

ЗМІСТ

С.

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ	1
2 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ	1
3 ОСНОВНІ КРИТЕРІЇ ОСНОВНОЇ ВИМОГИ ДО БУДІВЕЛЬ І СПОРУД	5
4 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ОСНОВНОЇ ВИМОГИ ДО БУДІВЕЛЬ І СПОРУД	7
4.1 Проектний термін експлуатації	7
4.2 Довговічність	7
4.3 Керування якістю	7
4.4 Розрахункові моделі	7
5 ПРИНЦИПИ РОЗРАХУНКУ ЗА ГРАНИЧНИМИ СТАНАМИ	8
5.1 Загальні положення	8
5.2 Розрахункові ситуації	8
5.3 Граничні стани за несучою здатністю	9
5.4 Граничні стани за експлуатаційною придатністю	9
5.5 Розрахунок за граничними станами	9
6 БАЗОВІ ЗМІННІ	10
6.1 Дії та види впливу зовнішнього середовища	10
6.1.1 Класифікація дій (навантажень)	10
6.1.2 Характеристичні значення дій (навантажень)	10
6.1.3 Інші репрезентативні величини змінних дій	11
6.1.4 Представлення дії, пов'язаної зі втомою	12
6.1.5 Представлення динамічних дій	12
6.1.6 Геотехнічні дії	12
6.1.7 Вплив середовища	12
6.2 Характеристики будівельних конструкцій	12
6.3 Геометричні розміри	12
7 КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ НА ОСНОВІ ВИПРОБУВАНЬ	13
7.1 Конструктивний розрахунок	13
7.1.1 Конструктивне моделювання	13
7.1.2 Динамічні дії	13
7.2 Проектування на основі випробувань	13
ДОДАТОК А	
УМОВНІ ПОЗНАКИ, ІНДЕКСИ ТА СКОРОЧЕННЯ, ЩО МАЮТЬ ВИКОРИСТОВУВАТИСЯ	
У БУДІВЕЛЬНИХ НОРМАХ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСНОВНОЇ ВИМОГИ ЩОДО	
МЕХАНІЧНОГО ОПОРУ ТА СТІЙКОСТІ	14
ДОДАТОК Б	
ПЕРЕЛІК ХАРАКТЕРИСТИК БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ	
ОСНОВНУ ВИМОГУ ДО БУДІВЕЛЬ І СПОРУД	17
ДОДАТОК В	
ПРОЕКТУВАННЯ НА ОСНОВІ ВИПРОБУВАНЬ	18
В.1 Сфера та область застосування	18
В.2 Умовні позначки (символи)	18
В.3 Типи випробувань	19
В.4 Планування випробувань	19
В.5 Визначення розрахункових величин	21
В.6 Загальні принципи статистичних оцінок	22
В.7 Статистичне визначення окремої характеристики	22
В.7.1 Загальні положення	22
В.7.2 Оцінка через характеристичну величину	23
В.7.3 Пряма оцінка розрахункової величини для граничних станів за несучою здатністю ...	23
В.8 Статистичне визначення моделей опору	24

В.8.1 Загальні положення	24
В.8.2 Стандартна процедура оцінки (Метод (а)).....	24
В.8.2.1 Загальні положення.....	24
В.8.2.2 Стандартна процедура	25
В.8.3 Стандартна процедура оцінки (Метод (б)).....	28
В.8.4 Використання додаткових попередніх знань	28
ДОДАТОК Г	
БІБЛІОГРАФІЯ.....	30

ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ**Основні вимоги до будівель і споруд
МЕХАНІЧНИЙ ОПІР ТА СТІЙКІСТЬ****Basic requirements for buildings and structures
MECHANICAL RESISTANCE AND STABILITY**Чинні з **2022-09-01****1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

1.1 Ці норми визначають основні положення основної вимоги щодо забезпечення механічного опору та стійкості (далі – основна вимога) відповідно до Закону України “Про будівельні норми” [1].

1.2 Ці норми поширюються на будівлі та споруди у цілому та їх частини (конструктивні та інженерні системи) під час проектування та будівництва, а також встановлюють положення щодо дотримання функціональних параметрів об'єкта під час його експлуатації.

1.3 Вимоги цих норм застосовуються при проектуванні та будівництві разом із іншими будівельними нормами, що встановлюють вимоги до об'єктів: будівель, споруд, їх частин (конструктивних та інженерних систем) залежно від функціонального призначення.

1.4 Ці норми застосовують при встановленні у будівельних нормах обов'язкових вимог до об'єкта нормування у будівництві, а також використовуються при розробленні нормативних документів на конструктивні та інженерні системи.

2 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Нижче подано терміни, вжиті в цих нормах, та визначення позначених ними понять.

2.1 аварія

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

2.2 аварійна (випадкова) розрахункова ситуація

Розрахункова ситуація, яка відноситься до виняткових умов конструкції або впливу на неї, включаючи землетрус, пожежу, вибух, зіткнення або локальне руйнування

2.3 базовий період

Вибраний період часу, що використовується в якості основи для оцінки статистичних змінних впливів, та, можливо, для випадкових дій

2.4 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

2.5 випадкова (епізодична) дія

Дія, що, як правило, коротка за часом, але має значну величину, і є малоймовірною стосовно впливу на дану споруду протягом проектного терміну експлуатації

Примітка. Ударне навантаження, сніг, вітер, сейсмічні дії можуть бути змінними або випадковими діями, залежно від наявної інформації стосовно статистичних розподілів.

2.6 вплив

Будь-який чинник, в результаті якого в конструкції змінюються внутрішні напруження, деформації або інші параметри стану

2.7 геотехнічна дія

Дія, що передається на будівлю або споруду ґрунтом, засипкою або ґрунтовими водами

2.8 граничний стан

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

2.9 граничний стан за несучою здатністю

Стан, пов'язаний з руйнуванням або іншими схожими формами відмови конструкції чи ґрунтової основи

Примітка. Загалом він відповідає максимальній несучій здатності конструкції або елемента конструкції.

2.10 граничний стан за експлуатаційною придатністю

Стан, що відповідає умовам, поза межами яких визначені експлуатаційні вимоги для конструкції або елемента конструкції більше не виконуються

2.11 граничний стан за експлуатаційною придатністю зворотний

Граничний стан, де відсутні наслідки дій, що перевищують визначені експлуатаційні вимоги після припинення цих дій

2.12 граничний стан за експлуатаційною придатністю незворотний

Граничний стан, де деякі наслідки дій, що перевищують визначені експлуатаційні вимоги, залишатимуться після припинення цих дій

2.13 дія

а) сукупність сил (навантажень), які прикладені до конструкції (пряма дія);

б) сукупність прикладених деформацій або прискорень, що викликані, наприклад, зміною температури, зміною вологості, нерівномірним осіданням або землетрусами (непряма дія)

2.14 динамічна дія

Дія, що викликає прискорення конструкції або елементів конструкції

2.15 довговічність

Властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану в умовах установленної системи технічного нагляду, обслуговування та ремонту

2.16 загальний розрахунок

Визначення в конструкції чи ґрунтовому масиві узгоджених сполучень внутрішніх сил і моментів або напружень, що є врівноваженими з конкретною визначеною сукупністю дій на них, та залежить від геометричних і конструктивних даних, а також властивостей матеріалів

2.17 змінна дія

Дія, варіації величини якої протягом часу є ні незначними, ні монотонними

2.18 ефект впливу (навантажувальний ефект)

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

2.19 квазіпостійна величина змінної дії

Детермінована величина дії, що загальний час, протягом якого вона буде перевищена, становить значну частку базового періоду. Може бути виражена як визначена частина характеристичного значення

2.20 квазістатична дія (статичний еквівалент)

Динамічний вплив, що представлений еквівалентним за наслідками статичним впливом в розрахунковій статичній моделі

2.21 квантиль

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

2.22 комбінація дій (навантажень)

Група розрахункових навантажень, сукупностей деформацій та недосконалостей, що одночасно використовуються для перевірки конструкції чи ґрунтового масиву за граничними станами

2.23 комбінаційне значення змінної дії

Вибране значення, яке може бути визначене на статистичній основі так, що вірогідність того, що результати, викликані цією комбінацією, будуть перевищені, є, приблизно, такою ж, як і характеристичне значення індивідуальної дії.

Це значення може бути виражене як визначена частина характеристичної величини

2.24 конструктивний елемент

Фізично окрема частина конструкції, наприклад, колона, балка, плита, фундамент

2.25 конструктивний розрахунок

Процедура або алгоритм для визначення результатів від дій у характерних точках, перерізах конструкції або в конструктивних елементах

Примітка. Конструктивний розрахунок може виконуватись на трьох рівнях, використовуючи різні моделі: загальний розрахунок, розрахунок елемента, локальний розрахунок.

2.26 конструктивна система

Несучі елементи будівлі або цивільних інженерних споруд і спосіб, яким дані елементи функціонують разом

2.27 конструкція

Організована комбінація поєднаних між собою частин, запроектована сприймати навантаження та забезпечувати відповідну жорсткість

2.28 критерій експлуатаційної придатності

Розрахунковий критерій для граничного стану експлуатаційної придатності

2.29 міцність

Механічна властивість матеріалу чи ґрунту, що відображає його здатність протидіяти впливам, яка, зазвичай, надається в одиницях напруження

2.30 надійність

Властивість конструкції, будівлі або споруди (у тому числі ґрунтової) виконувати задані функції протягом всього проектного терміну експлуатації

Примітка. Надійність охоплює безпеку, експлуатаційну придатність та довговічність конструкції чи споруди.

2.31 несуча здатність

Характеристика конструкції, яка визначається величиною навантаження чи впливу, яка задовольняє граничним станам за несучою здатністю

2.32 номінальна величина властивості матеріалу

Величина, що використовується як характеристична

2.33 номінальне значення

Значення, визначене на нестатистичній базі, наприклад, на базі отриманого досвіду або фізичного стану

2.34 опір

Здатність елемента або поперечного перерізу конструкції витримувати впливи без механічного ушкодження, наприклад, опір на стиск, опір при згині, опір при поздовжньому згині, опір на розтяг

2.35 перехідна розрахункова ситуація

Розрахункова ситуація, яка має місце протягом періоду, значно коротшого ніж проектний термін служби конструкції, та яка має високу можливість виникнення

Примітка. Перехідна розрахункова ситуація відноситься до тимчасового стану використання конструкції або зовнішнього впливу, наприклад, протягом зведення або ремонту.

