реалізація такого стану об'єкта, його частини або елемента, який призводить до появи значних матеріальних збитків чи соціальних втрат. При цьому розрізняються відмови-зриви, поява яких одразу ж викликає виникнення збитків (втрат), і відмови-перешкоди, після появи яких починається поступове накопичення збитків.

4.1.5 Вимоги до функціональних характеристик ставляться до об'єкта в цілому.

Вимоги до окремих частин і підсистем об'єкта, які забезпечують функціонування об'єкта, повинні встановлюватися і реалізуватися сумісно (наприклад, вимога до температури повітря в приміщенні забезпечується шляхом узгодження параметрів систем опалення і вентиляції з теплоізоляційними властивостями огороджувальних конструкцій).

4.1.6 Будівельні конструкції й основи повинні відповідати таким вимогам:

– сприймати без руйнувань і недопустимих деформацій впливи, що виникають під час їх зведення і протягом встановленого строку експлуатації;

– мати достатню працездатність в умовах нормальної експлуатації протягом усього розрахункового строку експлуатації, а саме: їх експлуатаційні параметри (переміщення, вібрації) із заданою імовірністю не повинні виходити за встановлені нормативною або проектною документацією межі, а їх довговічність повинна бути такою, щоб погіршення властивостей матеріалів і конструкцій внаслідок гниття, корозії, стирання та інших форм фізичного зношування не призводило до недопустимо високої ймовірності відмови;

– мати достатню живучість по відношенню до локальних руйнувань і передбачених нормами аварійних впливів (пожеж, вибухів, наїздів транспортних засобів), виключаючи при цьому явища непропорційного руйнування, коли загальні пошкодження виявляються значно більшими ніж первісне збурення, що їх викликало.

4.1.7 Надійність, у тому числі довговічність і живучість, забезпечуються одночасним виконанням вимог, які висуваються до вибору матеріалів, конструктивних і об'ємно-планувальних рішень, до методів розрахунку, проектування та контролю якості робіт при виготовленні конструкцій та їх зведенні, а також дотриманням правил технічної експлуатації.

4.2 Умови експлуатації та вплив навколишнього середовища. Врахування небезпек

4.2.1 Складовими умов експлуатації, що відповідають нормальному режиму експлуатації об'єкта, є впливи, що виникають від роботи устаткування (машин, апаратів, транспортних засобів, вантажопідйомних механізмів), вантажів, навантаження від людей, атмосферних впливів у сполученні з можливими прогнозованими впливами навколишнього середовища, які виникають у той же час.

Урахування взаємодії з навколишнім середовищем повинно здійснюватися на основі матеріалів інженерних вишукувань, які включають інженерно-геодезичні, комплексні інженерно-геологічні, інженерно-гідрометеорологічні, а також вишукування для раціонального використання навколишнього середовища.

4.2.2 Характер і величина впливів (силових, температурних, деформаційних, від заданих переміщень), що виникають в умовах нормального режиму експлуатації, визначаються з урахуванням передбачених нормативною документацією або вимогами проекту умов роботи устаткування або обмежень, пов'язаних з обов'язковими вимогами експлуатаційної документації (наприклад, вказівками щодо використання обмежувачів вантажопідйомності або аварійних клапанів, вказівками щодо очищення покрівель від снігу та промислового пилу).

У матеріалах вишукувань повинна наводитися характеристика прогнозованих впливів на будівельні конструкції основних природних, природно-техногенних і техногенних процесів і явищ.

4.2.3 Поряд з умовами нормальної експлуатації повинні розглядатися небезпеки, які самі по собі або у сполученні з іншими факторами можуть призвести до порушення працездатності конструкцій. Ці небезпеки можуть бути наслідками:

– недоліків проектування, виготовлення, зведення або експлуатації, що виникають внаслідок грубих помилок персоналу, в тому числі через відсутність інформації, прорахунки та нерозуміння;

– різких змін технологічного процесу, що викликають істотні зміни технологічних навантажень і впливів;

– перевантажень, що виникають при стихійних лихах, техногенних аваріях та інших виняткових подіях.

Небезпечні впливи повинні враховуватись щодо усього періоду будівництва та експлуатації об'єкта. При оцінці впливів повинна враховуватися просторова нерівномірність і періодичність цих впливів.

Якщо небезпеку природно-техногенного чи техногенного походження неможливо передбачити точно, то з міркувань безпеки її доцільно враховувати.

4.2.4 Заходами, що попереджують небезпеки або знижують їх вплив, можуть бути:

– захист від небезпеки – виключення впливу джерела небезпеки шляхом використання спеціальних антиперевантажувальних пристроїв, систем попередження і оповіщення;

– урахування небезпек – проектування конструкцій такими, щоб при виникненні небезпеки з встановленою імовірністю була виключена можливість руйнування будь-яких конструкцій та елементів категорії А1 та А;

– послаблення наслідків небезпек – проектування об'єкта таким, щоб конструкції, відмова яких може бути безпосередньою причиною аварійної ситуації, при виникненні небезпеки зберігали працездатність протягом часу, достатнього для вжиття термінових заходів (зокрема, для евакуації людей або для зміни режиму роботи устаткування).

Заходи запобігання небезпекам можуть застосовуватися окремо або комплексно.

4.2.5 При аналізі небезпек слід визначити відповідну розрахункову ситуацію (див. 6.3). У цій розрахунковій ситуації реалізується лише одне небезпечне явище, яке розглядається разом із іншими нормальними умовами.

4.3 Запобігання небезпекам

4.3.1 Безпеку об'єкта рекомендується забезпечувати шляхом реалізації принципу ешелонування захисту, який базується на використанні бар'єрів, які послідовно включаються в роботу, функціонують незалежно один від одного та виконують такі функції:

– перешкоджають виникненню перевантажень, збоїв і аварійних ситуацій;

– забезпечують сприйняття аварійних перевантажень і гарантують неруйнівність, а також функціонування (можливо з погіршенням параметрів якості або після ремонту) основної частини об'єкта;

– запобігають лавиноподібному розвитку руйнувань і відмов, а також локалізують наслідки аварії, що вже сталася.

4.3.2 При визначенні надійності та стійкості об'єктів у проектній документації повинен бути передбачений розділ із забезпечення надійності та безпеки, у якому міститься перелік:

– прийнятих технічних рішень і необхідних організаційних заходів, спрямованих на виявлення аварійних ситуацій, запобігання аваріям і гарантування безпеки;

– можливих заходів щодо управління аварією і запобігання її лавиноподібного розвитку;

– заходів, спрямованих на зменшення небезпечних наслідків для персоналу, населення і довкілля;

– визначення строку першого планового обстеження.

4.3.3 Окрім параметрів проектної аварії (ПА), для конкретного об'єкта слід встановити параметри максимально можливої в умовах існування об'єкта природної і (або) техногенної катастрофи (ММК).

Допускається приймати параметри ММК, виходячи з імовірності їх виникнення у 100 разів меншої ніж прийнята ймовірність виникнення ПА.

4.3.4 При визначенні параметрів ПА слід розглядати явища, які можуть бути викликані такими вихідними подіями:

– катастрофічними перевищеннями рівня інтенсивності природних впливів, визначеного для району будівництва;

– техногенними катастрофами (аваріями транспортних засобів, вибухами, пожежами, витіканням розплавленого металу), які відбуваються в межах об'єкта або в його найближчому оточенні;

– грубими помилками персоналу на стадіях проектування, зведення або експлуатації об'єкта;

– серйозним браком або різкою невідповідністю характеристик будівельних матеріалів і виробів, елементів устаткування вимогам державних стандартів, технічних умов тощо.

4.3.5 При розгляді і класифікації зазначених у 4.3.4 причин необхідно враховувати також вплив вторинних факторів (вибухів, виникнення пожеж, руйнувань захисних перешкод, ударів від падіння елементів), причиною яких була первісна аварія. Рекомендується розробляти і аналізувати сценарії розвитку аварій згідно з вказівками додатка В.

5 КЛАСИ НАСЛІДКІВ (ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ) ОБ'ЄКТІВ, КАТЕГОРІЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ТА ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ, СТРОК ЕКСПЛУАТАЦІЇ

5.1 Класи наслідків (відповідальності) об'єктів

5.1.1 Класи наслідків (відповідальності) об'єктів визначаються рівнем можливих матеріальних збитків і (або) соціальних втрат, пов'язаних із припиненням експлуатації або із втратою цілісності об'єкта.

5.1.2 Оцінка вказаних збитків і втрат, а також підрахунок кількості осіб, життю і здоров'ю яких загрожує небезпека, виконується з урахуванням захисних засобів (розподілення на незалежні секції, використання дублюючих елементів і попереджувальних пристроїв, систем вібраційного та сейсмічного захисту), що передбачені у проекті. Така оцінка може виконуватися шляхом побудови сценарію можливої аварії за рекомендаціями додатка В.

