

Голоднов О. І., Соколенко К. В.

АНАЛІЗ ЗМІН ТЕХНІЧНОГО СТАНУ, ДЕФОРМАЦІЙ ТА УШКОДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬ ВІД ГЕОТЕХНІЧНИХ ВПЛИВІВ У СКЛАДНИХ ҐРУНТОВИХ УМОВАХ

Виконано аналіз зміни стану, деформацій та ушкоджень будівель як складового елемента системи будівля-основа при деформації основи від геотехнічних впливів і навантажень у складних ґрунтових умовах. Сформульовано основні принципи розрахунку будівель з потрібним рівнем надійності з урахуванням невизначеності вихідних параметрів.

Ключові слова: система будівля - основа, осадка основи, надійність будівлі, відмова, методи захисту будівель.

Вступ. Деформаційні процеси, що протікають в складних ґрунтових умовах, в силу мінливості властивостей ґрунтів характеризує великий розкид показників, що визначають вплив на стан будівель - осідань, нахилів, горизонтальних переміщень земної поверхні і т. п. Залежності пошкоджень будівель від цих показників теж неоднозначні. Крім того, на просадкових ґрунтах, зсувних, карстових, сейсмічних і затоплюваних та інших територіях, які становлять значну частину типів складних ґрунтових умов будівництва, руйнівні для будівель процеси в основах можуть спонтанно відбутися протягом всього терміну їх служби.

Так як будівля є домінуючим елементом системи-основа, його відмова дорівнює ступеню відмови всієї системи. Те, що після значної деформації основи, воно ще зберігає несучу здатність не матиме практичного значення, якщо будівля при такій деформації буде зруйновано і система-основа припинить існування.

Ступінь відмови основи залежить від ґрунтових умов, а реакція будівлі - від його конструктивної схеми, жорсткості та інших факторів.

В силу особливостей пошкоджень будівель від геотехнічних причин в складних ґрунтових умовах оцінювати стан експлуатованого тривалий термін будівлі ізольовано від її ґрунтової основи не коректно, хоча на такий метод оцінки орієнтовані діючі норми. Надійність будівлі може бути визначена в рамках надійності загальної системи будівля - ґрунтова основа. При вирішенні питання про збереження будівель як складового елемента системи будівля-основа необхідно враховувати, з одного боку ймовірний розвиток деформаційних і динамічних процесів в основах і досягнення ними небезпечних рівнів, з іншого - характеристики будівель і прийнятні для підвищення їх надійності захисні заходи.

Мета роботи, основний матеріал і результати досліджень.

Мета роботи полягає в розробці методів розрахунку або алгоритмів визначення змін технічних станів будівель різних конструкцій по розрахунковим деформацій підстав, або емпіричним і аналітичним оцінками.

Оцінку надійності будівлі здійснюють ймовірністю відмови, але відмови існують двох категорій, що ускладнює оцінювання. Повна відмова відповідає стану будівлі, при якому його експлуатація неможлива за жодних умов, при частковій відмові вона можлива з обмеженнями. Повна відмова кількісного опису не має, але розрізняють безумовну повну відмову, яка означає руйнування будівлі, і умовну, коли будівля ще зберігається, але отримує дуже великі пошкодження, які перешкоджають експлуатації.

Для будівлі наслідки часткової і умовної повної відмови можуть бути усунені ремонтами. Для основи повна відмова - втрата несучої здатності, часткова - деформація, що тягне за собою пошкодження будівлі. У будівельних нормах стану, при яких відбуваються відмови будівель і підстав називають граничними, першої групи, коли відбувається повна відмова, другої групи - часткова.

Елементи, що складають систему будівля-основа нерівноправні за результатами взаємодії і за властивостями. Практично значима лише надійність будівлі, а надійність основи важлива лише оскільки від неї залежить надійність будівлі, так як в складних ґрунтових умовах число руйнувань будівель через відмову основи набагато більше числа руйнувань з інших причин - від пожеж, вибухів і т. П. При цьому навіть часткова відмова основи, в формі деформації, без втрати несучої здатності, може призвести не тільки до часткової відмови будівлі (пошкодження), а й до повного (руйнування).

Різниця цих елементів за властивостями визначено тим, що будівля - технічна статично невизначена система з безліччю тіл кінцевих розмірів, що надає опір навантаженням стиску, зрізу, розриву, а основа - заповнює напівпростір під ним, не має кінцевих розмірів, природне середовище складається з не скріплених або неміцно скріплених частинок і робить помітний опір тільки на стиск і набагато менше - на зріз.