2.36 поодинокі дії

Дія, яку можливо припустити як статистично незалежну в часі та просторі відносно будь-якої іншої дії на конструкцію

2.37 постійна дія

Дія, що, вірогідно, діятиме протягом базового періоду та варіації значень якої протягом цього часу є незначними, або для якої варіації завжди відбуваються в одному напрямку (монотонні), доки ця дія не досягне визначеного граничного параметра

2.38 проектний термін експлуатації

Встановлений проміжок часу, упродовж якого будівля або споруда експлуатується за призначенням

2.39 репрезентативна величина дії

Величина, що використовується для перевірки граничного стану. Репрезентативна величина може бути характеристичною величиною або супутньою величиною

2.40 ризик

Добуток ймовірності несприятливої події на оцінку збитку (наслідків) від неї

2.41 розрахункова величина властивості матеріалу або виробу або ґрунту

Величина, що отримана діленням характеристичного значення на часткові коефіцієнти або, в особливих обставинах, безпосереднім визначенням

2.42 розрахункова величина геометричної характеристики

Звичайно це – номінальна величина. Там, де доречно, величини геометричних розмірів можуть відповідати заданим квантилям статистичного розподілення

Примітка. Розрахункова величина геометричної характеристики, звичайно, дорівнює характеристичному значенню. Однак, може бути по-іншому у випадках, де граничний стан, що розглядається, є дуже чутливим до показника геометричної характеристики, наприклад, коли розглядається вплив геометричних недосконалостей на поздовжній вигин. У таких випадках розрахункова величина буде, зазвичай, встановлюватись як безпосередньо задана величина. Як альтернатива, вона може бути встановлена на статистичній основі зі значенням, що відповідає відповіднішому квантилю (тобто рідкісніша величина) ніж та, що використовується для характеристичного значення.

2.43 принципи використання норм

Загальні визначення, вимоги та аналітичні моделі, для яких не існує альтернатив

2.44 правила використання норм

Правила, які виконують принципи та задовольняють їх вимоги

2.45 розрахункова величина дії

Величина, отримана множенням характеристичної величини на частковий коефіцієнт

2.46 розрахункова модель

Ідеалізація конструктивної системи чи ґрунтового масиву, яка використовується з метою розрахунку, проектування та перевірки

2.47 розрахункова ситуація

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

2.48 розрахунковий критерій

Кількісні формулювання, що описують кожний граничний стан умов, які повинні бути виконані

2.49 сейсмічна дія

Дія, що виникає внаслідок сейсмічних зрушень земної кори

2.50 сейсмічна розрахункова ситуація

Розрахункова ситуація, що відноситься до виняткових умов конструкції, яких вона зазнає у випадку сейсмічної дії

2.51 схема навантаження

Ідентифікація положення, величини та напрямку незалежного впливу

2.52 статична дія

Дія, силами інерції якої при розрахунках конструкцій або її елементів можна знехтувати

2.53 стійкість

Нечутливість до пошкодження або здатність конструкції протистояти несприятливим та непередбачуваним подіям або втраті рівноваги між зовнішніми діями і внутрішніми зусиллями та уникати пошкоджень, що непропорційні за обсягами порівняно з першопричиною

2.54 супутня величина змінної дії

Величина змінної дії, що входить у комбінацію, і що є супутньою, для провідної дії у цій

комбінації

Примітка. Супутня величина змінної дії може бути комбінаційною величиною, часто повторюваною величиною або квазіпостійною величиною.

2.55 усталена розрахункова ситуація

Розрахункова ситуація, яка має місце для періоду такого ж порядку, що і проектний термін експлуатації будівлі або споруди

Примітка. Загалом це стосується звичайних умов експлуатації конструкції.

2.56 фіксована дія

Дія, що має фіксоване розподілення та місцеположення відносно конструкції або елемента конструкції так, що величина та напрямок дії є визначеними однозначно для конструкції в цілому або для елемента конструкції, якщо ця величина та напрямок визначені на одній точці конструкції або елемента конструкції

2.57 характеристична величина

Показник властивості матеріалу, ґрунту або виробу, що має задану вірогідність його досягнення у гіпотетично необмеженій серії випробувань. Це значення загалом відповідає визначеному квантилю допустимого статистичного розподілення відповідної властивості матеріалу, ґрунту або виробу. В деяких обставинах номінальне значення використовується як характеристичне значення

2.58 характеристична величина геометричної характеристики

Величина, що, зазвичай, відповідає розмірам, визначеним у проекті. Величини геометричних розмірів можуть відповідати заданим квантилям статистичного розподілення

2.59 характеристичне значення дії

Головне репрезентативне значення дії

Примітка. Оскільки характеристичне значення може бути призначене на статистичній основі, то воно вибирається так, щоб відповідати заданій вірогідності неперевикнення цього значення з несприятливого боку протягом «базового періоду», беручи до уваги проектний термін експлуатації даної конструкції та тривалість цієї розрахункової ситуації.

2.60 часто повторюване значення змінної дії

Детерміноване значення, яке може бути визначене на статистичній основі так, що в межах базового періоду, протягом якого воно є перевищеним, є тільки малою часткою базового періоду, або частота його перевищення обмежена відповідним значенням

ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ, що використані у цих нормах, та мають застосовуватись при розробці будівельних норм для забезпечення основної вимоги щодо механічного опору та стійкості, наведені у додатку А.

3 ОСНОВНІ КРИТЕРІЇ ОСНОВНОЇ ВИМОГИ ДО БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

3.1 Будівлі, споруди та їх частини повинні бути запроектовані та виконані так, щоб протягом усього життєвого циклу (під час проектування, будівництва, експлуатації, виводу із експлуатації та ліквідації) з відповідним ступенем надійності та економічності:

- витримували усі можливі дії та впливи під час їх зведення і використання;
- відповідали зазначеним вимогам до експлуатації.

3.2 Будівлі і споруди та їх частини повинні бути запроектовані і побудовані з відповідною несучою здатністю, експлуатаційною придатністю та довговічністю, тобто, навантаження та впливи, що діятимуть під час будівництва і експлуатації, не призводили до:

- руйнування всієї будівлі або споруди, або її частини;
- значної деформації, що перевищує гранично допустимий ступінь;
- пошкодження частини будівлі або споруди або встановленого обладнання внаслідок значних деформацій несучих конструкцій;
- пошкодження, непропорційного за обсягами порівняно з першопричиною.

3.3 Несуча здатність та стійкість несучих конструкцій будівель і споруд у разі пожежі має бути забезпечена протягом проміжку часу, необхідного для забезпечення евакуації людей та

виконання робіт пожежно-рятувальними підрозділами.

3.4 Сейсмічні впливи не повинні призводити до руйнування всієї будівлі або споруди, або її частини.

3.5 Конструкції, будівлі та споруди повинні бути запроектовані та виконані так, щоб не зазнавати пошкоджень внаслідок вибуху, ударів та наслідків людської помилки у розмірі, не пропорційному першопричині.

3.6 Потенційні руйнування повинні бути виключені або обмежені шляхом:

- усунення або зниження небезпеки для несучої конструкції;
- вибору конструктивної системи, малочутливої до небезпеки, що розглядається;
- вибору конструктивної системи, яка може забезпечити цілісність будівлі або споруди при відмові окремого елемента або обмеженої частини конструкції, або при виникненні допустимого локального руйнування;
- надійного з'єднання конструктивних елементів;
- використання заходів захисту від перенавантаження (наприклад, легкоскридних огорожень).

3.7 Основна вимога забезпечується виконанням таких заходів:

- вибором придатних матеріалів,
- відповідним розрахунком та конструюванням;
- визначенням процедур контролю проектування, виробництва, зведення та експлуатації, які повинні бути зазначені проектом.

3.8 Надійність, яка пред'являється до конструкцій, будівель та споруд, досягається забезпеченням вимог будівельних норм при розробці проекту і належним виконанням заходів з керування якістю та експлуатацією згідно з проектом.

3.9 Для несучої здатності та для експлуатаційної придатності конструкцій можуть прийматись різні рівні надійності.

3.10 При виборі рівнів надійності для відповідної конструкції будівлі або споруди слід брати до уваги такі основні фактори, які включають:

- можливі причини та/або режим досягнення граничного стану;
- можливі наслідки руйнування, які стосуються ризику для життя, тілесних ушкоджень, потенційних економічних втрат;
- втрата пам'яток історії та об'єктів культурної спадщини;
- витрати та процедури, необхідні для зменшення ризику руйнування.

3.11 Рівні надійності, що використовуються для конструкції, можуть бути визначені одним з наступних або обома способами:

- класифікацією будівлі або споруди в цілому за наслідками (відповідальністю);
- класифікацією конструкції або її компонентів за категорією відповідальності.

3.12 Рівні надійності стосовно несучої здатності та експлуатаційної придатності можуть досягатись відповідною комбінацією:

а) превентивних та захисних заходів (наприклад, створенням захисних бар'єрів, активними та пасивними захисними заходами проти пожежі, захисними заходами проти ризику появи корозії, такими як фарбування або катодний захист);

б) заходів, що відносяться до проектних розрахунків:

- репрезентативних величин дій;
- вибору часткових коефіцієнтів;

в) заходів, що відносяться до керування якістю;

г) заходів, які мають на меті зменшення помилок при проектуванні і зведенні конструкцій;

д) інших заходів, що відносяться до таких інших проектних аспектів:

- основні вимоги;
- ступінь живучості (конструктивна цілісність);
- довговічність, включаючи проектний термін експлуатації;

- ступінь та якість інженерних досліджень та можливий вплив зовнішнього середовища;
- точність використаних розрахункових моделей;
- е) виконання будівельних робіт згідно з проектною документацією;
- ж) здійснення періодичних оглядів, обстежень та експлуатаційного обслуговування будівель і споруд.

4 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ОСНОВНОЇ ВИМОГИ ДО БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

4.1 Проектний термін експлуатації

4.1.1 Проектний термін експлуатації визначається, виходячи з вимог, що містяться у завданні на проектування, на основі техніко-економічного обґрунтування.

4.1.2 При визначенні проектного терміну експлуатації слід прогнозувати швидкість змін тих технологічних процесів і виробництв, для організації і обслуговування яких створюється об'єкт.

4.2 Довговічність

4.2.1 Для оцінки довговічності будівельних конструкцій застосовують такі методи:

- розрахункові методи (у випадку їх наявності);
- спостереження за технічним станом будівельних конструкцій в будівлях і спорудах, що експлуатуються;
- механічні руйнівні і неруйнівні випробування;
- кліматичні короткострокові і довгострокові випробування;
- хімічні випробування (враховуючи корозійні).

4.3 Керування якістю

4.3.1 При розробці конструкції, будівлі або споруди, що відповідає вимогам та припущенням, зробленим при проектуванні, слід вжити відповідних заходів з керування якістю.

Ці заходи складаються з визначення вимог до надійності, організаційних заходів та здійснення контролю на стадіях проектування, будівництва та експлуатації будівель і споруд.