5.1.3 Можливі соціальні втрати від відмови повинні оцінюватися в залежності від таких факторів ризику втрат, як:

– небезпека для здоров'я і життя людей;

– різке погіршення екологічного становища у прилеглій до об'єкта місцевості (при руйнуванні сховищ токсичних рідин або газів, відмові очисних споруд систем центрального водовідведення);

– втрата пам'яток історії і культури або інших духовних цінностей суспільства;

– припинення функціонування систем і мереж зв'язку, енергопостачання, транспорту чи інших елементів життєзабезпечення населення або безпеки суспільства;

– неможливість організувати надання допомоги потерпілим при аваріях і стихійних лихах;

– загроза обороноздатності та національній безпеці країни.

5.1.4 Можливі матеріальні збитки повинні оцінюватися витратами, пов'язаними як з необхідністю відновлення об'єкта, що відмовив, так і з побічними збитками (збитки від зупинки виробництва, втрачена вигода).

Можливі збитки оцінюють виходячи з прогнозованого сценарію аварії, з урахуванням передбачених проектом заходів щодо локалізації можливої аварії (наприклад, поділу об'єкта на відокремлені частини). Рекомендації щодо побудови сценарію аварії надані у додатку В.

5.1.5 Класифікація здійснюється відповідно до вимог Закону [5] та вказівок таблиці 1.

Таблиця 1 – Класи наслідків (відповідальності) об'єктів

Клас наслідків (відповідальності) об'єкта	Характеристики можливих наслідків відмови об'єкта				
	Можлива небезпека, кількість осіб			Обсяг можливого економічного збитку, м.р.з.п.	Припинення функціонування лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, об'єктів комунікацій, зв'язку, енергетики та інженерних мереж, рівень
	Для здоров'я і життя людей, які постійно перебувають на об'єкті	Для здоров'я і життя людей, які періодично перебувають на об'єкті	Для життєдіяльності людей, які перебувають зовні об'єкта		
СС3 значні наслідки	Понад 400	Понад 1000	Понад 50 000	Понад 50 000	Загальнодержавний
СС2 середні наслідки	Понад 50 до 400 включно	Понад 100 до 1000 включно	Понад 100 до 50 000 включно	Понад 2 500 до 50 000 включно	Регіональний, місцевий
СС1 незначні наслідки	До 50 включно	До 100 включно	До 100 включно	До 2 500 включно	Об'єктовий

Примітка 1. Вважається, що на об'єкті постійно перебувають люди, якщо вони перебувають там більше ніж вісім годин на добу і не менш ніж 150 днів на рік (загалом не менше 1200 год за рік). Особами, що періодично відвідують об'єкт, вважаються ті, що заповнюють його не більше восьми годин на добу протягом не більше ніж 150 днів на рік (загалом від 450 до 1200 год за рік). Можливою небезпекою для життєдіяльності людей є ймовірне порушення нормальних умов життєдіяльності більш ніж на три доби відповідно [3].

Примітка 2. Обсяг можливого економічного збитку визначається відповідно до Методики [1]

Примітка 3. Мінімальний розмір заробітної плати (м.р.з.п.) щорічно встановлюється [2].

5.2 Категорії відповідальності конструкцій та їх елементів

5.2.1 Залежно від наслідків, які можуть бути викликані відмовою, розрізняють три категорії відповідальності конструкцій та їх елементів:

А – конструкції та елементи, відмова яких може призвести до непридатності до експлуатації будівлі (споруди) або її частини.

Б – конструкції та елементи, відмова яких може призвести до ускладнення нормальної експлуатації будівлі (споруди) або до відмови інших конструкцій, які не належать до категорії А.

В – конструкції, відмова яких не призводить до порушення функціонування будівлі (споруди) в цілому або інших конструкцій або їх елементів.

5.2.2 У складі категорії А можуть виділятися конструкції категорії А1 (головні несучі конструкції), безвідмовність яких забезпечує будівлю або споруду від повного руйнування при аварійних впливах (див. 6.4.3), навіть якщо її подальше використання за призначенням при цьому стане неможливим без капітального ремонту.

До категорії А1 слід також відносити елементи, відмова яких може стати безпосередньою причиною аварійної ситуації з прямою загрозою для людей або довкілля (запобіжні клапани в посудинах високого тиску, деталі та конструктивні елементи, що забезпечують герметизацію резервуарів із сильнотоксичними речовинами).

5.2.3 У нормах проектування конструкцій із різних матеріалів можуть встановлюватися також інші категорії елементів за ступенем їх відповідальності, які деталізують вказівки

5.2.4 Для конструкцій та елементів категорії А рекомендується використовувати окремо або в будь-яких доцільних комбінаціях принципи забезпечення безпеки:

– резервування, тобто забезпечення виконання основних функцій за рахунок надмірного числа елементів і пристроїв або їх надмірних можливостей (силових, енергетичних);

– незалежність, тобто функціонування одного елемента (підсистеми) за можливості не повинно залежати від здатності до виконання своїх функцій іншим елементом (підсистемою);

– розділення функцій, що забезпечує зменшення ймовірності одночасної відмови різних елементів (підсистем) через загальну причину;

5.2.5 Для елементів категорії А1 повинні бути визначені і до прийняття об'єкта в експлуатацію підготовані методи, пристосування і пристрої для:

– перевірки працездатності та випробування на відповідність проектним показникам;

– періодичного та (або) безперервного контролю їх технічного стану;

– заміни при відпрацюванні встановленого ресурсу або при невідповідності їх параметрів вимогам проектної документації.

5.3 Строки експлуатації будівель і споруд

5.3.1 Вимоги щодо строку експлуатації будівель і споруд, які проектуються, а також до строку експлуатації існуючих будівель і споруд або їхніх частин, які зберігаються при реконструкції або капітальному ремонті, мають міститися в завданні на проектування.

5.3.2 Розрахунковий строк експлуатації визначається проектною організацією, виходячи з вимог, що містяться у завданні на проектування, а за відсутності таких вимог – відповідно до таблиці 2. При визначенні розрахункового строку експлуатації слід прогнозувати швидкість змін тих технологічних процесів і виробництв, для організації і обслуговування яких створюється об'єкт.

Розрахунковий строк експлуатації зазначається у проектній документації.

Таблиця 2 – Строк експлуатації будівель та інженерних споруд

Найменування	Орієнтовне значення розрахункового строку експлуатації T_{ef}, років
Будівлі:	
житлові та громадські	100
виробничі та допоміжні	60
складські	60
сільськогосподарські	50
мобільні збірно-розбірні (у тому числі промислові, житлові та інші)	20
мобільні контейнерні	15
Інженерні споруди:	
мости, в залежності від типу	80-100
греблі	120
тунелі	120
резервуари для води	80
резервуари для нафти і нафтопродуктів	40
резервуари для хімічної промисловості	30
ємнісні конструкції для сипких матеріалів	20-30
башти і щогли, в залежності від призначення	20-40
димові труби	30
теплиці	30
Примітка. Наведені значення T_{ef} не призначені для нарахування амортизаційних відрахувань або для інших цілей, відмінних від оцінювання надійності.	

5.3.3 Проектування об'єктів слід виконувати з урахуванням можливого негативного ефекту від впливу агресивного зовнішнього середовища, патогенних факторів (розміщення на просідаючих ґрунтах, тектонічних розламах, підроблюваних територіях, у зоні електромагнітних полів) та негативних умов експлуатації (зміни замороження і відтавання, вплив морської води, викиди промислових підприємств).

Ступінь довговічності основних конструктивних елементів і способи їх захисту від вогню, фізичних, біологічних, хімічних та інших пошкоджень, забезпечення можливості їх заміни після вичерпання ресурсу, а також способи захисту основ від надмірного деформування повинні враховувати розрахунковий строк експлуатації об'єкта і забезпечувати необхідний рівень його надійності протягом усього цього строку.

Конструктивні рішення мають обиратися з урахуванням вимог щодо технічного обслуговування. За відсутності доступу для огляду і ремонту конструктивних елементів слід передбачати довговічність заходів захисту від корозії, ерозії та інших чинників зносу без технічного обслуговування відповідно до всього строку служби конструкції.

5.3.4 При реконструкції об'єкта строк експлуатації призначається незалежно від залишкового строку експлуатації.

6 ПРИНЦИПИ РОЗРАХУНКУ

6.1 Розрахунок і розрахункові моделі

6.1.1 Розрахунок конструкцій повинен якомога достовірніше відображати дійсні умови роботи об'єкта і його напружено-деформований стан шляхом врахування відповідних розрахункових ситуацій (див. 6.3).

Розрахунок виконується на підставі розрахункової моделі, яка повинна враховувати чинники, що мають істотний вплив на напружений і деформований стан конструкцій. При формуванні розрахункової моделі, як правило, доцільно врахувати нелінійні ефекти (геометричну і фізичну нелінійність елементів і системи в цілому, вплив деформацій конструкцій на зміну значень діючих на неї навантажень).