Для ґрунтової основи будівлі повна відмова - втрата несучої здатності, частковий - деформування, економічний збиток від них дорівнює збитку від пошкоджень будівлі. Втрата несучої здатності веде до руйнування будівлі - його повної відмови. Деформування, будучи частковою відмовою основи, при високому рівні призводить до того ж, при більш низькому - до часткової відмови будівлі. Таким чином, інтенсивна деформація основи може привести до руйнування будівлі, тобто часткова відмова основи, може послужити причиною повної відмови будівлі, а з ним - всієї системи.

Таким чином, ґрунтова основа - елемент даної системи є більш слабкою її ланкою, стан якого в більшій мірі, ніж не обумовлене їм стан першого елемента, визначає її надійність. Це констатація відомого положення, що надійність будівель в складних ґрунтових умовах залежить переважно від розвитку ґрунтових процесів в

основі.

Наслідком викладених особливостей даної системи є те, що при проектуванні будівлі на ненадійній основі ненадійність, як правило, локалізують підвищеною надійністю будівлі, використовуючи компенсаторні властивості надійності її елементів, - часткову відмову основи локалізує підвищена надійність домінуючого (будівлі). Але повній відмові (втраті несучої здатності) таким способом запобігти не можна. У цьому випадку або включають за допомогою фундаментів глибокого закладення в роботу нижні більш надійні шари ґрунту, або будівництво будинку не здійснюють.

Основи, як правило, на повні відмови (по 1-му граничного стану) не розраховують, а для конструкцій будівлі - це завжди обов'язкові, найбільш важливі розрахунки. У той же час для основ розрахунки на часткові відмови (по 2-му граничного стану) відповідно до вимог нормативних документів є обов'язковими, а конструкції будівель додатково перевіряють по другому граничному стану, на деформації, тріщиностійкість, розкриття тріщин.

При розвитку ґрунтових процесів в основах пошкодження висотних будівель протікає по-іншому, ніж звичайних багатоповерхових будівель кінцевої жорсткості. Відповідні корективи повинні бути внесені в застосовувані методи їх захисту. Напруження в несучих конструкціях максимальні в будівлях кінцевої жорсткості, до числа яких відносяться цегляні і великопанельні будівлі висотою 5 - 9 поверхів. У більш гнучких будівлях заввишки 2 - 3 поверхи, і жорстких, висотою більше 16 поверхів, напруги в несучих конструкціях і, відповідно, рівні їх пошкоджень нижче.

Саме виходячи з цього, при захисті будівель, їх жорсткість або підвищують, або знижують. У той же час для висотних будівель, що зводяться в складних ґрунтових умовах, небезпеку можуть становити не ізгібні зусилля вигину або сили перерізу, які визначаються деформацією кривизни основи при осадці або осіданні, а його крен, обумовлений при осіданні нахилом поверхні, при осадці - її нерівномірністю. Він призводить до відцентрових навантажень від верхньої частини будівлі на конструкції нижньої, що супроводжується ушкодженнями конструкцій фундаментно-підвальної частини та нижніх поверхів в період будівництва і пошкодження в початковий період експлуатації будівлі.

Будинки можуть бути розділені на категорії самодостатніх, здатних без додаткового посилення сприймати навантаження від можливих деформацій земної поверхні без помітних пошкоджень і переміщень конструкцій, і несамодостатніх, у яких такі переміщення і деформації відбуваються. При проектуванні повинні бути вжиті заходи, щоб вони не перевищили гранично допустимих, як за умовою забезпечення збереження будівлі, так і за умовою комфортності експлуатації.

Відповідно до викладеного, розрахунки систем «будівля - ґрунтова основа» необхідні в першу чергу для несамодостатніх будівель кінцевої жорсткості від 3 - 4 до 9 - 10 поверхів, що споруджуються на нерівномірно деформованих основах. Ці розрахунки, внаслідок нерівноправності складових елементів даної системи, являють собою розрахунки міцності і напружено-деформованого стану конструкцій будівлі, в яких результати геотехнічних розрахунків підстав використовуються в якості вихідних даних. Ґрунтову основу моделюють в цих розрахунках своєрідною конструкцією, на яку спирається будівля, з властивостями конструкцій, але зниженими до рівня ґрунтових чисельними величинами їх показників. Її вплив задають однією чисельною величиною (заввичай коефіцієнтом жорсткості), моделюючи будівлю балкою або використовуючи іншу модель. Відповідно, різні прояви властивостей ґрунту при взаємодії його з підземними конструкціями при такому підході не враховуються.