4.4 Розрахункові моделі

4.4.1 Всі проектні розрахунки виконуються з використанням розрахункових моделей, серед яких визначаються:

- моделі впливів;
- моделі споруд, за допомогою яких визначаються внутрішні сили, моменти, напруження тощо;
- моделі властивостей опору матеріалів.

Розрахункові моделі, як правило, повинні базуватися на експериментальній перевірці прийнятих припущень, що визначають співвідношення між впливом і ефектом впливу і між ефектом впливу і міцністю.

4.4.2 Моделі впливів

4.4.2.1 Повна модель впливу має описувати його властивості, такі як величина, положення, напрямки, тривалість тощо.

Вибір моделі впливу залежить від типу розрахунку, що виконується. При статичному розрахунку, зазвичай, важливі тільки максимальні і мінімальні значення протягом деякого періоду повторюваності.

4.4.2.2 Динамічна модель впливу має описувати зміну впливу в часі досить докладним і точним способом для того, щоб отримати достатньо точні результати розрахунків. Вплив може бути задано в тимчасовій або частотній області.

4.4.3 Моделі будівель та споруд

4.4.3.1 Будівля або споруда в загальному випадку може бути представлена моделлю, що складається з одновимірних елементів (балки, колони, ванти, арки тощо), двовимірних елементів (плити, стіни, оболонки тощо) і тривимірних елементів.

Зазвичай геометричні розміри діючої конструкції відрізняються від їх номінальних значень, тобто у конструкції є геометричні недосконалості. Якщо робота конструкції чутлива до таких недоліків, то вони повинні бути включені в модель.

4.4.3.2 У деяких випадках деформації конструкції викликають суттєві відхилення від номінальних значень геометричних розмірів. Якщо такі деформації важливі для роботи конструкції, їх доводиться розглядати в розрахунку принципово тим же самим способом, що і недосконалості. Ефекти таких деформацій зазвичай позначаються як геометрично нелінійні або ефекти другого порядку.

4.4.3.3 При побудові моделі будівлі або споруди необхідно визначити, які види реакцій розглядаються:

- динамічна чи статична;
- пружна чи непружна;
- геометрично лінійна чи геометрично нелінійна;
- з незалежною від часу поведінкою чи з залежною (наприклад, повзучістю).

4.4.4 Моделі опору матеріалів

4.4.4.1 У всіх проектних розрахунках необхідно приймати деякі припущення про співвідношення між силами або моментами і деформаціями (або швидкостями деформації). Ці припущення можуть змінюватися в залежності від мети і типу розрахунку.

4.4.4.2 Можливі використання моделей лінійної або нелінійної пружної роботи, пружно-пластичної або жорстко-пластичної поведінки матеріалу.

При цьому можливо використовувати різні моделі для загального розрахунку споруди і для перевірки несучої здатності елементів чи сполучень. Наприклад, згинальний момент в нерозрізній балці може бути обчислений відповідно до її пружної роботи, а несуча здатність – з урахуванням пружно-пластичного опору перерізу.

5 ПРИНЦИПИ РОЗРАХУНКУ ЗА ГРАНИЧНИМИ СТАНАМИ

5.1 Загальні положення

5.1.1 Для реалізації встановлених вимог до механічного опору і стійкості при проектуванні будівельних конструкцій, будівель і споруд використовується розрахунок за граничними станами.

Граничні стани розрізняються за несучою здатністю та за експлуатаційною придатністю.

5.1.2 Перевірка одного з двох граничних станів може бути пропущена за умови наявності достатньої інформації, яка доводить, що ця категорія задовольняється завдяки іншій.

5.1.3 Граничні стани пов'язані з розрахунковими ситуаціями з урахуванням положень 5.2 цих норм.

5.1.4 Розрахункові ситуації класифікуються як усталені, перехідні, випадкові (аварійні) та/або сейсмічні з урахуванням положень 5.2 цих норм.

5.1.5 Перевірка граничних станів, які пов'язані з залежними від часу ефектами (наприклад, втома, консолідація ґрунтів), має проводитись з урахуванням проектного терміну експлуатації будівель і споруд.

5.2 Розрахункові ситуації

5.2.1 Відповідні розрахункові ситуації слід вибирати, беручи до уваги обставини, за яких конструкція має виконувати власні функції.

5.2.2 Розрахункові ситуації класифікуються так:

- усталені розрахункові ситуації, які відносяться до умов нормального використання;
- перехідні розрахункові ситуації, які відносяться до тимчасових для цієї конструкції умов, наприклад, під час зведення (виготовлення) або ремонту конструкції;
- випадкові (аварійні) розрахункові ситуації, які відносяться до аварійних умов стосовно конструкції, або їх впливу на конструкцію, наприклад, пожежа, вибух, вплив наслідків локалізованого руйнування чи середовища, в якому вона знаходиться, наприклад, аварійні витоки зі споруд чи мереж, що призводить до нерівномірних деформацій чи зсувів;
- сейсмічні розрахункові ситуації, які відносяться до умов, коли конструкція зазнає впливу з боку природних сейсмічних сил.

5.2.3 Вибрані розрахункові ситуації повинні бути такими, щоб виконувалися всі умови, виникнення яких може бути достовірно передбачене протягом будівництва та експлуатації будівлі або споруди.

5.3 Граничні стани за несучою здатністю

5.3.1 Граничні стани, що стосуються безпеки конструкції класифікуються як граничні стани за несучою здатністю.

5.3.2 Стани, що передують руйнуванню конструкції чи втраті стійкості ґрунтового масиву, також розглядаються як граничні стани за несучою здатністю.

5.3.3 Слід перевіряти граничні стани за несучою здатністю щодо:

- втрати рівноваги конструкції або будь-якої її частини, що розглядається як тверде тіло;
- руйнування конструкції або будь-якої її частини внаслідок надмірної деформації, трансформації, втрати стійкості включно з опорами та фундаментом;
- руйнування конструкції внаслідок втоми або інших залежних від часу впливів;
- втрата рівноваги ґрунтового масиву.

5.4 Граничні стани за експлуатаційною придатністю

5.4.1 Граничні стани за експлуатаційною придатністю стосуються:

- функціонування конструкції за нормальних умов експлуатації;
- комфорту людей;
- зовнішнього вигляду будівель і споруд.

5.4.2 Розрізняються зворотні та незворотні граничні стани експлуатаційної придатності.

5.4.3 Перевірка граничних станів за експлуатаційною придатністю має базуватись на критеріях, що стосуються таких аспектів:

- деформацій, що впливають на зовнішній вигляд, комфорт користувачів, функціонування конструкції (включно з функціонуванням обладнання або обслуговування), викликають руйнування оздоблення або неконструктивних елементів;
- вібрацій чи коливань (прискорень), що викликають дискомфорт для людей або обмежують функціональну ефективність конструкції;
- руйнування, що негативно впливають на зовнішній вигляд, довговічність та/або функціонування конструкції.

5.5 Розрахунок за граничними станами

5.5.1 Розрахунок за граничними станами базується на використанні моделей конструкцій, основ (чи ґрунтових масивів) і навантажень для відповідних граничних станів.

5.5.2 Слід перевіряти граничні стани на перевищення відповідних розрахункових величин, зокрема, дій, властивостей ґрунтів і матеріалів або виробів та геометричних даних, які використані у цих моделях.

5.5.3 Перевірка виконується для всіх відповідних розрахункових ситуацій та комбінацій навантажень.

5.5.4 В якості альтернативи може використовуватись розрахунок, що безпосередньо базується на ймовірнісному методі.

5.5.5 Для відповідної перевірки, зазвичай, приймаються випадки навантажень, види деформацій та недосконалостей, які можуть розглядатися одночасно з визначеними змінними та постійними діями.

5.5.6 Слід брати до уваги можливі відхилення дій від напрямків та місць прикладання.

5.5.7 Моделі конструкцій, основ (ґрунтових масивів) та навантажень можуть бути фізичними моделями або математичними моделями.

6 БАЗОВІ ЗМІННІ

6.1 Дії та види впливу зовнішнього середовища

6.1.1 Класифікація дій (навантажень)

6.1.1.1 Залежно від змін у часі дії класифікуються так:

- постійні дії (G), наприклад, власна вага конструкцій, вага та тиск ґрунтів, стаціонарного обладнання, та непрямі дії, що викликані, наприклад, нерівномірним осіданням ґрунтів;
- змінні (тимчасові) дії (Q), наприклад, тимчасові прикладені навантаження на перекриття будівель, балки та дахи, змінні дії вітру або снігового навантаження;
- випадкові (епізодичні) дії (A), наприклад, вибухи, або удари транспортних засобів, нерівномірні деформації основи фундаментів, обумовлені зміною структури ґрунту (при замочуванні просідаючих ґрунтів) або осіданням у районах гірничих виробок і в карстових районах.

Примітка. Непрямі дії, викликані прикладеною деформацією, можуть бути постійними або змінними.

6.1.1.2 Деякі дії, такі як сейсмічні та снігове навантаження, можуть розглядатись як випадкові та/або змінні дії залежно від географічного розташування об'єкта.

6.1.1.3 Дії, викликані тиском рідини, залежно від зміни їх величини у часі, можуть розглядатись як постійні та/або змінні.

6.1.1.4 Дії класифікуються:

- за їх походженням, як прямі або непрямі,
- за їх зміною у просторі, як фіксовані або вільні;
- за їх природою та/або реакцією конструкції, як статичні або динамічні.

6.1.1.5 Дію слід описувати за допомогою моделі. Її значення, зазвичай, надається за допомогою однієї скалярної величини, яка може мати декілька значень.

6.1.2 Характеристичні значення дій (навантажень)

6.1.2.1 Характеристичне значення F_k дії є її головним репрезентативним значенням і має бути визначеним:

- як середнє значення, верхнє або нижнє, або номінальне значення (котре не відноситься до відомого статистичного розподілення);
- у проектній документації за умови, що узгодженість досягається завдяки методам, наведеним у відповідних будівельних нормах.

6.1.2.2 Характеристичне значення постійної дії має визначатись:

- якщо варіативність G може прийматись як мала, використовують одне окреме значення G_k ;
- якщо варіативність G не може розглядатися малою, потрібно використовувати два значення: верхнє значення $G_{k,sup}$ та нижнє значення $G_{k,inf}$.

6.1.2.3 Варіативністю G можна знехтувати, якщо G не змінюється значною мірою протягом проектного терміну експлуатації конструкції та її коефіцієнт варіації малий. G_k можна приймати рівним середньому значенню.

Примітка. Коефіцієнт варіації в діапазоні від 0,05 до 0,10, залежно від типу конструкції, може вважатися малим.

6.1.2.4 У випадках, коли конструкція дуже чутлива до змін G (наприклад, деякі типи попередньо напружених залізобетонних конструкцій), слід використовувати два значення, навіть якщо коефіцієнт варіації малий. Тоді $G_{kj,inf}$ має 5% квантиль, а $G_{kj,sup}$ - 95% квантиль у статистичному розподіленні G , яке може розглядатися як Гаусове.