6.1.2 Вимоги і рекомендації щодо вибору розрахункових моделей встановлюються в нормах проектування та в нормах, що регламентують навантаження і впливи. Будівельними нормами можуть бути визначені також можливі конструктивні рішення, які забезпечують реалізацію визначених розрахункових передумов.

6.1.3 Конструкції, для яких нормами проектування не встановлюються обов'язкові вимоги щодо використання нелінійних розрахункових моделей, розраховуються в припущенні лінійної залежності навантажувальних ефектів від параметрів, пропорційно яким змінюється величина навантаження. При цьому перевірка несучої здатності поперечних перерізів елементів може виконуватися з урахуванням нелінійних властивостей матеріалу.

6.1.4 Розрахунки можуть виконуватися на підставі експериментальних даних. При цьому умови експерименту повинні відповідати умовам роботи конструкції, а умови, що неможливо змоделювати, повинні враховуватися за допомогою додаткових коефіцієнтів надійності.

6.1.5 Для об'єктів класу наслідків (відповідальності) СС3 слід виконувати розрахунки несучих конструкцій двічі – з застосуванням різних розрахункових схем і різних комп'ютерних програм. Розбіг результатів таких розрахунків за основними факторами (зусилля в елементах категорії відповідальності А, періоди власних коливань за першими трьома формами, коефіцієнти запасу стійкості) не повинні перевищувати 10 %.

6.1.6 При проектуванні будівель і споруд класу наслідків (відповідальності) СС3 та СС2 на територіях з особливими умовами та ґрунтами з особливими властивостями в їх основі слід дотримуватися положень ДБН А.2.1-1, ДБН В.1.1-12, ДБН В.1.1-24, ДБН В.1.1-25, ДБН В.1.1-45, ДБН В.1.1-46, ДБН В.1.2-6, ДБН В.1.2-12, ДБН В.2.1-10, ДБН В.2.2-15, ДБН В.2.2-24, ДБН В.2.4-3, ДСТУ-Н Б В.1.1-39, ДСТУ-Н Б В.1.1-40, ДСТУ-Н Б В.1.1-41, ДСТУ-Н Б В.1.1-42, ДСТУ-Н Б В.1.1-44

та виконувати детальний розрахунок за просторовою моделлю та науковий супровід згідно з ДБН В.1.2-5-2007.

6.1.7 При виконанні перевірочних розрахунків при реконструкції і капітальному ремонті існуючої конструкції:

– геометричні характеристики, що визначають розміри, форму і розташування конструкцій та їх елементів, визначаються за результатами безпосередніх вимірювань;

– навантаження і впливи визначаються з урахуванням дійсних значень ваги конструкцій, ваги і фактичного розташування устаткування, а також фізичних заходів з обмеження навантажень;

– якщо розрахункові значення навантажень визначаються з урахуванням розрахункового строку експлуатації, то для підрахунку навантаження використовується той самий строк;

– характеристики міцності та деформативності матеріалів можуть уточнюватися на підставі результатів випробувань зразків, взятих з існуючих конструкцій.

6.1.8 Підтвердження несучої здатності існуючої конструкції може бути здійснене за допомогою випробування.

6.2 Граничні стани

6.2.1 Усі розрахункові вимоги норм формулюються для граничних станів, які визначають межу між допустимими і недопустимими (позаграничними) станами конструкцій. Перехід через граничний стан відповідає одному з видів відмови, самі граничні стани вважаються при цьому допустимими.

Граничні стани можуть бути віднесені до конструкції в цілому, до її окремих елементів, з'єднань або поперечних перерізів. Граничні стани поділяються на дві групи, які, в свою чергу, можуть мати підгрупи.

6.2.2 Перша група містить граничні стани, перехід через які призводить до повної непридатності об'єкта або його елемента до експлуатації і для яких позаграничними станами можуть бути:

– руйнування будь-якого характеру (в'язке, крихке, в результаті втоми);

– втрата стійкості форми;

– втрата стійкості положення;

– перехід у змінну систему;

– якісна зміна конфігурації;

– інші явища, за яких виникає потреба у припиненні експлуатації (наприклад, виникнення перфорації стінки ємкості з токсичними речовинами або надмірні переміщення основи при просадках чи спучуванні ґрунтів).

6.2.3 Друга група містить граничні стани, які ускладнюють нормальну експлуатацію об'єкта або зменшують його довговічність порівняно з розрахунковим строком експлуатації і для яких позаграничними станами є:

– надмірні переміщення або повороти деяких точок конструкції;

– недопустимі коливання (надмірні значення амплітуди, частоти, швидкості, прискорення);

– утворення та розкриття тріщин, досягнення ними гранично допустимих значень розкриття чи довжини;

– втрата стійкості форми у вигляді локального деформування або втрати стійкості форми перерізу;

– пошкодження від корозії чи інших видів фізичного зношення, які призводять до необхідності обмеження експлуатації внаслідок зменшення строку експлуатації об'єкта;

– недопустимі втрати тепла через огороджувальні конструкції, що призводить до збільшення матеріальних витрат на експлуатацію будівлі;

– недосягнення елементами будівлі необхідного рівня шумоізоляції.

Граничні стани цієї групи можуть бути пов'язані з порушенням вимог щодо використання об'єкта без обмежень, порушенням вимог щодо рівня комфорту, зручностей персоналу, вимог до зовнішнього вигляду конструкцій.

Досягнення граничного стану другої групи класифікується як відмова-перешкода.

6.2.4 Граничні стани і розрахункові ситуації, за якими слід виконувати розрахунки, наводяться у будівельних нормах. Цими ж нормами можуть бути уточнені і деталізовані конкретні показники граничних станів, а також розширено перелік позаграничних станів, які належать до тієї чи іншої підгрупи.

6.2.5 При розрахунку слід розглядати всі можливі для конкретного об'єкта граничні стани та параметри (навантаження, властивості матеріалів конструкцій і ґрунтів основи, параметри довкілля), які їм відповідають.

6.2.6 Ступінь конкретизації та деталізації розрахункових процедур встановлюється в будівельних нормах і може бути різним залежно від:

– унікальності чи масовості ситуації, яка розглядається;

– доцільності подальшої деталізації розрахункових процедур;

– типу подальших контрольних заходів і характеру рішень, які приймаються в процесі контролю;

– рівня доступності та обсягу інформації, необхідної для прийняття рішень.

6.3 Розрахункові ситуації

6.3.1 Вимоги норм проектування повинні враховувати умови, в яких реалізується граничний стан. Для цього встановлюються характерні ситуації, які називаються розрахунковими і визначаються:

– розрахунковою схемою конструкції;

– переліком граничних станів, які слід розглядати;

– видами дій, які можуть реалізуватися в даній розрахунковій ситуації;

– значенням допустимої ймовірності відмови.

6.3.2 При встановленні допустимої ймовірності відмови слід враховувати, що в різних розрахункових ситуаціях ті ж самі граничні стани можуть мати різні наслідки та збитки.

6.3.3 При розрахунках конструкцій слід розглядати такі типи розрахункових ситуацій:

– усталені, для яких характерна тривалість реалізації T_{sit} співставна з установленим строком експлуатації об'єкта T_{ef} (наприклад, період експлуатації між двома капітальними ремонтами або змінами технологічного процесу);

– перехідні, для яких характерна тривалість реалізації T_{sit} менше порівняно з розрахунковим строком експлуатації T_{ef} (період зведення об'єкта, капітального ремонту, реконструкції);

– аварійні, для яких характерна мала ймовірність появи P_{sit} і невелика тривалість реалізації $T_{sit} << T_{ef}$, але які призведуть до значних з точки зору наслідків можливих відмов (ситуації, які виникають під час вибухів, пожеж, аварій обладнання, зіткнень транспортних засобів, а також безпосередньо після відмови будь-якого елемента конструкції).

6.4 Забезпечення живучості та технічна діагностика

6.4.1 Всі частини об'єкта і об'єкт в цілому мають розраховуватися з урахуванням граничних станів першої і другої груп. При розгляді аварійних розрахункових ситуацій допускається розраховувати лише головні несучі конструкції категорії А1 за граничними станами першої групи (див. 5.2.2).

Розрахунок на непропорційне руйнування під дією аварійних навантажень проводиться для об'єктів класів наслідків СС3 та СС2 (житлові та громадські висотні будинки, торговельні комплекси), підтрибунних конструкцій стадіонів та інших спортивних та видовищних споруд класів СС3 та СС2, якщо не передбачені інші заходи, які виключають їх непропорційне руйнування.

6.4.2 Головні несучі конструкції об'єктів класів наслідків (відповідальності) СС3 та СС2, для яких клас наслідків визначається через загрозу для життя та здоров'я людей, повинні бути запроектовані так, щоб в аварійній ситуації зменшити ймовірність виникнення лавиноподібних (непропорційних) руйнувань.