Нерівномірні опади і розвиток геотехнічних процесів в ґрунтових підставах висотних будівель будуть відбуватися, але вплив їх на конструкції буде носити інший характер, ніж у пересічних будівель, і пошкодження конструкцій таких будівель можливі з інших причин. Розрахунки систем «будівля - підстава» висотних будинків слід проводити за іншими критеріями небезпеки пошкоджень конструкцій.

Одним з таких критеріїв є крен висотної будівлі при нерівномірному осіданні. Для звичайних будинків крен до 0,50 не помітний, але для будівлі з центром тяжіння на висоті 50 м він змістить центр ваги по горизонталі на 0,45 м. Якщо це станеться при первинній осадці, під час зведення будівлі, то це призведе до ексцентровому навантаженню на конструкції нижніх поверхів, що має бути враховано при проектуванні. А якщо такий крен станеться пізніше, під час експлуатації будівлі, внаслідок розвитку одного з ґрунтових деформаційних процесів (підробітка гірничою виробкою або підземною міською спорудою, будівництва поруч іншої будівлі, дренаванні ґрунтового масиву і т. п.), то крім перерозподілу навантажень на конструкції, можливі і виходи з ладу ліфтів.

Для висотної будівлі більш істотно, ніж для пересічної, значення тимчасових деформаційних і руйнівних процесів, протікання яких відбувається по-різному в періоди будівництва і експлуатації.

Для запобігання пошкоджень і руйнувань будівель, що зводяться в складних ґрунтових умовах будівель, при нерівномірних осіданнях і деформації ґрунтових основ зазвичай застосовують захисні заходи, конструктивні, ґрунтові і комбіновані. Їх принципові схеми приведені на рис.1.

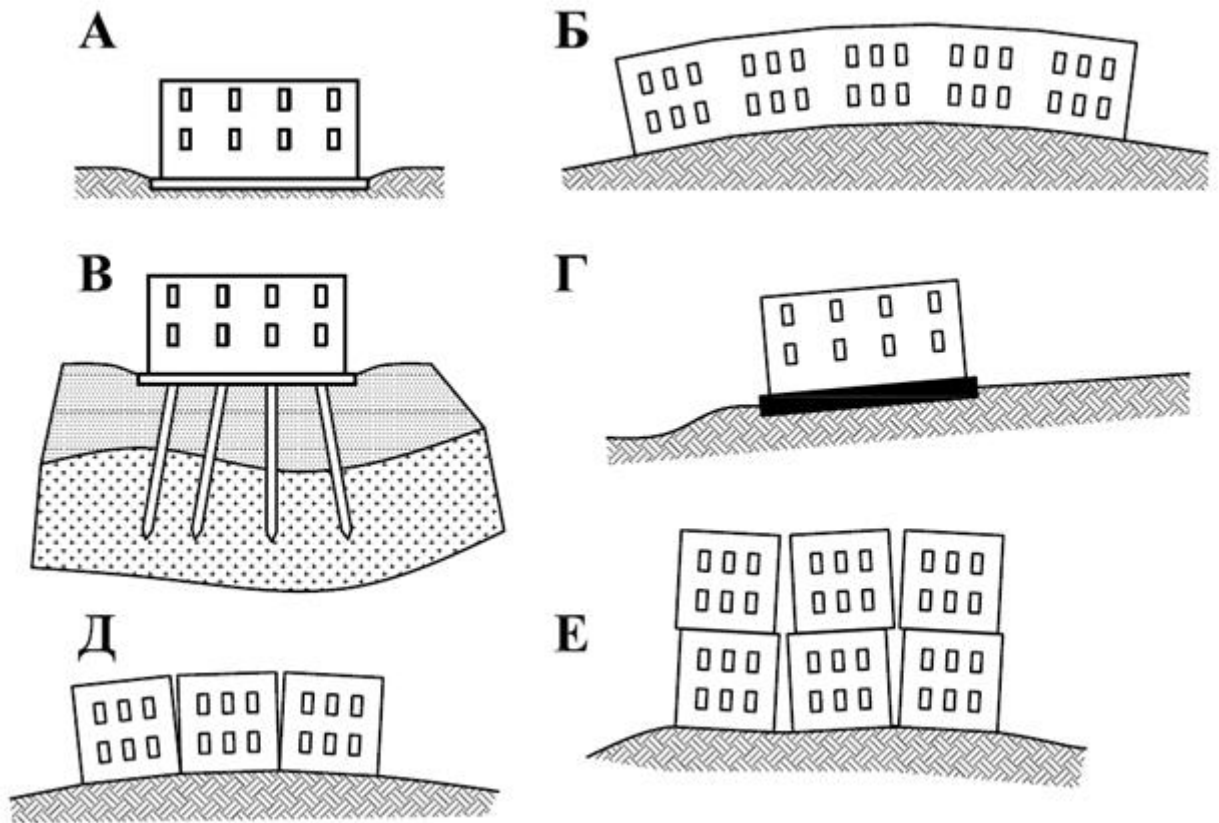


Рис. 1. Принципові схеми застосовуваних методів захисту будівель.