6.1.2.5 Власна вага конструкції може бути представлена як поодиноким характеристичним значенням та підраховуватись на основі номінальних розмірів та середньої маси.

6.1.2.6 Попереднє напруження (P) слід класифікувати як постійну дію, викликану або контрольованими силами, та/або контрольованою деформацією, яка прикладена до конструкції.

Слід розрізняти ці типи попереднього напруження (наприклад, попереднє напруження арматури, попереднє напруження шляхом прикладення деформації на упорах).

Примітка. Характеристичні значення попереднього напруження у час t можуть мати верхнє значення $P_{k,sup}(t)$ та нижнє значення $P_{k,inf}(t)$. Для граничного стану за несучою здатністю може використовуватись середнє значення $P_m(t)$ згідно з [19].

6.1.2.7 Для змінних дій характеристичне значення (Q_k), повинне відповідати одному з двох:

- верхньому значенню з заданою ймовірністю неперевикнення або нижньому значенню з заданою ймовірністю досягнення протягом відповідного базового періоду;
- номінальному значенню, що може бути визначено у випадках, де статистичне розподілення невідоме.

6.1.2.8 Характеристичне значення кліматичних впливів або дій базується на ймовірності 0,02 перевищення її частиною, що змінюється у часі за базовий період в один рік. Це є еквівалентним середній повторюваності один раз за 50 років.

Однак, в деяких випадках, характер дії та/або обрана розрахункова ситуація встановлюють інший квантиль та/або відповідний період повторюваності.

6.1.2.9 Розрахункова величина A_d для випадкових (епізодичних) дій має бути визначена для окремих проєктів.

6.1.2.10 Розрахункова величина A_{Ed} для сейсмічних дій має бути визначена, виходячи з характеристичного значення A_{Ek} або бути визначеною проєктом.

6.1.3 Інші репрезентативні величини змінних дій

6.1.3.1 Інші репрезентативні значення змінної дії:

- комбінаційна величина дії, представлена як добуток $\psi_0 Q_k$, яка використовується для перевірки граничного стану за несучою здатністю та незворотними граничними станами за експлуатаційною придатністю;
- часто повторювана величина дії, представлена як добуток $\psi_1 Q_k$, яка використовується для граничного стану за несучою здатністю, включаючи випадкові дії, та для перевірки зворотних граничних станів за експлуатаційною придатністю;

Примітка 1. Наприклад, для будівель часто повторювана величина вибирається так, що термін її перевищення складає 0,01 базового періоду; для рухомого навантаження на мости часто повторювана величина оцінюється на базі періоду повторення в один тиждень.

Примітка 2. Нечасто повторювана величина, представлена як добуток $\psi_{1,inf} Q_k$, може використовуватись, щоб перевірити деякі граничні стани за експлуатаційною придатністю спеціально для залізобетонного настилу моста. Нечасто повторювана величина, яка визначається тільки для рухомого навантаження, базується на періоді повторюваності в один рік.

- квазіпостійна величина, представлена як добуток $\psi_2 Q_k$, яка використовується для перевірки граничного стану за несучою здатністю, включаючи випадкові дії та для перевірки зворотних граничних станів за експлуатаційною придатністю. Квазіпостійні величини також використовуються для розрахунків на тривалі впливи.

Примітка. Для навантажень на перекриття в будівлях квазіпостійна величина, зазвичай, вибирається так, щоб доля часу її перевищення становила 0,50 базового періоду. Як альтернатива, квазіпостійна величина може бути визначеною як середня величина для вибраного періоду часу. У випадку дії вітру або рухомого навантаження квазіпостійна величина, як правило, приймається рівною нулю.

6.1.4 Представлення дії, пов'язаної зі втомою

6.1.4.1 Моделі для дій, які пов'язані зі втомою, мають бути такими, що встановлені у будівельних нормах для визначення реакції конструкції до коливань навантажень.

6.1.4.2 Для конструкцій, що не підпадають під використання моделей навантажень, встановлених у будівельних нормах, викликані втомою дії, можуть визначатись за оцінкою результатів вимірів або еквівалентних досліджень спектра очікуваних дій.

6.1.5 Представлення динамічних дій

6.1.5.1 Моделі навантаження, визначені характеристичними значеннями, та моделі втоми можуть включати ефекти прискорень, спричинені діями, або безпосередньо, або явно, застосовуючи підвищені динамічні коефіцієнти до характеристичних статичних навантажень.

6.1.5.2 Якщо динамічні дії викликають значне прискорення конструкції, слід використовувати динамічний аналіз конструктивної системи з урахуванням положень 8.1.2 цих норм.

6.1.6 Геотехнічні дії

6.1.6.1 Геотехнічні дії слід оцінювати згідно з відповідними будівельними нормами.

6.1.7 Вплив середовища

6.1.7.1 Вплив середовища на довговічність конструкції слід брати до уваги при виборі матеріалів для конструкцій, їх характеристик та конструктивних принципів при проектуванні.

6.1.7.2 Ефекти від впливу середовища мають братися до уваги там, де це можливо, і повинні бути описані у кількісному відношенні.

6.2 Характеристики будівельних конструкцій

6.2.1 Характеристики будівельних конструкцій пов'язані з відповідною основною вимогою до будівель і споруд та обумовлюють виконання критеріїв цієї основної вимоги.

Перелік характеристик будівельних виробів та конструкцій, що визначають основну вимогу «механічний опір та стійкість», наведений в додатку Б.

6.2.2 Характеристики будівельних конструкцій повинні забезпечувати виключення або зменшення до припустимих меж ступеня ризику (рівня небезпеки) від впливів, які визначаються основною вимогою.

6.2.3 Величини характеристик будівельних конструкцій можуть визначатися:

- загальноприйнятими значеннями, що є безпечними оцінками характеристик будівельних конструкцій, які протягом тривалого часу знаходяться у використанні (експлуатації);
- розрахунковими значеннями, які враховують умови експлуатації і наслідки фізичного зносу (старіння) будівельних конструкцій.

6.2.4 Для перевірки характеристик будівельних конструкцій застосовують методи і критерії оцінки показників та їх стабільності.

6.3 Геометричні розміри

6.3.1 Геометричні розміри представляються своїми характеристичними значеннями або (наприклад, у випадку недосконалостей) безпосередньо їх розрахунковими величинами.

6.3.2 Розміри, визначені при проектуванні, можуть прийматись як характеристичні значення.

6.3.3 Якщо статистичний розподіл геометричних розмірів добре відомий, можуть використовуватись величини, що відповідають заданому квантилю статистичного розподілу.

6.3.4 Недосконалості, які впливають на забезпечення основної вимоги, повинні бути наведені в будівельних нормах.

7 КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ НА ОСНОВІ ВИПРОБУВАНЬ

7.1 Конструктивний розрахунок

7.1.1 Конструктивне моделювання

7.1.1.1 Розрахунки повинні виконуватися з використанням придатних розрахункових моделей, які включають відповідні змінні.

7.1.1.2 Розрахункові моделі повинні якомога достовірніше відображати дійсні умови роботи об'єкта конструкції і його напружено-деформований стан шляхом врахування відповідних розрахункових ситуацій.

7.1.1.3 Розрахункові моделі повинні відповідати усталеній інженерній теорії та практиці. Якщо необхідно, їх слід перевіряти експериментальним шляхом.

7.1.1.4 Використані в моделі граничні умови повинні відображати граничні умови конструкції, будівлі або споруди.

7.1.1.5 Моделювання повинне базуватись на відповідному виборі залежності «сила-деформація» для конструкцій та їх з'єднань, між конструкціями та ґрунтової основи.

7.1.1.6 При перевірках граничних станів також слід враховувати вплив зміщень та деформацій, якщо вони призводять до значного збільшення результату дій.

7.1.2 Динамічні дії

7.1.2.1 Конструктивна модель, що використовується для визначення впливу дії, має враховувати всі відповідні конструктивні елементи, їх масу, жорсткість і характеристики демпфірування, а також усі суттєві неконструктивні елементи з їх властивостями.

7.1.2.2 У деяких випадках динамічні складові можливо розглядати як статичні дії, що еквівалентні динамічним діям з врахуванням підвищуючих коефіцієнтів до статичних дій.

7.1.2.3 Динамічні дії також можуть бути вираженими на основі акселерограм землетрусів або в частотній області і надані як реакції конструкцій, що визначені відповідними методами.

7.1.2.4 У випадках, коли динамічні дії викликають вібрації з амплітудою або частотами, що можуть перевищити вимоги експлуатаційної придатності, має бути виконана перевірка граничного стану за експлуатаційною придатністю.

7.2 Проектування на основі випробувань

7.2.1 Проектування може базуватись на комбінації випробувань та розрахунків.

Примітка. Випробування може виконуватись, наприклад, за таких обставин: немає адекватної розрахункової моделі; використовується велика кількість схожих компонентів; для підтвердження шляхом контрольної перевірки припущення, які були зроблені при проектуванні. Див. додаток В.

7.2.2 Результати проектування на основі випробувань повинні забезпечити рівень надійності, необхідний для відповідної проектної ситуації.

Статистична невизначеність, яка обумовлена обмеженою кількістю результатів випробувань, має бути врахована.

7.2.3 Повинні використовуватися часткові коефіцієнти (включно з коефіцієнтами для невизначеностей моделі), які можна порівняти з коефіцієнтами, що застосовані у будівельних нормах.