Цю вимогу слід реалізовувати шляхом використання одного чи декількох із заходів:

– виключення або попередження можливості появи початкових руйнувань (зокрема, за допомогою використання спеціальних заходів захисту);

– зменшення можливості руйнування відповідальних елементів об'єкта (зокрема, шляхом їх підсилення, дублювання, проектування їх здатними до сприйняття аварійних впливів);

– резервування несучої здатності головних несучих конструкцій, створення суцільності та безперервності конструкцій, підвищення пластичних властивостей в'язей між конструкціями, включення до роботи просторової системи ненесучих конструкцій;

– проектування об'єкта в цілому так, щоб у випадку руйнування будь-якого окремого елемента весь об'єкт або його найвідповідальніша частина зберігала експлуатаційну придатність певний період часу, достатній для вжиття термінових заходів (наприклад, евакуації людей при пожежі).

6.4.3 Об'єкти класу наслідків (відповідальності) СС3, руйнування яких може привести до катастрофічних наслідків, необхідно обладнувати автоматичними системами моніторингу і управління (АСМУ).

6.5 Вихідні дані

6.5.1 Вихідними даними для розрахунку є параметри об'єкта, які характеризують:

– впливи експлуатаційного середовища;

– властивості матеріалів і ґрунтів;

– розміри, положення у просторі, умови закріплення конструкцій та їх елементів.

Норми проектування конструкцій різного призначення повинні також враховувати можливу залежність вихідних даних від умов довкілля.

6.5.2 Механічні впливи, що враховуються в розрахунку безпосередньо, розглядаються як сукупність сил, прикладених до конструкції (навантаження), або як вимушені переміщення і деформації елементів конструкції. Інші впливи немеханічної природи (наприклад, впливи агресивного середовища) враховуються в розрахунку опосередковано.

6.5.3 Залежно від причини виникнення впливи поділяються на:

– основні, які є неминучими наслідками природних явищ або людської діяльності;

– аварійні, які є небажаними результатами людського фактора, або результатами несприятливого збігу обставин техногенного характеру.

Залежно від часової мінливості впливи поділяються на:

– постійні, які діють під час усього строку експлуатації об'єкта і значення яких неістотно змінюються у часі;

– змінні, для яких не можна нехтувати зміною значень у часі відносно середнього.

Залежно від характерної тривалості безперервної дії на конструкції T_d змінні навантаження поділяються на:

– тривалі, тривалість дії яких T_d може наближатися до розрахункового строку експлуатації T_{ef} об'єкта;

– короткочасні, для яких $T_d << T_{ef}$ і які, в свою чергу, можуть поділятися на повторні та епізодичні.

6.5.4 Залежно від способу прикладення навантажень у просторі вони можуть бути:

– фіксованими, які можуть діяти тільки на цілком визначені місця конструкції;

– вільними, які можуть довільно розподілятися по конструкції у деяких заданих межах.

Урахування вільних навантажень може бути зведене до розгляду низки комплексів фіксованих навантажень, одержаних шляхом фіксації можливого розподілу вільних навантажень у просторі.

6.5.5 Навантаження залежно від реакції конструкції поділяються на:

– статичні, які не викликають значних прискорень конструкції, що дозволяє нехтувати інерційними силами;

– динамічні, які викликають такі прискорення, що інерційними силами нехтувати не можна.

Навантаження може бути представлене сумою двох складових: статичної і динамічної. Для спрощення розрахунку у деяких випадках, зазначених у нормах проектування, динамічний вплив можна розглядати як статичний, а динамічний ефект, залежний від реакції конструкції, враховувати шляхом відповідного збільшення навантаження або множенням результатів статичного розрахунку на коефіцієнт динамічності.

6.5.6 Характеристики міцності та деформативності матеріалів і ґрунтів визначаються шляхом статистичної обробки даних, одержаних випробуваннями стандартних зразків, і приводяться до характеристик реальних матеріалів у реальних конструкціях з використанням перехідних коефіцієнтів або функцій, а також поправок на рівень виконання робіт і систему контролю, що передбачається.

Для визначення фізико-механічних характеристик ґрунтів використовуються результати випробувань у польових і лабораторних умовах з урахуванням можливої зміни вологості ґрунту в процесі будівництва та експлуатації об'єкта.

Для нормування характеристик міцності та деформативності матеріалів і ґрунтів допускається використовувати результати визначення інших фізичних характеристик (наприклад, міцності при інших видах деформування, твердості, пружності, магнітних властивостей), якщо в результаті попередніх досліджень встановлено надійні залежності між параметрами, які вимірюються, і необхідними характеристиками міцності (деформативності).

6.5.7 Геометричні характеристики, що визначають розміри, форму і положення конструкцій та їх елементів, повинні розглядатися як випадкові, якщо їх відхилення від встановлених проектом значень суттєво впливають на надійність конструкцій. Характеристики їх мінливості повинні визначатися з урахуванням встановлених допусків на виготовлення та монтаж виробів і конструкцій.

У разі якщо вплив мінливості геометричних характеристик на надійність конструкцій є набагато меншим у порівнянні з впливом мінливості навантажень та технічних характеристик (фізико-механічних властивостей) матеріалів, у таких випадках геометричні характеристики розглядаються як детерміновані величини з номінальними значеннями, вказаними у проектній документації.

6.6 Методи розрахунку безвідмовності

6.6.1 Безвідмовність конструкцій може бути забезпечена їх розрахунком за напівімовірнісним методом часткових (незалежних) коефіцієнтів надійності.

Зміст цього методу наведено в розділі 7.

6.6.2 За наявності достатньої статистичної інформації рівень безвідмовності може оцінюватися ймовірнісними методами, наведеними в розділі 8.

7 МЕТОД РОЗРАХУНКОВИХ ГРАНИЧНИХ СТАНІВ (ЧАСТКОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ НАДІЙНОСТІ)

7.1 Принципи перевірки

7.1.1 Умови забезпечення безвідмовності формулюються у вигляді нерівностей, що підлягають перевірці і наведені у додатку А.

7.2 Розрахункові значення навантажень і впливів

7.2.1 Для кожного з основних навантажень і впливів встановлено два головних розрахункових значення – експлуатаційне і граничне, а для кожного аварійного впливу – одне граничне розрахункове значення.

Окрім головних розрахункових значень, для основних впливів можуть бути встановлені також додаткові розрахункові значення, пов'язані з ідеалізованою моделлю їх залежності від часу і призначені для врахування спеціальних ефектів (зокрема повзучості, усадки, втрат попереднього напруження, втомлюваності).

Експлуатаційні розрахункові значення постійних навантажень G_{de} для конструкцій, що проектуються, приймаються такими, що дорівнюють їх номінальним величинам, а для конструкцій, що експлуатуються, – такими, що дорівнюють їх фактичним величинам, визначеним при проведенні натурних обстежень.

Граничне розрахункове значення постійного навантаження G_{dm} встановлюється таким, щоб воно з заданою ймовірністю P_G не могло бути перевищене. Допускається виходити з умови, що ймовірність перевищення граничного розрахункового значення в сто разів менша за ймовірність перевищення експлуатаційного розрахункового значення.

7.2.2 Експлуатаційне розрахункове значення змінного навантаження Q_{de} встановлюється таким, щоб можлива дія навантаження більшої інтенсивності в середньому не перевищувала заданого значення (наприклад, 2 %). Частка часу η встановлюється з умов ефективного використання конструкції за функціональним призначенням.

Для епізодичних змінних впливів експлуатаційне розрахункове значення Q_{de} не нормується.

7.2.3 Граничне розрахункове значення змінного навантаження Q_{dm} визначається з умови його неперевищення протягом заданого часу T з заданою ймовірністю P_Q .

В якості T вибирається розрахунковий строк експлуатації T_{ef} , а ймовірність P_Q приймається такою, щоб величина Q_{dm} могла перевищуватися в середньому не частіше одного разу протягом строку T_{ef} .

В нормах навантажень і впливів рекомендовано наводити залежність Q_{dm} від періоду повторюваності T.

7.2.4 Схематизовані розрахункові значення Q_{di} встановлюються залежно від тих властивостей реального процесу навантаження, які є визначальними для явища, що розглядається, і яке може призвести до відмови конструкції.

Для врахування тривалих реологічних процесів (усадка, повзучість) встановлюється схематизоване квазіпостійне розрахункове значення $Q_{di}(t) = Q_{di}$, а для врахування явища втомлюваності схематизоване циклічне розрахункове значення у вигляді гармонічного закону з характерною частотою ω_{di} .

Величина Q_{di} визначається з умови еквівалентності результатів розрахунку на дію реального процесу навантаження $Q_d(t)$ і на дію навантаження з ідеалізованою залежністю від часу.

Схематизоване циклічне значення може розглядатися як одна із складових сумарного навантаження (наприклад, пульсаційна складова вітрового навантаження).

7.2.5 Граничне розрахункове значення аварійного навантаження U_{dm} встановлюється аналогічно Q_{dm}; за необхідності, з іншою ймовірністю неперевищення $P_U(T_{ef})$ розрахункового строку експлуатації. Поряд зі значенням U_{dm} в нормах навантажень і впливів встановлюється середня періодичність появи такого навантаження або імовірність його реалізації протягом строку T_{ef} .