ДОДАТОК А
(довідковий)

**УМОВНІ ПОЗНАКИ, ІНДЕКСИ ТА СКОРОЧЕННЯ,
ЩО МАЮТЬ ВИКОРИСТОВУВАТИСЯ У БУДІВЕЛЬНИХ НОРМАХ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ОСНОВНОЇ ВИМОГИ ЩОДО МЕХАНІЧНОГО ОПОРУ ТА СТІЙКОСТІ**

Великі латинські літери

A	Випадкова дія
A_d	Розрахункова величина випадкової дії
A_{Ed}	Розрахункова величина сейсмічної дії $A_{Ed} = \gamma_I A_{Ek}$
A_{Ek}	Характеристична величина сейсмічної дії
C_d	Номінальна величина або функція фактичних розрахункових властивостей матеріалів
E	Результат дій
E_d	Розрахункова величина результату дій
$E_{d,dst}$	Розрахункова величина результату дестабілізуючих дій
$E_{d,sbt}$	Розрахункова величина результату стабілізуючих дій
F	Дія
F_d	Розрахункова величина дії
F_k	Характеристична величина дії
F_{rep}	Репрезентативна величина дії
F_w	Дія вітру (загальний символ)
F_{wk}	Характеристична величина дії вітру
F_w^*	Дія вітру, сумісна з дорожнім рухом
F_w^{**}	Дія вітру, сумісна із залізничним рухом
G	Постійна дія
G_d	Розрахункова величина постійної дії
$G_{d,inf}$	Нижня розрахункова величина постійної дії
$G_{d,sup}$	Верхня розрахункова величина постійної дії
G_k	Характеристична величина постійної дії
$G_{k,j}$	Характеристична величина постійної дії j
$G_{k,j,sup}/G_{k,j,inf}$	Верхня/нижня характеристична величина постійної дії j
G_{set}	Постійні дії, викликані нерівномірністю осадок
P	Відповідна репрезентативна величина дії попереднього напруження (див. ДБН В.2.6-98)
P_d	Розрахункова величина дії попереднього напруження
P_k	Характеристична величина дії попереднього напруження
P_m	Середня величина дії попереднього напруження
Q	Змінна дія
Q_d	Розрахункова величина змінної дії
Q_k	Характеристична величина однієї змінної дії
$Q_{k,1}$	Характеристична величина провідної змінної дії 1
$Q_{k,i}$	Характеристична величина супутньої змінної дії i
Q_{Sn}	Характеристична величина навантаження від снігу
R	Опір
R_d	Розрахункова величина опору
R_k	Характеристична величина опору
T	Температурні кліматичні дії (загальний символ)
T_k	Характеристична величина температурних кліматичних дій

X	Властивість матеріалу, ґрунту
X_d	Розрахункова величина властивості матеріалу, ґрунту
X_k	Характеристична величина властивості матеріалу, ґрунту

Латинські малі літери

α_d	Розрахункові величини геометричних даних
α_k	Характеристичні величини геометричних даних
α_{nom}	Номінальна величина геометричних даних
d_{set}	Різниця в осіданнях окремих фундаментів або частин фундаментів
u	Горизонтальне переміщення конструкції або елемента конструкції
w	Вертикальне переміщення елемента конструкції

Грецькі великі літери

$\Delta\alpha$	Зміна номінальних геометричних розмірів з метою врахування в розрахунку, наприклад, оцінки впливу недосконалостей
Δd_{set}	Невизначеність, пов'язана з оцінкою осідань фундаментів або частин фундаментів

Грецькі малі літери

γ	Частковий коефіцієнт (безпека або експлуатаційна придатність)
γ_{bt}	Максимальне пікове значення прискорення настилу моста для колії з баластом
γ_{df}	Максимальне пікове значення прискорення настилу моста для колії з безпосереднім кріпленням
γ_{Gset}	Частковий коефіцієнт для постійних дій, що враховує осідання та невизначеність моделі
γ_f	Частковий коефіцієнт для дій, що враховує ймовірність несприятливих відхилень величин дій від репрезентативних величин
γ_F	Частковий коефіцієнт для дій, що також враховує невизначеності та розмірні варіації моделі
γ_g	Частковий коефіцієнт для постійних дій, що враховує ймовірність несприятливих відхилень величин дій від репрезентативних величин
γ_G	Частковий коефіцієнт для постійних дій, що також враховує невизначеності та розмірні варіації моделі
$\gamma_{G,j}$	Частковий коефіцієнт для постійної дії j
$\gamma_{G,j,sup}/\gamma_{G,j,inf}$	Частковий коефіцієнт для постійної дії; при підрахунку верхньої/нижньої розрахункових величин
γ_I	Фактор значимості (див. ДСТУ-Н EN 1998)
γ_m	Частковий коефіцієнт для властивості матеріалу
γ_M	Частковий коефіцієнт для властивості матеріалу, що також враховує невизначеності та розмірні варіації моделі
γ_P	Частковий коефіцієнт для дій попереднього напруження (див. ДБН В.2.6-98)
γ_q	Частковий коефіцієнт для перемінних дій, що враховує ймовірність несприятливих відхилень величин дій від репрезентативних величин
γ_Q	Частковий коефіцієнт для перемінних дій, що також враховує невизначеності та розмірні варіації моделі
$\gamma_{Q,j}$	Частковий коефіцієнт для перемінної дії i
γ_{Rd}	Частковий коефіцієнт, який пов'язаний з невизначеністю моделі опору
γ_{Sd}	Частковий коефіцієнт, який пов'язаний з невизначеністю дії та/або моделлю результату дії
η	Переводний коефіцієнт
ζ	Коефіцієнт зменшення

ψ_0	Коефіцієнт для комбінаційної величини змінної дії
ψ_1	Коефіцієнт для частої величини змінної дії
ψ_2	Коефіцієнт для квазіпостійної величини змінної дії
$\psi_{E,i}$	Коефіцієнт комбінації для i -ї змінної дії при сейсмічній розрахунковій ситуації

Примітка. Прийняті позначки відповідають ISO 3898:2015.

ДОДАТОК Б
(довідковий)

**ПЕРЕЛІК ХАРАКТЕРИСТИК БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ,
ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ОСНОВНУ ВИМОГУ ДО БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

Таблиця Б.1

Характеристики будівельних виробів та конструкцій	
Геометричні розміри	
Маса, густина	
Міцність на стиск, на розтяг, на згин, на зріз, на зсув, на відрив, при ударі, міцність зчеплення (з основою, між шарами тощо)	
Опір кладки на стиск, на розтяг, на зріз, на вигин по перев'язаному та по неперев'язаному перерізах	
Клас бетону, клас арматури	
Марка сталі	
Ударна в'язкість (при найнижчій робочій температурі)	
Границя витривалості	
Опір при ударі (при спеціальному використанні) - границя текучості, границя витривалості	
Опір сколюванню	
Опір при стиску, розтягу, висмикуванню вздовж волокон та перпендикулярно до волокна	
Опір з'єднань розтягу, зсуву	
Стійкість до стирання	
Коефіцієнт тертя	
Пластичність	
В'язкість	
Рухливість і плинність	
Умовна (фізична) границя текучості	
Гранична деформація	
Несуча здатність	
Відносне видовження при розриві	
Хімічна стійкість, термостійкість	
Водопоглинання	
Водонепроникність	
Прогини, момент тріщиноутворення і ширина розкриття тріщин при відповідному навантаженні	
Морозостійкість	
Довговічність (під дією різних факторів)	
Усадка	

ДОДАТОК В

(довідковий)

ПРОЕКТУВАННЯ НА ОСНОВІ ВИПРОБУВАНЬ

В.1 Сфера та область застосування**В.1.1** Цей додаток надає вказівки додатково до 7.2.**В.2 Умовні позначки (символи)**

У цьому додатку використовуються такі символи:

Великі латинські літери

$E(.)$	Середня величина показника (.)
V	Коефіцієнт варіації [$V = (\text{стандартне відхилення})/(\text{середня величина})$]
V_X	Коефіцієнт варіації X
V_δ	Оціночна функція для коефіцієнта варіації вектора помилок δ
$\underline{X}$	Масив j базових перемінних $X_1 \dots X_j$
$X_{k(n)}$	Характеристичне значення, включаючи статистичну невизначеність для вибірки розміром n , та з виключенням будь-яким переводним коефіцієнтом
$\bar{X}_m$	Масив середньої величини базових змінних
$\bar{X}_n$	Масив номінальної величини базових змінних

Малі латинські літери

b	Поправочний коефіцієнт
b_i	Поправочний коефіцієнт для випробувального зразка i
$g_{rt}(\bar{X})$	Функція опору (базових перемінних $\bar{X}$), використана як розрахункова модель
$k_{d,n}$	Квантиль розрахункових значень
k_n	Квантиль характеристичних значень
m_X	Середнє значення результатів n зразків
n	Кількість експериментів або результатів кількісних випробувань
r	Величина опору
r_d	Розрахункова величина опору
r_e	Експериментальна величина опору
r_{ee}	Екстремальна (максимальна або мінімальна) величина експериментального опору [тобто величина r_e , що найбільш відхиляється від середнього значення r_{em}]
r_{ei}	Експериментальний опір для зразка i
r_{em}	Середня величина експериментального опору
r_k	Характеристична величина опору
r_m	Показник опору, визначений із використанням середніх значень $\bar{X}_m$ базових перемінних
r_n	Номінальна величина опору
r_t	Теоретичний опір, визначений із функції міцності $g_{rt}(\bar{X})$
r_{ti}	Теоретичний опір, визначений із використанням виміряних параметрів $\underline{X}$ для зразка i
s	Обчислена величина стандартного відхилення σ
s_Δ	Обчислена величина σ_Δ
s_δ	Обчислена величина σ_δ

Грецькі великі літери

Φ	Інтегральна функція розподілення стандартного нормального розподілення
Δ	Логарифм вектора помилок δ [$\Delta_i = \ln(\delta_i)$]
$\bar{\Delta}$	Розрахункова величина для $E(\Delta)$

Грецькі малі літери

α_E	FORM (Метод надійності першого порядку) коефіцієнт чутливості для впливів дій
------------	---

α_R	FORM (Метод надійності першого порядку) коефіцієнт чутливості для опору
β	Індекс надійності
γ_M^*	Скоригований частковий коефіцієнт для міцності [$\gamma_M^* = r_n/r_d$ так, що $\gamma_M^* = k_c \gamma_M$]
δ	Вектор помилок
δ_i	Вектор помилок, що спостерігається для випробувального зразка i , який отриманий при порівнянні експериментального опору r_{ei} з середньою величиною коригованого теоретичного опору br_{ti}
η_d	Розрахункова величина можливого переводного коефіцієнта (оскільки це не включено до часткового коефіцієнта для міцності γ_M)
η_k	Коефіцієнт зменшення, що використовується у випадку застосування попередніх знань
σ	Стандартне відхилення [$\sigma = \sqrt{\text{дисперсія}}$]
σ_Δ^2	Дисперсія показника Δ

В.3 Типи випробувань

В.3.1 Необхідно брати до уваги різницю між такими видами випробувань:

а) випробування для безпосереднього встановлення максимального опору або властивості експлуатаційної придатності конструкцій або елементів конструкції для даних умов навантаження. Такі випробування можуть, наприклад, виконуватись для оцінки опору при втомі або ударній дії;

б) випробування для отримання даних про властивості специфічних матеріалів, використовуючи спеціальні процедури випробувань; наприклад, натурні випробування на місці або в лабораторії, або випробування нових матеріалів;

в) випробування для зменшення невизначеності в параметрах моделі навантаження або моделі результату (впливу) навантаження; наприклад, завдяки тестуванню в аеродинамічній трубі або при проведенні випробувань з метою ідентифікації дій від хвиль та течій;

г) випробування для зменшення невизначеності в параметрах моделі відповідного опору; наприклад, проведення випробувань елементів конструкції (наприклад, конструкції даху або підлоги);

д) контрольні випробування для перевірки ідентичності або якості поставлених виробів, або точності експлуатаційних характеристик; наприклад, випробування канатів для мостів або випробування бетонних кубів;

е) випробування або тести, які проводяться протягом виконання конструкції для того, щоб отримати інформацію, необхідну для наступної частини процесу виготовлення; наприклад, випробування несучої здатності паль, випробування зусиль в канатах при виконанні;

ж) контрольні випробування для перевірки загальної роботи всієї конструкції або конструктивних елементів після виконання, тобто, щоб знайти переміщення, вібраційні частоти або демпфірування.