7.2.6 Для ймовірнісного опису процесу навантаження змінним впливом рекомендовано використовувати математичні моделі випадкового поля, диференційованого, марківського чи імпульсного випадкового процесу, послідовності перевантажень, послідовності максимальних значень за характерні інтервали часу.

При нормуванні постійних навантажень і впливів використовуються математичні моделі випадкової величини або випадкового поля, яке відображає просторову мінливість навантаження.

Конкретна ймовірнісна модель для нормування кожного впливу вибирається з урахуванням фізичної природи, характеру і конкретних особливостей процесу навантаження, характеру і обсягу наявної статистичної інформації, трудомісткості процедури нормування і точності оцінювання розрахункових значень навантажень.

7.2.7 При перевірці граничних станів першої групи враховуються граничні розрахункові значення G_{dm} постійних впливів, граничні розрахункові значення $Q_{dm}(T_{ef})$ змінних і аварійних впливів, що відповідають розрахунковому строку експлуатації споруди T_{ef} , а також схематизовані циклічні розрахункові значення Q_{dc} , якщо вони є складовими змінних впливів, що розглядаються.

7.2.8 Навантаження для перевірки граничних станів другої групи встановлюються залежно від призначення та експлуатаційних вимог до конструкції, яка розглядається:

– якщо вихід за граничний стан другої групи може бути допущений один раз за T_e років, то використовуються експлуатаційні розрахункові значення Q_{de} постійних навантажень, а також граничні розрахункові значення $Q_{dm}(T)$ тривалих та короткочасних змінних основних навантажень, що відповідають періоду повторюваності T;

– якщо в процесі експлуатації конструкції вихід за граничний стан другої групи може бути допущений протягом визначеної частки розрахункового строку експлуатації конструкції T_{ef} , то для

розрахунку використовуються експлуатаційні розрахункові значення Q_{de} постійних навантажень, а також експлуатаційні розрахункові значення $Q_{de}(\eta)$ змінних основних навантажень, що відповідають цій частці η .

7.3 Сполучення навантажень і впливів

7.3.1 Сполучення навантажень і впливів формується як набір їх розрахункових значень, які одночасно впливають на об'єкт розрахунку і використовуються для перевірки конструкції за умовами визначеного граничного стану в певній розрахунковій ситуації.

7.3.2 До сполучення включаються навантаження, які фізично можуть діяти одночасно і найбільш несприятливо впливають на конструкцію з точки зору граничного стану, що розглядається.

7.3.3 Знижена ймовірність одночасної дії декількох випадкових навантажень враховується множенням суми навантажувальних ефектів від дії розрахункових значень усіх навантажень на загальний коефіцієнт сполучення $\psi \leq 1$. Допускається також використовувати роздільні коефіцієнти сполучення для окремих видів і груп навантажень та їх сполучень (наприклад, коефіцієнти сполучення складових сумарного кранового навантаження або коефіцієнти сполучення складових сумарного постійного навантаження). Значення коефіцієнта сполучення, як правило, встановлюється з умови рівнозабезпеченості сумарного навантажувального ефекту і розрахункових значень окремих навантажень і залежить від виду врахованих навантажень та їх часток у складі сумарного навантажувального ефекту.

7.3.4 У розрахунках конструкцій можуть бути використані сполучення навантажень двох типів:

– основні, що використовуються для перевірки надійності в усталених і в перехідних розрахункових ситуаціях;

– аварійні, що використовуються для перевірки надійності в аварійних розрахункових ситуаціях.

При врахуванні сполучень розрахункових значень повторних змінних навантажень або розрахункових значень схематизованих циклічних навантажень повинна забезпечуватись можливість визначення величини сумарного навантажувального ефекту, а також частоти, періодичності чи ймовірності його реалізації.

7.3.5 Для перевірки граничних станів першої групи використовують сполучення постійних навантажень із граничними розрахунковими значеннями основних змінних навантажень або з їх циклічними складовими.

7.3.6 До аварійного сполучення, крім основних впливів, може входити лише одне аварійне навантаження. При цьому навантажувальний ефект від найбільш небезпечного в даній розрахунковій ситуації аварійного навантаження сумується (можливо, з урахуванням відповідного коефіцієнта сполучення) з сумарним навантажувальним ефектом від дії основних навантажень, що враховуються, визначених із урахуванням їх коефіцієнтів сполучення за вказівками 7.3.1 – 7.3.3.

Перевірка аварійної розрахункової ситуації за необхідності може виконуватися на дію основного сполучення навантажень, але з урахуванням спрацювання або послаблення конструкції внаслідок дії аварійного впливу (наприклад, зменшення несучої здатності конструкції внаслідок дії вогню при пожежі або виходу з ладу деяких елементів при вибуху).

7.3.7 Залежно від категорії конструкцій і елементів повинні бути забезпечені вимоги до функціонування в аварійних ситуаціях і заходи щодо безпеки відповідно до таблиці 3. При цьому проектна аварія розглядається з урахуванням впливу вторинних факторів згідно з 4.3.5 і в сполученні з однією відмовою елементів захисту, незалежною від причин ПА.

Таблиця 3 – Вимоги до функціонування в аварійних ситуаціях і заходи щодо безпеки залежно від категорії конструкцій і елементів

Номер випадку залежно від ситуації	Впливи, що підлягають урахуванню (+)					Вимоги, що ставляться до елементів категорії		
	від нормальної експлуатації	ПА	ММК	одна відмова елементів захисту	одна помилка персоналу	А1	А	Б
1	+					Ф	Ф	Ф
2		+		+		Ф	Б	Р
3		+			+	Ф	Б	Р
4			+			Б	Б	–
Позначення: Ф – необхідно забезпечити функціонування в повному обсязі; Б – необхідно забезпечити виконання всіх функцій, пов'язаних із безпекою; Р – необхідно забезпечити можливість відновлення шляхом ремонту.								

7.4 Розрахункові значення величин, які характеризують властивості матеріалів і ґрунтів

7.4.1 За розрахункові значення величини, що характеризує міцність або деформативні властивості матеріалу конструкції, приймається квантиль імовірності, не нижчий за 0,005 розподілу цієї величини для деякої сукупності матеріалу, що пройшов стандартний контроль або інше відбракування.

Згадана сукупність повинна бути однорідною по відношенню до властивості, що розглядається, і формуватися залежно від умов виготовлення матеріалу і від вимог виробництва. Розрахункове значення величини, що контролюється, повинно взаємоузгоджуватися з методом контролю та критерієм приймання продукції.

Допускається обчислювати розрахункові значення шляхом ділення вказаних у технічних умовах і стандартах бракувальних величин на спеціальний коефіцієнт безпеки по матеріалу, який гарантує вказану вище забезпеченість розрахункового значення.

7.4.2 Для об'єктів, які мають бути використані в конструктивному комплексі (існуючі і збережені при реконструкції частини будівель, ґрунти основи), за розрахункове значення величини, яка характеризує міцнісні або деформаційні властивості ґрунту основи, а також величини, яка характеризує такі ж самі властивості для існуючих будівель і споруд (при їх капітальному ремонті, реконструкції), приймається допустима межа інтервалу, що одержується за вибіркою даних випробувань і гарантує з довірчою ймовірністю 0,95, що не менше 95 % випадкових значень величини, яка розглядається, розташовується вище цієї межі.

7.4.3 Якщо контроль величин, що характеризують міцність матеріалу, технологічно пов'язаний з контролем геометричних характеристик виробів із цього матеріалу, допускається вводити розрахункове значення, яке характеризує несучу здатність виробу з комплексним урахуванням мінливості міцнісних і геометричних параметрів.

7.4.4 За наявності статистичної значущості кореляційного зв'язку (із забезпеченістю не менше ніж 95 %) між певними характеристиками міцності та деформативності матеріалу допускається визначати розрахункові значення одних характеристик як функції інших, безпосередньо виміряних величин, користуючись достовірно встановленими функціональними чи кореляційними залежностями.

7.4.5 Розрахункові значення міцнісних і деформаційних характеристик ґрунтів і матеріалу конструкцій допускається визначати за значеннями інших, безпосередньо виміряних технічних характеристик (зокрема густини, твердості), якщо за результатами статистичної обробки масових випробувань встановлені стабільні залежності між шуканими фізико-механічними характерис-

тиками та безпосередньо виміряними технічними характеристиками. При цьому розрахункові значення безпосередньо виміряних технічних характеристик визначаються за тією самою методикою, що й розрахункові значення величин, які характеризують міцність або деформативність (згідно з 7.4.2).

7.4.6 Для конструкцій із декількох матеріалів (композитних конструкцій) слід враховувати понижену ймовірність одночасної реалізації розрахункових значень декількох величин, які характеризують властивості кожного з матеріалів конструкції, в порівнянні з імовірністю реалізації розрахункового значення характеристик одного матеріалу.