В.3.2 Для типів випробувань (а), (б), (в), (г) розрахункові величини, що використовуватимуться, повинні, де це практично можливо, надходити за результатами випробувань завдяки використанню прийнятних статистичних методик. Див. В.5 - В.8.

Примітка. Можуть бути необхідними спеціальні методики для того, щоб використати результати випробувань типу (в).

В.3.3 Типи випробувань (д), (е), (ж) можуть розглядатися як приймальні випробування, де немає наявних результатів випробувань на час проектування. Розрахункові величини повинні бути оціненими з запасом, який відповідатиме критеріям прийнятності.

В.4 Планування випробувань

В.4.1 До виконання випробувань організацією, яка проводить випробування, повинен бути

узгоджений план проведення випробувань. Цей план повинен містити мету випробування та усі необхідні специфікації для вибору або виробництва зразків, проведення випробувань та оцінки результатів. План випробувань повинен охоплювати:

- мету та сферу застосування;
- прогнозування результатів випробувань;
- специфікації зразків для випробувань та вибірки;
- програму навантаження;
- устаткування для випробувань;
- виміри;
- оцінка випробувань та звітність.

В.4.2 Мета та сфера. Мета випробувань має бути поставлена чітко, наприклад, властивості, що визначаються, вплив визначених розрахункових параметрів, які змінюються протягом випробувань, та діапазон достовірності. Повинні бути визначені обмеження випробувань та необхідна конверсія (наприклад, масштабний фактор).

В.4.3 Прогнозування результатів випробувань. Слід врахувати всі властивості та обставини, що можуть вплинути на прогнозування результатів випробувань, включно з:

- геометричними параметрами та їх різноманітністю;
- геометричними недосконаlostями;
- властивостями матеріалів;
- параметрами, що зазнали впливу внаслідок виконання та процедур зведення;
- масштабними факторами навколишнього середовища, беручи до уваги, якщо це доречно, будь-яку їх послідовність.

Очікувані види руйнування та/або розрахункові моделі разом з відповідними змінними повинні бути описані. Якщо існують значні сумніви стосовно того, які види руйнування будуть критичними, тоді слід розробити план випробувань на базі супутніх експериментальних випробувань.

Примітка. Необхідно звернути увагу на той факт, що елементи конструкції можуть мати багато різних видів руйнування, які фундаментально відрізняються одне від одного.

В.4.4 Специфікація зразків для випробувань та вибірки. Зразки для випробувань повинні бути визначені на основі процедури взяття зразків так, щоб представляти умови реальної конструкції.

Фактори, які необхідно врахувати:

- розміри та допуски;
- матеріали та виготовлення прототипів;
- кількість випробувальних зразків;
- процедури взяття зразків;
- граничні умови.

Мета процедури взяття зразків - отримати статистично репрезентативний зразок. Увага має бути приділена будь-якій різниці між зразками для випробувань і генеральною сукупністю виробів, яка може вплинути на результати випробувань.

В.4.5 Специфікації навантаження. Умови навантаження та навколишнього середовища, які будуть визначені для проведення випробувань, повинні включати:

- точки прикладення навантаження;
- зміну навантаження за часом;
- граничні умови;
- температуру;
- відносну вологість;
- навантаження за деформацією або контроль сил тощо.

Послідовність навантаження має бути вибрана так, щоб представити очікуване використання конструкції, як за нормальних, так і за важких умов використання. Де доречно, слід врахувати взаємодії між динамічною характеристикою конструкції та апаратурою, використаною для навантаження.

Де реакція конструкції або її експлуатаційні показники залежать від впливів однієї або більше дій, тоді ці впливи повинні бути визначеними за допомогою їх репрезентативних значень.

В.4.6 Устаткування для випробувань. Устаткування для випробувань повинне відповідати типу випробування та очікуваному діапазону вимірювань. Спеціальна увага приділяється заходам отримання достатньої стійкості та жорсткості для навантажувальних стендів та фундаментів, уникненню відхилень тощо.

В.4.7 Вимірювання. До випробування повинні бути перелічені всі відповідні параметри, які повинні бути виміряні для кожного індивідуального випробувального зразка. Додатково необхідно скласти перелік:

- а) розташування вимірювальних приладів;
- б) процедур запису результатів, включаючи, якщо це доречно:
 - переміщення у часі;
 - вектор швидкості;
 - прискорення;
 - деформації;
 - сили та тиск;
 - частоти, що визначаються;
 - точність вимірювань та вимірювальних пристроїв, що застосовуються.

В.4.8 Оцінка випробування та звітність. Спеціальні керівні інструкції, див. В.5 - В.8. Звіт повинен надаватись відповідно до обов'язкових вимог, на яких базувалися випробування.

В.5 Визначення розрахункових величин

В.5.1 Визначення за результатами випробувань розрахункових величин властивості матеріалу, параметра моделі або опору повинне виконуватись одним з наступних способів:

- а) завдяки оцінці характеристичної величини, яка тоді ділиться на частковий коефіцієнт або помножується, якщо це необхідно, на визначений переводний коефіцієнт (див. В.7.2 та В.8.2);
- б) завдяки безпосередньому визначенню розрахункової величини, явне або неявне врахування для конверсії результатів та загальної надійності, що вимагається (див. В.7.3 та В.8.3).

Примітка. Загалом метод (а) більш кращий за умови, що значення часткового коефіцієнта отримано з нормальної розрахункової процедури (див. В.5.3).

В.5.2 Відхилення характеристичної величини випробувань (метод (а)), повинне врахувати:

- а) розсіювання даних випробувань;
- б) статистичну невизначеність, пов'язану з кількістю випробувань;
- в) попередні статистичні знання та досвід.

В.5.3 Частковий коефіцієнт, який використовуватиметься для визначення характеристичної величини, повинен бути взятий з відповідних будівельних норм та правил за умови, що існує достатня схожість між цими випробуваннями та звичайною областю використання часткового коефіцієнта, який використаний в розрахункових перевірках.

В.5.4 Якщо опір конструкції або елемента конструкції або опір матеріалу залежать від впливів, які значною мірою не охоплюються, такими випробуваннями як:

- вплив часу та тривалості;
- вплив масштабу та розміру;
- вплив різних умов навколишнього середовища, навантаження та граничних умов;
- вплив показників опору;

тоді розрахункова модель, відповідно до обставин має враховувати такі впливи.

В.5.5 В особливих випадках, де використовується метод, наданий в В.5.1(б), при визначенні розрахункових величин повинні бути взяті до уваги:

- відповідні граничні стани;
- рівень надійності, що вимагається;

- можливість порівняння з припущеннями, які мають відношення до сторони дій;
- де прийняте, проектний термін експлуатації;
- попередні знання та досвід при схожих випадках.

Примітка. Інша інформація наведена в В.6, В.7 та В.8.

В.6 Загальні принципи статистичних оцінок

В.6.1 Коли оцінюються результати випробувань, поведінка зразків та види руйнувань повинні бути порівняні з теоретичними передбаченнями. Коли має місце значне відхилення від передбачення, слід шукати пояснення: це може вимагати додаткових випробувань, можливо в інших умовах, або модифікації теоретичної моделі.

В.6.2 Оцінки результатів випробувань повинні базуватися на статистичних методах з використанням наявної (статистичної) інформації стосовно типу розподілення, що використовується, та його відповідних параметрів. Методи, надані в цьому додатку, можуть використовуватись тільки тоді, коли виконані такі умови:

- статистичні дані (включно з попередньою інформацією) взяті з ідентифікованих вибірок, які необов'язково є однорідними та
- є в наявності значна кількість спостережень.

Примітка. На рівні тлумачення результатів випробувань можуть бути виділені три головні категорії. 1) там, де виконується тільки одне випробування (або дуже мало випробувань), класичні статистичні інтерпретації неможливі. Лише використання значної кількості попередньої інформації, яка пов'язана з гіпотезами щодо відносного ступеня важливості цієї інформації та результатів випробувань, дає можливість представити цю інтерпретацію або тлумачення як статистичне; 2) щоб оцінити параметр, виконується значна серія випробувань, і може бути можлива класична статистична інтерпретація. Приклади найзвичайніших випадків надаються в В.7. Ця інтерпретація все ще матиме потребу в використанні деякої кількості попередньої інформації про параметр; однак, як правило, це менше ніж зазначено вище; 3) коли виконується серія випробувань, для того щоб калібрувати модель (як функцію) та один або більше пов'язаних параметрів, можлива класична статистична інтерпретація.

В.6.3 Результат випробування слід розглядати дійсним тільки для програми та характеристик навантаження, розглянутих у випробуваннях. Якщо ці результати екстраполюються, щоб охопити інші розрахункові параметри та параметри навантаження, слід використовувати додаткову інформацію з попередніх випробувань або з теоретичної бази.

В.7 Статистичне визначення окремої характеристики

В.7.1 Загальні положення

В.7.1.1 Цей розділ надає робочі формули для визначення розрахункових величин з типів випробувань (а) та (б) В.3.3 для окремої характеристики або властивості (наприклад, міцності) при використанні методів оцінки (а) та (б) В.5.1.

Примітка. Надані тут формули, котрі використовують Бейсовські процедури з «невизначеними» попередніми розподіленнями, призводять майже до подібних результатів, як класичні статистичні з рівнем значимості, що дорівнює 0,75.

В.7.1.2 Окрема властивість X може представляти:

- а) опір виробу;
- б) властивість, що впливає на опір виробу.

В.7.1.3 У випадку (а) процедури В.7.2 та В.7.3 можуть прямо використовуватись, щоб визначити характеристичні або розрахункові величини або частковий коефіцієнт.

В.7.1.4 У випадку (б) слід врахувати, що розрахункова величина опору також має включати:

- впливи інших властивостей;
- невизначеність моделі;
- інші впливи (масштабування, об'єм тощо).

В.7.1.5 Таблиці та формули в В.7.2 та В.7.3 базуються на таких припущеннях:

- усі перемінні мають або нормальне, або логнормальне розподілення;

- немає попередніх даних щодо середнього значення;
- для випадку « V_X невідомий» не існує попередніх даних щодо коефіцієнта варіації;
- для випадку « V_X відомий» існує повна інформація щодо коефіцієнта варіації.