Це урахування допускається виконувати множенням несучої здатності R на коефіцієнт сполучення $\psi_r > 1$. Для різних комбінацій матеріалів (арматури й бетону в залізобетонних конструкціях, сталі й залізобетону в сталезалізобетонних конструкціях, сталі й дерева в комбінованих конструкціях) і для різних варіантів конструкцій значення коефіцієнта ψ_r можуть встановлюватися нормами проектування.

7.4.7 У розрахункових ситуаціях, в яких властивості матеріалів конструкцій чи ґрунтів основи можуть змінюватися в часі, або якщо зміни цих властивостей можуть викликатися умовами довкілля (наприклад, при врахуванні впливу нагрівання на міцнісні характеристики сталі або при врахуванні зволоження ґрунту основи на його деформативність), розрахункове значення повинно встановлюватися з урахуванням таких змін.

7.4.8 Якщо несуча здатність конструкції R_d чи розрахунковий опір матеріалу f_d встановлюються за результатами випробувань, то їх розрахункові значення обчислюються за формулою

$$R_d = R_n^{\bullet} - C_n s_n^{\bullet}, \qquad (1)$$

де $R_n^{\bullet} = (1/n)\sum_{i=1}^{n} R_{ex,i}$ – середнє значення несучої здатності, одержане із $n \geq 5$ експериментів, в яких зразки випробовувались до руйнування і фіксувалась гранична несуча здатність $R_{ex,i}$ в кожному випробуванні;

$s_n^{\bullet} = \left\{\left[1/(n-1)\sum_{i=1}^{n}(R_n^{\bullet} - R_{ex,i})^2\right]\right\}^{1/2}$ – вибірковий стандарт;

C_n – коефіцієнт, який залежить від числа експериментів n і визначається за таблицею 4.

Таблиця 4 – Значення коефіцієнта C_n

n	5	6	7	8	9	10	15	20	25	50	100
C_n	4,21	3,71	3,40	3,19	3,03	2,91	2,57	2,40	2,29	2,06	1,993

Проміжні значення C_n визначаються за лінійною інтерполяцією.

7.5 Розрахункові значення геометричних параметрів

7.5.1 Розрахункові значення розмірів та інших геометричних характеристик приймаються такими, що дорівнюють номінальним значенням, вказаним у проекті, якщо мінливість цих характеристик неістотна або вже врахована при нормуванні розрахункових значень характеристик міцності згідно з 7.4.3.

7.5.2 Геометричні параметри конструкцій на стадіях виготовлення і монтажу не повинні відрізнятися від проектних значень більше ніж це дозволяється допусками, які наводяться у ДСТУ-Н Б.В.1.3-1.

7.5.3 Якщо мінливість геометричних характеристик впливає на надійність конструкцій (зокрема, як вплив мінливості початкових вигинів на несучу здатність при перевірці стійкості стрижневих і пластинчастих елементів), то впливові розрахункові значення відповідних геометричних параметрів повинні визначатися на підставі статистичної обробки результатів вимірювань.

7.5.4 У випадках, коли геометричні недосконалості є систематичними (три і більше), доцільно їх компенсувати за рахунок конструктивних чи технологічних рішень. Слід враховувати можливу суперпозицію недосконалостей та їх походження.

7.6 Коефіцієнти надійності моделі та відповідальності

7.6.1 Невизначеність розрахункової моделі може бути оцінена в результаті випробувань або шляхом порівняння результатів розрахунку наближеної та більш точної моделі. Ця невизначеність враховується введенням коефіцієнта надійності моделі γ_d, який враховує невизначеність розрахункової схеми та інші аналогічні обставини (наприклад, чутливість конструкції до локальних руйнувань, початкові недосконалості або підвищену швидкість зношування) та приймається як множник до розрахункового значення навантаження.

Коефіцієнт надійності моделі може бути розділений на два множники, які відображають невизначеність розрахункової моделі щодо навантажувальних ефектів γ_{sd} та несучої здатності γ_{rd}, хоча таке розділення не є обов'язковим або враховується самою розрахунковою моделлю, вибраною заздалегідь із резервуванням надійності. Коефіцієнти невизначеності розрахункової моделі можуть визначатися відповідними нормами на проектування окремих типів будівель і споруд.

7.6.2 Коефіцієнт γ_d (або γ_{sd} і γ_{rd}) відображає фактори, які для спрощення розрахунку, передбаченого нормами, не враховуються прямим шляхом (зокрема врахування повзучості і впливу піддатливості з'єднань, пластичних властивостей матеріалу). Крім того, ці коефіцієнти можуть враховувати фактори, які взагалі не розглядаються розрахунковою моделлю (зокрема агресивність середовища, вплив корозії).

7.6.3 У нормах проектування, якими визначаються коефіцієнти надійності моделі, потрібно вказати ту розрахункову схему, до якої вводяться значення цих коефіцієнтів. При використанні уточнених (в порівнянні з зазначеною) розрахункових моделей допускається відповідним чином зменшувати значення γ_d (або γ_{sd} і γ_{rd}).

7.6.4 Коефіцієнт надійності за відповідальністю (коефіцієнт відповідальності) γ_n визначається залежно від класу наслідків (відповідальності) об'єкта (див. 5.1 і 5.2) і типу розрахункової ситуації згідно з таблицею 5.

Цей коефіцієнт використовується як множник до ефекту дії (прогину, зусилля, напруження), за винятком тих випадків, коли такий ефект є розвантажувальним.

У розрахунках, де не використовується розрахункове значення навантаження F_d (наприклад, при оцінці даних випробувань), коефіцієнт відповідальності приймається за одиницю.

Таблиця 5 – Значення коефіцієнта надійності за відповідальністю γ_n

Клас наслідків (відповідальності)	Категорія відповідальності конструкції	Значення γ_n, які використовуються в розрахункових ситуаціях				
		усталених		перехідних		аварійних
		перша група граничних станів	друга група граничних станів	перша група граничних станів	друга група граничних станів	перша група граничних станів
СС3	А	1,250	1,000	1,050	0,975	1,050
	Б	1,200		1,000		
	В	1,150		0,950		
СС2	А	1,100	0,975	0,975	0,950	0,975
	Б	1,050		0,950		
	В	1,000		0,925		

Кінець таблиці 5

Клас наслідків (відповідальності)	Категорія відповідальності конструкції	Значення γ_n, які використовуються в розрахункових ситуаціях				
		усталених		перехідних		аварійних
		перша група граничних станів	друга група граничних станів	перша група граничних станів	друга група граничних станів	перша група граничних станів
СС1	А	1,000	0,950	0,950	0,925	0,950
	Б	0,975		0,925		
	В	0,950		0,900		

Примітка 1. Якщо у нормах проектування певних типів будівель або споруд не наведено конкретних рекомендацій щодо розподілу конструкцій за категоріями відповідальності відповідно до класів наслідків (відповідальності), слід їх відносити до категорії Б.

Примітка 2. Для об'єктів нового будівництва, що споруджуються в охоронній зоні пам'яток культурної спадщини національного та місцевого значення, які за всіма характеристиками можливих наслідків їх відмови відносяться до класу наслідків (відповідальності) СС1, коефіцієнт надійності γ_n, що передбачений для вищих класів наслідків, не застосовується.

7.6.5 Для конструкцій масового застосування рекомендовано встановлювати одне значення коефіцієнта γ_n, з яким ця конструкція повинна використовуватися незалежно від класу наслідків (відповідальності) об'єкта, де вона фактично застосована, за умови, що клас наслідків і категорії відповідальності фактичного використання конструкції не перевищують проектні.

8 ІМОВІРНІСНИЙ РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ

Імовірнісний розрахунок надійності для особливо відповідальних конструкцій може виконуватись додатково до розрахунків, виконаних за нормативними документами.

Вимоги щодо виконання розрахунку наведені у додатку Б.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

УМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗВІДМОВНОСТІ

А.1 Умова забезпечення безвідмовності, тобто невиходу за граничний стан, записується нерівністю виду

$$g(\bullet) = g(G_g, f_d, a_d, C, \gamma_n, \gamma_d, T_{ef}) \geq 0\,, \qquad (А.1)$$

де $g(\bullet)$ – така функція параметрів системи, за якої $g(\bullet) < 0$ означає досягнення позаграничного стану;

G_d, f_d, a_d – розрахункові значення навантажень, характеристик міцності матеріалів або опору ґрунтів та геометричних характеристик конструкції відповідно;

C – обмеження на параметр, що контролюється (наприклад, допустиме граничне розкриття тріщини);

γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю (коефіцієнт відповідальності), який враховує значущість конструкції і об'єкта в цілому, а також можливі наслідки відмови та враховується як множник до розрахункового значення навантаження;

γ_d – коефіцієнт надійності моделі, який враховує невизначеність розрахункової схеми та інші аналогічні обставини (наприклад, чутливість конструкції до локальних руйнувань, початкові недосконалості або підвищену швидкість зношування) та приймається як множник до розрахункового значення навантаження.

Залежність умови (А.1) від часу враховується у явному вигляді або шляхом вибору розрахункових значень величин, що входять до (А.1), залежно від розрахункового строку експлуатації об'єкта, тобто $G_d = G_d(T_{ef})$, $f_d = f_d(T_{ef})$.

А.2 Для граничних станів першої групи умова (А.1) найчастіше визначається через дві функції:

S – навантажувальний ефект;

R – несуча здатність елемента чи поперечного перерізу.

Тоді гранична нерівність (А.1) записується у виді

$$\gamma_n S(G_d, a_d, \gamma_{sd}, T_{ef}) \leq R(f_d, a_d, \gamma_{rd}, T_{ef}) \qquad (А.2а)$$

або (коли це можливо)

$$\gamma_n \gamma_{sd} S(G_d, a_d, T_{ef}) \leq (1/\gamma_{rd}) R(f_d, a_d, T_{ef})\,. \qquad (А.2б)$$

У формулі (А.2б) коефіцієнт γ_d розділений на два множники, які відображають невизначеність розрахункової моделі щодо навантажувальних ефектів γ_{sd} та несучої здатності γ_{rd}, хоча таке розділення не є обов'язковим.

А.3 Граничні стани другої групи, зазвичай, можуть бути описані нерівностями типу

$$S(G_d, f_d, a_d, \gamma_n, \gamma_{sd}, T_{ef}) \leq C/\gamma_{rd} \qquad (А.3а)$$

або

$$\gamma_n \gamma_{sd}\, S(G_d, f_d, a_d, T_{ef}) \leq C/\gamma_{rd}\,, \qquad (А.3б)$$

де C – обмеження за експлуатаційною придатністю, яке відповідає граничному стану, що розглядається. Обмеження за прогинами можуть встановлюватися, виходячи із конструктивних, функціонально-технологічних, естетико-психологічних та фізіологічних умов.

А.4 Нерівності (А.1), (А.2) і (А.3) є принциповими схемами і повинні уточнюватись для конкретних умов перевірки з урахуванням того, що F_d, f_d і a_d – це, як правило, декілька величин, а кожна із згаданих умов може представляти не одну, а декілька сумісних нерівностей (наприклад, під загальним позначенням F_d слід розуміти цілий комплекс одночасно діючих навантажень та впливів, а при перевірці залізобетонної конструкції символом f_d може бути представлена міцність як бетону, так і арматури).

При розв'язанні нелінійних задач або при перевірці загальної стійкості системи використовується основна нерівність у формі (А.1).

ДОДАТОК Б
(довідковий)

ІМОВІРНІСНИЙ РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ

Б.1 Розрахункові умови реалізації відмови в узагальненому вигляді записуються у виді функції працездатності *g*, яка враховує параметри $\tilde{x}_i$, що характеризують випадкові значення впливів $\tilde{F}$, міцнісних характеристик $\tilde{f}$, геометричних характеристик $\tilde{a}$, часу *T* та інші фактори:

$$g(\tilde{x}_1, \ldots, \tilde{x}_n) < 0 . \qquad (Б.1)$$

Б.2 Основним показником надійності є ймовірність відмови $P_f(T_{ef})$, тобто ймовірність того, що за встановлений час виникне відмова заданого виду

$$P_f(T_{ef}) = Prob\{g(\tilde{x}_1, \ldots, \tilde{x}_n) < 0 / T_{ef}\} , \qquad (Б.2)$$

де символ *Prob* {*A*/*T*} визначає ймовірність реалізації події *A* протягом часу *T*.

Безвідмовність можна також характеризувати дальністю відмови β, наближено пов'язаною з імовірністю P_f співвідношенням

$$\beta = \Phi(z)^{-1}(1 - P_f) , \qquad (Б.3)$$

де $\Phi(z)$ – функція нормованого розподілу ймовірностей працездатності *g* .

При використанні в розрахунках нормального розподілення ймовірностей функція $\Phi(z)$ може бути визначена так:

$$\Phi(z) = 0,5\,\pi^{-1} \int_{-\infty}^{z} \exp[-u^2/2]\,du \text{ – інтеграл ймовірностей.}$$

Б.3 Нормативні вимоги до безвідмовності формулюються за допомогою розрахункової умови реалізації відмови (Б.3) та ймовірності її виконання (Б.4) у виді

$$P_{f,i}(T_{ef}) = Rrob\{g_i\ (\tilde{x}_1, \ldots, \tilde{x}_n) < 0 / T_{ef}\} \le P_i^{ex} , \qquad (Б.4)$$

де g_i – функція працездатності відносно відмови *i*-го виду;

P_i^{ex} – доцільне значення імовірності відмови *i*-го виду, яке приймається згідно з таблицею Б.1 (для несучих конструкцій).

Якщо використовується дальність відмови β, то замість (Б.4) приймається умова

$$\beta \ge \beta_i^{ex} , \qquad (Б.5)$$

де доцільне значення β_i^{ex} для відмови *i*-го виду приймається згідно з таблицею Б.2 (для несучих конструкцій) або відповідно до прийнятої доцільної ймовірності відмови.

Б.4 Для конструкцій, відмова яких призводить лише до матеріальних збитків, допускається призначати значення P_i^{ex} і β_i^{ex} виходячи із умови мінімізації загальних витрат на їх виготовлення, монтаж, експлуатацію і ліквідацію збитків від можливої відмови.

Таблиця Б.1 – Доцільне значення P_i^{ex} імовірності відмови *i*-го виду

Клас наслідків (відповідальності)	Категорія відповідальності конструкції	Значення P_i^{ex}, які використовуються в розрахункових ситуаціях				
		усталених		перехідних		аварійних
		перша група граничних станів	друга група граничних станів	перша група граничних станів	друга група граничних станів	перша група граничних станів
СС3	А	1×10^{-6}	5×10^{-5}	1×10^{-5}	5×10^{-4}	1×10^{-5}
	Б	5×10^{-6}	5×10^{-5}	5×10^{-5}	5×10^{-4}	1×10^{-4}
	В	1×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-3}	1×10^{-4}
СС2	А	5×10^{-6}	1×10^{-4}	5×10^{-5}	1×10^{-3}	5×10^{-5}
	Б	1×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-3}	5×10^{-4}
	В	5×10^{-5}	5×10^{-4}	5×10^{-4}	5×10^{-3}	5×10^{-4}
СС1	А	1×10^{-5}	5×10^{-4}	1×10^{-4}	5×10^{-3}	1×10^{-4}
	Б	5×10^{-5}	5×10^{-4}	5×10^{-4}	5×10^{-3}	1×10^{-3}
	В	1×10^{-4}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-2}	1×10^{-3}

Таблиця Б.2 – Доцільне значення β_i^{ex} для відмови *i*-го виду

Клас наслідків (відповідальності)	Категорія відповідальності конструкції	Значення β_i^{ex}, які використовуються в розрахункових ситуаціях				
		усталених		перехідних		аварійних
		перша група граничних станів	друга група граничних станів	перша група граничних станів	друга група граничних станів	перша група граничних станів
СС3	А	4,76	4,27	4,45	3,72	4,45
	Б	4,75	4,27	4,27	3,72	3,89
	В	4,45	3,89	3,89	3,29	3,89
СС2	А	4,75	3,89	4,27	3,29	4,27
	Б	4,45	3,89	3,89	2,39	3,72
	В	4,27	3,72	3,72	3,09	3,72
СС1	А	4,45	3,72	3,89	3,09	3,89
	Б	4,27	3,72	3,72	3,09	3,29
	В	3,89	3,29	3,29	2,58	3,29

Допускається встановлювати інші значення нормативної ймовірності відмови.

Б.5 Для обчислення ймовірності відмови P_f можуть бути використані різні методи, в тому числі аналітичні, числові та методи статистичних випробовувань.

У випадках, коли розподіли ймовірностей випадкових параметрів функції працездатності (Б.4) з достатнім ступенем точності можуть бути прийняті нормальними, можливе використання методу двох моментів. Розрахункова умова реалізації відмови (А.1) при цьому наводиться у вигляді (А.2) або (А.3).

Статистичні характеристики навантажень і параметри несучої здатності (деформативності), які використовуються в імовірнісних розрахунках, задаються в нормах навантажень і впливів і в нормах проектування конструкцій. До цих характеристик належать:

– для параметра *i*-го впливу F_i – відповідно середнє значення і стандарт $\overline{S}_i$, $\hat{S}_i$;

– для *j*-го параметра несучої здатності (деформативності) f_i – відповідно середнє значення і стандарт $\overline{r}_j$, $\hat{r}_j$.

У випадках, коли розрахунок виконується з урахуванням фактора часу, додатково розглядаються:

ω_i – ефективна частота *i*-го впливу;

K_i^{tr} – коефіцієнт тренда, який враховує сезонні зміни *i*-го впливу (наприклад, снігового та вітрового навантажень).