Примітка. Прийняття логнормального розподілення для деяких змінних має перевагу в тому, що негативні величини є неможливими, як, наприклад, для геометричних змінних та змінних стосовно опору.

На практиці часто краще використовувати випадок « V_X відомий» разом з верхньою консервативною оцінкою V_X , ніж застосовувати правила для випадку « V_X невідомий». Більш того, коли « V_X невідомий», слід припускати його не меншим за 0,10.

В.7.2 Оцінка через характеристичну величину

В.7.2.1 Розрахункова величина властивості X має бути знайдена, використовуючи:

$$X_d = \eta_d \frac{X_{k(n)}}{\gamma_m} = \frac{\eta_d}{\gamma_m} m_x \{1 - k_n V_X\}, \quad (\text{В.1})$$

де:

η_d - розрахункова величина переводного коефіцієнта.

Примітка. Оцінка відповідного переводного коефіцієнта в значній мірі залежить від типу випробування та типу матеріалу.

Величина k_n може бути знайдена з таблиці В.1.

В.7.2.2 Коли використовується таблиця В.1, один або два приклади розглядатимуться як наступні.

- Рядок « V_X відомий» повинен використовуватися, якщо коефіцієнт варіації V_X або його верхня реалістична межа відома з попереднього досвіду.

Примітка. Попередні знання та досвід можуть встановлюватися з оцінок попередніх випробувань у порівняльних ситуаціях. «Порівняльна» має визначатися на основі інженерної оцінки (див. В.7.1.3).

- Рядок « V_X невідомий» повинен використовуватися, якщо коефіцієнт варіації V_X невідомий з попереднього досвіду і тому за потреби має визначатися з вибірки за залежностями:

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - m_x)^2, \quad (\text{В.2})$$

$$V_X = s_x / m_x. \quad (\text{В.3})$$

В.7.2.3 Частковий коефіцієнт γ_m повинен обиратися відповідно до області використання результатів випробування.

Таблиця В.1 - Величини k_n для характеристичних значень із забезпеченістю 0,95

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
V_X відомий	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
V_X невідомий	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Примітка 1. Наведені в таблиці дані отримані на основі нормального розподілу.

Примітка 2. У випадку логнормального розподілу формула (В.1) набуває вигляду:

$$X_d = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \exp\{m_y - k_n s_y\}, \text{ де } m_y = \frac{1}{n} \sum \ln(x_i).$$

Якщо V_X відомий з попереднього досвіду:

$$s_y = \sqrt{\ln(V_X^2 + 1)} \approx V_X.$$

Якщо V_X невідомий з попереднього досвіду:

$$s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (\ln x_i - m_y)^2}.$$

В.7.3 Пряма оцінка розрахункової величини для граничних станів за несучою здатністю

В.7.3.1 Розрахункова величина X_d для X має бути визначена за формулою:

$$X_d = \eta_d m_x \{1 - k_{d,n} V_x\}. \quad (\text{В.4})$$

У цьому випадку η_d має охоплювати усі невизначеності, які не охоплені випробуваннями.

В.7.3.2 $k_{d,n}$ слід взяти з таблиці В2.

Таблиця В.2 - Величини $k_{d,n}$ при розрахунках для граничних станів за несучою здатністю

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
V_X відомий	4,36	3,77	3,56	3,44	3,37	3,33	3,27	3,23	3,16	3,13	3,04
V_X невідомий	-	-	-	11,40	7,85	6,36	5,07	4,51	3,64	3,44	3,04

Примітка 1. Ця таблиця базується на припущенні, що розрахункова величина відповідає добутку $\alpha\beta = 0,8 \times 3,8 = 3,04$ та, що розподілення X є нормальним. Це надає можливість спостереження нижчої величини близько 0,1 %.

Примітка 2. Для логнормального розподілення формула (В.4) стає:

$$X_d = \eta_d \exp\{m_y - k_{d,n} s_y\}.$$

В.8 Статистичне визначення моделей опору

В.8.1 Загальні положення

В.8.1.1 Цей розділ призначений, головним чином, щоб визначити процедури (методи) калібрування моделей опору та для отримання розрахункових величин з випробувань типу (г) (див. В.3.1). Буде використана наявна попередня інформація (знання або припущення).

В.8.1.2 Базуючись на спостереженнях за поведінкою під час випробувань та на теоретичних розрахунках, має бути розроблена «розрахункова модель», яка спрямована на отримання функції опору. Обґрунтованість цієї моделі має надалі перевірятись завдяки статистичній інтерпретації усіх наявних даних випробувань. Якщо необхідно, розрахункові моделі надалі можуть коригуватися до досягнення необхідної кореляції між теоретичними величинами та даними випробувань.

В.8.1.3 Відхилення в прогнозах, що отримані користуючись розрахунковою моделлю, також визначаються з випробувань. Це відхилення повинне бути поєднаним з відхиленнями інших змінних у функції опору для того, щоб отримати загальний показник відхилення. Ці інші змінні включатимуть:

- відхилення в міцності та жорсткості матеріалу;
- відхилення в геометричних параметрах.

В.8.1.4 Характеристичний опір повинен бути визначений завдяки врахуванню відхилень усіх змінних.

В.8.1.5 В В.5.1 надаються два різних методи. Ці методи надані в В.8.2 та В.8.3 відповідно. Додатково деякі можливі спрощення надані в В.8.4.

Ці методи представлені як кількість дискретних кроків і деяких припущень стосовно генеральної сукупності випробувань, що зроблені і пояснені; ці припущення слід розглядати в якості не більш ніж рекомендацій, що охоплюють декілька найзагальніших прикладів.

В.8.2 Стандартна процедура оцінки (Метод (а))

В.8.2.1 Загальні положення

В.8.2.1.1 Для стандартної процедури оцінки зроблені такі припущення:

- функція опору - це функція декількох незалежних перемінних $\bar{X}$;
- є в наявності значна кількість результатів випробувань;
- усі відповідні геометричні параметри та властивості матеріалу є визначеними;
- відсутня кореляція (статистична залежність) між змінними в функції опору;
- усі змінні мають або нормальне, або логнормальне розподілення.

Примітка. Прийняття логнормального розподілення для змінної має перевагу у відсутності виникнення

негативних величин.

В.8.2.1.2 Стандартна процедура для методу В5.1(а) містить сім кроків, що надані в В.8.2.2.1 - В.8.2.2.7.

В.8.2.2 Стандартна процедура

В.8.2.2.1 Крок 1: Створення розрахункової моделі

Створення розрахункової моделі для теоретичної величини опору r_t елемента конструкції або конструктивної деталі, що розглядається, представлена функцією опору:

$$r_t = g_{rt}(\bar{X}) . \quad (\text{В.5})$$

Функція опору має охоплювати всі базові змінні $\bar{X}$, що впливають на опір відповідного граничного стану.

Слід визначити всі базові параметри для кожного зразка i (припущення (в) в В.8.2.1) та вони повинні бути доступними для використання в оцінці.

В.8.2.2.2 Крок 2: Порівняння експериментальних та теоретичних величин

Замінити визначені властивості в функції опору так, щоб отримати теоретичну величину r_{ti} для формування основи порівняння з експериментальними величинами r_{ei} з випробувань.

Крапки представляють пари відповідних величин (r_{ti}, r_{ei}) і повинні бути нанесені на схему, як показано на рисунку В.1.

Якщо функція опору є точною та повною, тоді всі крапки лежатимуть на лінії $\theta = \pi/4$. На практиці ці крапки будуть розкидані, причини будь-яких систематичних відхилень від цієї лінії повинні бути дослідженими, щоб перевірити, чи свідчить ця ситуація про помилки в процедурах випробування або в функції опору.

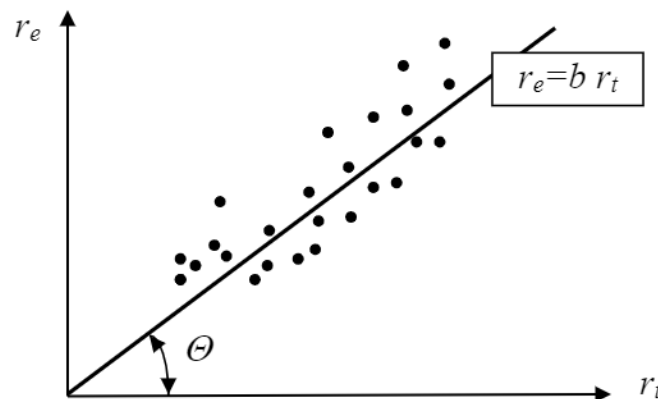


Рисунок В.1 - Залежність " $r_e - r_t$ "

В.8.2.2.3 Крок 3: Оцінка поправочного коефіцієнта середнього значення b

Представити імовірнісну модель опору r в форматі:

$$r = b r_t \delta , \quad (\text{В.6})$$

де: b - "найменше квадратичне", що забезпечує найкращу відповідність щодо розмаху, за формулою:

$$b = \frac{\sum r_e r_t}{t_t^2} . \quad (\text{В.7})$$

Середнє значення функції теоретичного опору, підраховане з використанням середніх значень $\bar{X}_m$ базових змінних, можна визначити за залежністю:

$$r_m = br_t(\bar{X})\delta = bg_{rt}(\bar{X}_m)\delta . \quad (\text{B.8})$$

В.8.2.2.4 Крок 4: Оцінити коефіцієнт варіативності помилок

Вектор помилок δ_i для кожної експериментальної величини r_{ei} повинен визначатися за залежністю (B.9):

$$\delta = \frac{r_{ei}}{br_{ti}} . \quad (\text{B.9})$$

Величина вектора помилок V_δ визначається за залежністю:

$$V_\delta = \sqrt{\exp(s_\Delta^2) - 1} , \quad (\text{B.10})$$

де:

$$s_\Delta^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2 , \quad (\text{B.11})$$

$$\Delta_i = \ln(\delta_i) , \quad (\text{B.12})$$

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i , \quad (\text{B.13})$$

V_δ може використовуватись як коефіцієнт варіації векторів помилок δ_i .

В.8.2.2.5 Крок 5: Аналіз сумісності

Має бути проаналізована сумісність генеральної сукупності результатів випробувань з припущеннями в функції опору.

Якщо розсіювання значень r_{ei} , r_{ti} є занадто великим з метою покращення функції опору,- це розсіювання може бути зменшеним одним з наступних шляхів:

а) завдяки коригуванню розрахункової моделі можна врахувати параметри, котрі раніше були проігноровані;

б) завдяки модифікації b та V_δ , завдяки розділенню загальної генеральної сукупності результатів випробувань на відповідні підгрупи, для яких вплив таких додаткових параметрів можна розглядати як постійний. Щоб виявити, які параметри мають найбільший вплив на розсіювання, результати випробування можуть бути розподілені по цих підгрупах відповідно до вказаних параметрів.

Примітка 1. Мета - покращити функцію опору у підгрупі, аналізуючи кожну підгрупу з використанням стандартної процедури. Недоліками розподілення результатів випробування по підгрупах є те, що кількість результатів випробування у кожній підгрупі може бути дуже незначною.

Коли визначаються квантильні коефіцієнти k_n (див. крок 7), величина k_n для підгруп може визначатися на основі загальної кількості випробувань у вихідній серії.

Примітка 2. Звертає на себе увагу той факт, що розподілення частоти для опору може бути описаним краще шляхом використання бімодальної або багатомодальної функції. Можуть використовуватись спеціальні методи апроксимації для того, щоб перетворити ці функції в одномодальне розподілення.

В.8.2.2.6 Крок 6: Визначення коефіцієнтів варіації V_{X_i} базових змінних

Як правило, варіації V_{X_i} необхідно визначати на основі попередніх відповідних знань. Якщо можна показати, що випробувальна сукупність є повністю репрезентативною для дійсних варіацій, тоді ці коефіцієнти варіації V_{X_i} базових змінних у функції опору можуть визначатись з випробувальних даних.

В.8.2.2.7 Крок 7: Визначення характеристичної величини r_k опору

Якщо функція опору для j базових змінних є функцією добутку форми, то в цьому випадку величина опору визначається за залежністю:

$$r = br_t \delta = b\{X_1 \cdot X_2 \dots X_j\} \delta.$$

Середнє значення $E(r)$ може бути отримане за залежністю:

$$E(r) = b\{E(X_1) \times E(X_2) \dots E(X_j)\} = bg_{rt}(\bar{X}_m), \quad (B.14a)$$

а коефіцієнт варіації V_r може бути отриманий за залежністю:

$$V_r^2 = (V_\delta^2 + 1) \left[\prod_{i=1}^j (V_{X_i}^2 + 1) \right] - 1. \quad (B.14b)$$

Для малих величин V_δ^2 та $V_{X_i}^2$ можуть використовуватись такі апроксимації для V_r :

$$V_r^2 = V_\delta^2 + V_{rt}^2, \quad (B.15a)$$

де:

$$V_{rt}^2 = \sum_{i=1}^j V_{X_i}^2. \quad (B.15b)$$

Якщо функція опору є більш складною функцією за формою:

$$r = br_t \delta = bg_{rt}\{X_1, X_2, \dots, X_j\} \delta,$$

середнє значення $E(r)$ може бути отримане за залежністю:

$$E(r) = bg_{rt}\{E(X_1), E(X_2), \dots, E(X_j)\} = bg_{rt}(\bar{X}_m), \quad (B.16a)$$

а коефіцієнт варіації V_{rt} може бути отриманий за залежністю:

$$V_{rt}^2 = \frac{VAR[g_{rt}(\bar{X})]}{g_{rt}^2(\bar{X})} \cong \frac{1}{g_{rt}^2(\bar{X}_m)} \times \sum_{i=1}^j \frac{\partial g_{rt}}{\partial X_i} \sigma_i. \quad (B.16b)$$

Якщо кількість випробувань обмежена (наприклад, $n < 100$), слід взяти до уваги та внести поправку до розподілення Δ для статистичних невизначеностей. Це розподілення слід розглядати як центральне t -розподілення з параметрами $\bar{\Delta}$, V_Δ та n .

У цьому випадку характеристична міцність r_k має визначатись за залежністю:

$$r_k = bg_{rt}(\bar{X}_m) \exp(-k_\infty \alpha_{rt} Q_{rt} - k_n \alpha_\delta Q_\delta - 0,5 Q^2), \quad (B.17)$$

де:

$$Q_{rt} = \sigma_{\ln(rt)} = \sqrt{\ln(V_{rt}^2 + 1)}, \quad (B.18a)$$

$$Q_{\delta} = \sigma_{\ln(\delta)} = \sqrt{\ln(V_{\delta}^2 + 1)}, \quad (\text{B.18б})$$

$$Q = \sigma_{\ln(r)} = \sqrt{\ln(V_r^2 + 1)}, \quad (\text{B.18в})$$

$$\alpha_{rt} = \frac{Q_{rt}}{Q}, \quad (\text{B.19а})$$

$$\alpha_{\delta} = \frac{Q_{\delta}}{Q}; \quad (\text{B.19б})$$

k_n - характеристичний квантильний коефіцієнт з таблиці В.1 у випадку, коли параметр V_X невідомий;

k_{∞} - величина k_n для $n \rightarrow \infty [k_{\infty} - 1,64]$;

α_{rt} - ваговий коефіцієнт для Q_{rt} ;

α_{δ} - ваговий коефіцієнт для Q_{δ} .

Примітка. Величина V_{δ} має бути оцінена з тестової вибірки, що розглядається.

У випадку великої кількості випробувань ($n \geq 100$) можливо отримати характеристичний опір r_k за:

$$r_k = b g_{rt}(\bar{X}_m) \exp(-k_{\infty} Q - 0,5 Q^2). \quad (\text{B.20})$$

В.8.3 Стандартна процедура оцінки (Метод (б))

В.8.3.1 У цьому випадку процедура така ж сама, як і в В.8.2, за винятком того, що крок 7 є адаптованим завдяки заміні характеристичного квантильного коефіцієнта k_n на розрахунковий квантильний коефіцієнт $k_{d,n}$, який дорівнює добутку $\alpha_R \beta$, тобто $0,8 \times 3,8 = 3,04$, що широко використовується, щоб отримати розрахункову величину r_d опору.

В.8.3.2 У випадку обмеженої кількості випробувань розрахункова величина r_d буде отримана з залежності:

$$r_d = b g_{rt}(\bar{X}_m) \exp(-k_{d,\infty} \alpha_{rt} Q_{rt} - k_{d,n} \alpha_{\delta} Q_{\delta} - 0,5 Q^2), \quad (\text{B.21})$$

де:

$k_{d,n}$ - розрахунковий квантильний коефіцієнт з таблиці В.2 у випадку, коли параметр " V_X невідомий";

$k_{d,\infty}$ - величина $k_{d,n}$ для $n \rightarrow \infty [k_{d,\infty} = 3,04]$.

Примітка. Величина V_{δ} має оцінюватись завдяки дослідному зразку, що розглядається.

У випадку великої кількості випробувань розрахункова величина r_d може бути отриманою за залежністю:

$$r_d = b g_{rt}(\bar{X}_m) \exp(-k_{d,\infty} Q - 0,5 Q^2). \quad (\text{B.22})$$

В.8.4 Використання додаткових попередніх знань

В.8.4.1 Якщо доведеність функції опору r_t та верхня межа (консервативна оцінка або оцінка з запасом) для коефіцієнта варіативності V_r вже відомі з великої кількості попередніх випробувань або тестів, наступні спрощені процедури можуть прийматись, коли виконуються подальші випробування.

В.8.4.2 Якщо виконується тільки одне випробування, характеристичне значення r_k може визначатись з результату r_e цього випробування за залежністю:

$$r_k = \eta_k r_e , \quad (\text{B.23})$$

де: η_k - коефіцієнт зменшення, що використовується у випадку наявності попередніх знань, який можна отримати з залежності:

$$\eta_k = 0,9 \exp(-2,3V_r - 0,5V_r^2) , \quad (\text{B.24})$$

де: V_r - максимальний коефіцієнт варіації, що спостерігався в попередніх випробуваннях.

В.8.4.3 Якщо виконуються два або три подальших випробування, тоді характеристична величина r_k може визначатись з середнього значення r_{em} результатів випробувань за залежністю:

$$r_k = \eta_k r_{em} , \quad (\text{B.25})$$

де: η_k - коефіцієнт зменшення, що використовується у випадку наявності попередніх знань, який можна отримати з:

$$\eta_k = \exp(-2,0V_r - 0,5V_r^2) , \quad (\text{B.26})$$

де: V_r - максимальний коефіцієнт варіації, що спостерігався в попередніх випробуваннях за умови, що кожне екстремальне (максимальне чи мінімальне) значення r_{ee} задовольняє умову:

$$|r_{ee} - r_{em}| \leq 0,10r_{em} . \quad (\text{B.27})$$

В.8.4.4 Величини коефіцієнта варіації V_r , надані в таблиці В.3, можуть припускатись для різних типів відмов, які необхідно передбачити у відповідних будівельних нормах для проектування, що призведе до уточнення величин η_k у відповідності з формулами (В.24) та (В.26).

Таблиця В.3 - Коефіцієнт зменшення η_k

Коефіцієнт варіації V_r	Коефіцієнт зменшення η_k	
	Для 1 випробування	Для 2 або 3 випробувань
0,05	0,80	0,90
0,11	0,70	0,80
0,17	0,60	0,70

ДОДАТОК Г
(довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 Закон України від 05 листопада 2009 року № 1704-VI "Про будівельні норми"
- 2 ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги
- 3 ДБН В.1.1-12:2014 Будівництво у сейсмічних районах України
- 4 ДБН В.1.2-5:2007 Науково-технічний супровід будівельних об'єктів
- 5 ДБН В.1.2-7:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека
- 6 ДБН В.1.2-8:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Гігієна, здоров'я та захист довкілля
- 7 ДБН В.1.2-9:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека і доступність під час експлуатації
- 8 ДБН В.1.2-10:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму та вібрації
- 9 ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення
- 10 ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення
- 11 ДБН В.2.6-160:2010 Сталезалізобетонні конструкції
- 12 ДБН В.2.6-161:2010 Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення
- 13 ДБН В.2.6-162:2010 Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення
- 14 ДБН В.2.6-165:2011 Конструкції будинків і споруд. Алюмінієві конструкції. Основні положення
- 15 ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування
- 16 ДСТУ-Н Б EN 1990:2008 Основи проектування конструкцій
- 17 ДСТУ-Н Б EN 1997-1:2010 Єврокод 7. Геотехнічне проектування
- 18 ДСТУ-Н Б А.2.2-11:2014 Настанова щодо проведення авторського нагляду за будівництвом
- 19 EN 1990:2002 Basis of structural design
- 20 EN 1998-1:2004 Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings
- 21 EN 1998-1:2004 Design of structures for earthquake resistance – Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects
- 22 ISO 2394:2015 Загальні принципи надійності конструкцій
- 23 ISO 3898:2015 Основи для проектування конструкцій - Назви та символи фізичних величин та загальних величин
- 24 ISO 8402:1994 Управління якістю та забезпечення якості - Словник
- 25 ISO 8930:2021 Загальні принципи надійності конструкцій

Ключові слова: проектування, конструкції, надійність, безпека, довговічність, дії, впливи, навантаження, матеріали, граничні стани, розрахунок.