Б.6 У можливих випадках (при незначній нелінійності функції (Б.4), малій похибці її заміни линійною функцією) умова (Б.4) лінеаризується поблизу розрахункових значень параметрів, і їх статистичні характеристики обчислюються через коефіцієнти впливу:

$$A_i = (a_i F_{di}) \Big/ \sum_{i=1}^{n} a_i F_{di} \ (i = 1, \ldots, n),$$
$$B_j = (b_j f_{dj}) \Big/ \sum_{j=1}^{m} b_j f_{dj} \ (j = 1, \ldots, m), \qquad \text{(Б. 6)}$$

які визначають вклад кожного з *n* навантажень, що враховуються, до навантажувального ефекту *S* і кожного з *m* параметрів несучої здатності (деформативності) *R*, що використовуються, через їх коефіцієнти чутливості

$$a_i = \partial S / \partial F_i \ (i = 1, \ldots, n),$$
$$b_j = \partial R / \partial f_j \ (j = 1, \ldots, m). \qquad \text{(Б.7)}$$

Часткові похідні (Б.7) беруться при значеннях аргументів, які дорівнюють розрахунковим величинам F_{di} і f_{dj} , що визначаються за вказівками 7.2 и 7.4.

Б.7 Для *S* і *R* статистичними характеристиками є наступні параметри:

а) середні значення:

$$\overline{s} = S(F_{d1}, \ldots, F_{dn}) + \sum_{i=1}^{n} a_i \ (\overline{F} - F_{di}),$$
$$\overline{r} = R(f_{d1}, \ldots, f_{dn}) + \sum_{j=1}^{m} b_j \ (f_j - f_{dj}); \qquad \text{(Б.8)}$$

б) стандарти:

$$\hat{s} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (a_i \hat{s}_i)^2}, \ \hat{r} = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (b_j \hat{r}_j)^2}; \qquad \text{(Б.9)}$$

в) коефіцієнти варіації:

$$v_s^0 = \hat{s} / \overline{s}, \ v_r^0 = \hat{r} / \overline{r}. \qquad \text{(Б.10)}$$

За їх допомогою визначається дальність відмови (характеристика безпеки):

$$\beta = \left(p\, v_s^0 - v_r^0 \right) \Big/ \left(v_s^0 - v_r^0 \sqrt{1 + p^2} \right), \qquad \text{(Б.11)}$$

де $p = \hat{r} / \hat{S}$.

Далі за вказівками (Б.2) обчислюється ймовірність відмови, яка порівнюється з доцільним значенням імовірності відмови за (Б.3).

Б.8 У випадках, коли враховується мінливість впливів у часі, додатково розглядаються:

ω_i – ефективна частота *i*-го впливу;

K_i^{tr} – коефіцієнт тренда, який враховує сезонні зміни *i*-го впливу (наприклад, снігового та вітрового навантажень).

При цьому вірогідність досягнення конструкцією відмови за розрахунковий строк служби T_{ef} визначається як

$$P_f(T_{ef}) = K_0 f_\gamma(\beta) T_{ef}. \qquad (Б.12)$$

Тут позначено:

$f_\gamma(\beta)$ – щільність нормованого розподілу випадкових значень величини резерву несучої здатності $\tilde{Y} = \tilde{R} - \tilde{S}$ при значенні, що відповідає дальності відмови (характеристиці безпеки) (А.6);

K_0 – частотна характеристика, яка розраховується за формулою

$$K_0 = \frac{(1+\theta^2 k^2)}{3}\left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{s}_i a_i K_i^{tr}\overline{\omega_i})^2}{2\pi(1+\theta^2 k^2)(1+k^2)(\hat{r}^2+\hat{s}^2)}\right]^{1/2}. \qquad (Б.13)$$

У формулі (Б.13) позначено:

θ – відношення ефективної частоти найбільш високочастотного з навантажень, які враховуються (наприклад, кранового), до другої по зменшенню ефективної частоти (наприклад, частоті вітрового навантаження);

$k = \hat{s}_0 \Big/ \sqrt{\hat{s}^2 + \hat{r}^2 - \hat{s}_0^2}$ – коефіцієнт, що характеризує вклад стандарту $\hat{s}_0$ найбільш високочастотного навантаження, який враховується, в стандарт резерву несучої здатності.

ДОДАТОК В
(довідковий)

ПРОГНОЗУВАННЯ МОЖЛИВИХ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ, СКЛАДАННЯ СЦЕНАРІЮ РОЗВИТКУ АВАРІЙ І ОЦІНКА РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ ЗБИТКІВ

В.1 Крім звичайних розрахункових ситуацій, що повинні передбачатися під час проектування, слід аналізувати можливість виникнення і наслідки аварійних ситуацій, що можуть виникнути за рахунок позапроектних впливів чи людського фактора.

Рекомендується розглянути можливість, наприклад, таких подій:

– вихід із ладу і руйнування окремої несучої конструкції за рахунок її перевантаження понадпроектиними сполученнями навантажень і впливів;

– виникнення просадок ґрунтових основ при їх аварійному замочуванні;

– вплив можливого карстового провалу;

– вплив ударів від наїзду транспортних засобів;

– можливість відмови конструкцій при пожежі;

– пошкодження будівельних конструкцій аварійними вибухами (наприклад, побутового газу).

– можливість порушення технологічного процесу чи пошкодження устаткування (розриви трубопроводів, падіння вантажів, інші непроектні впливи).

Складання переліку можливих подій, які можуть спричинити аварійний стан, дає можливість визначити найбільш імовірні причини та місця виникнення небезпечних явищ, а також розробити заходи щодо підвищення стійкості несучих конструкцій при аварії (поділом об’єкта на відокремлені частини, встановленням дублюючих конструкцій чи додаткових в’язей).

В.2 Сценарій аварії – це модель послідовності подій, що можуть статися внаслідок виникнення ініціюючого аварійного впливу на конструкції об’єкта.

При цьому слід використовувати так званий принцип одиничної відмови, коли вважається, що аварійна ситуація ініціюється лише одним чинником (відмовою одного елемента конструкції, однією помилкою, одним порушенням технологічного процесу).

В.3 Для визначення можливості подальшого руйнування проводиться якісний аналіз ризиків можливого розвитку аварійної ситуації.

Розвиток аварійної ситуації слід розглядати крок за кроком з урахуванням місця її виникнення та можливості її локалізації. Кінцевою метою такого аналізу є оцінка зони руйнування, відносної вартості збитків та оцінка кількості осіб, які перебувають в зоні ризику.

В.4 Якщо розглядається об’єкт, кожна складова якого оцінюється окремо, сценарії розвитку аварії повинні розглядати також аварійну поведінку мереж тепло-, водо-, газо-, електропостачання та інших, які забезпечують функціонування об’єкта.

В.5 Значення ризику виникнення збитків P від руйнування об’єкта чи його елемента розраховується як:

$$P = P(H) \times P(A/H) \times P(T/H) \times P(D/H) \times C, \qquad (B.1)$$

де P(H) – імовірність виникнення небезпечної події чи явища;

P(A/H) та P(T/H) – імовірності зустрічі небезпеки з об’єктом у просторі та у часі відповідно;

P(D/H) – імовірність, що загроза H створить збитки D;

C – відносні збитки (відношення грошової оцінки збитків до вартості об’єкта). Оцінюються згідно з [1].

Рекомендований рівень ризику виникнення збитків P не повинен перевищувати $5 \cdot 10^{-6}$. Ризик виникнення збитків, нижчий за рівень $5 \cdot 10^{-6}$, є припустимим і не потребує дій щодо його зниження; вищий за $5 \cdot 10^{-5}$ – є неприпустимим і потребує негайних дій для його зниження. Ризик виникнення збитків в інтервалі від $5 \cdot 10^{-6}$ до $5 \cdot 10^{-5}$ потребує виконання системи заходів для його зниження, строки і повнота яких встановлюються з урахуванням матеріальних та соціальних чинників.

ДОДАТОК Г
(довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2002 р. № 175 "Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру"
2. Закон України "Про Державний бюджет України"
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 24 березня 2004 р. № 368 "Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за їх рівнями"
4. Закон України "Про охорону культурної спадщини"
5. Закон України "Про регулювання містобудівної діяльності"
6. Закон України "Про об’єкти підвищеної небезпеки"
7. Постанова Кабінету Міністрів України від 11 липня 2002 р. № 956 "Про ідентифікацію та декларування безпеки об’єктів підвищеної небезпеки"

Ключові слова: надійність об’єктів, відповідальність конструкцій, клас наслідків (відповідальності) об’єктів, граничні стани, розрахункові ситуації, забезпечення живучості, розрахунок надійності.

* * * * * * * * * * *

Редактор – А.О. Луковська
Комп’ютерна верстка – В.Б.Чукашкіна

Формат 60х84 1/8. Папір офсетний. Гарнітура "Arial".
Друк офсетний.

Державне підприємство "Укрархбудінформ".
вул. М. Кривоноса, 2А, м. Київ-37, 03037, Україна.
Тел. 249-36-62
Відділ реалізації: тел.факс (044) 249-36-62 (63, 64)
E-mail:uabi90@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи до державного реєстру видавців
ДК № 690 від 27.11.2001 р.