А - захист за принципом жорсткості, Б - за принципом гнучкості, В - інтегральний метод захисту системи будівля-основа, з посиленням обох складових елементів (на схемі - палями), Г - інтегральний метод захисту будівлі з ізоляцією його від ґрунту основи, що деформується (на схемі - фундаментною плитою), Д - диференційний метод захисту будівлі, з розрізанням вертикальними деформаційними швами на відсіки, Е - те ж з розрізанням вертикальними і горизонтальними швами на чарунки.

Конструктивні заходи захисту, які зводяться до підвищення міцності і жорсткості будівель або їх відсіків, з тим, щоб вони при деформаціях основ осідали без руйнування, як жорсткі тіла, називають захистом за принципом жорсткості. Якщо в будівлях гнучкі, податливі при вертикальних нерівномірних переміщеннях стіни або вставки в них, що без руйнування повторюють кривизну підстави, то це - захист за принципом гнучкості (піддатливості). Перший принцип ефективний для високих багатоповерхових безкаркасних будівель, другий - для довгих одно- двоповерхових каркасних.

При захисті будівель, незалежно від того, чи здійснюється вона за способом жорсткості або гнучкості можливі два методи підвищення їх міцності: інтегральний і диференціальний.

До інтегральному методу відносять, перш за все, комбінований захист, яка поєднуватиме зміцнення будівлі зі зміцненням його заснування, тобто що передбачає підвищення міцності елементів системи основа - фундамент - надфундаментна частина будівлі.

Застосування методу жорсткості в цьому випадку передбачає запобігання або зведення до мінімуму деформацій не тільки в конструкціях будівлі, але в його основі. Реалізуються такі заходи шляхом комбінації конструктивних заходів захисту із застосуванням фундаментів глибокого закладення, що пов'язують з конструкціями будівлі товщу ґрунтової основи на досить велику глибину, а також із застосуванням, поряд з посиленням конструкцій будівлі, різного роду зміцнення ґрунтової основи - методами армування, глибинного ущільнення і т. п.

Але більш широко інтегральний метод застосовується для власне конструктивного захисту, передбачаючи лише зміцнення конструкцій будівлі, не зачіпаючи основи. Його застосування в такому аспекті по суті призводить до ізоляції будівлі від деформацій земної поверхні і запобігає неприпустимі деформації конструкцій, без зниження параметрів ґрунтових процесів. Для будівлі в цілому в найбільш чіткій формі таку ізоляцію реалізує міцна фундаментна плита, що не сприймає деформації ґрунту.

При застосуванні принципу жорсткості в якості заходів захисту найчастіше застосовують плиту, пояси жорсткості і розчленування будівлі на відсіки, довжиною до 20 м, деформаційними швами. Залізобетонні пояси, що працюють на розтяг і вигин, розміщують зазвичай горизонтально в несучих стінах і стрічкових фундаментах будівлі. У сейсмонебезпечних районах їх доповнюють вертикальними поясами. За розрахунком таке підсилення несучих конструкцій повинно перешкоджати їх пошкодженню при деформаціях основ.

З ростом величин деформацій основ виникає необхідність застосовувати замість звичайних

високонадійні конструктивні заходи захисту. Посилення надійності інтегрального захисту можливо шляхом переходу від залізобетонних поясів жорсткості до цілком залізобетонних стін. Межею такого посилення є точкова будівля, яка не отримує ушкоджень при зниженні площі опори до вельми малих розмірів (близьких до точки).

Посилення диференційованої захисту будівлі (шляхом розрізання) можливо за рахунок доповнення вертикальних швів горизонтальними, коли елементами будівлі стають вже не відсіки, а окремі чарунки. Будівля, що складається з таких елементів, як і окремі блоки, не сприйматиме як завгодно великі деформації ґрунтової основи. Такі будівлі, при відповідно їх сформульованому вище критерію безпеки, можуть експлуатуватися на ділянках з дуже великими деформаціями.

Рівні пошкоджені будівель при дії деформаційних ґрунтових процесів вивчалися С.М. Клепиковим. Він писав, що невизначено навіть поняття про деформацію будівель під впливом роботи основи: одні дослідники вважають його деформованим при появі перших тріщин, інші - після втрати придатності до експлуатації. Оскільки обидва підходи мали обґрунтування, він вважав за потрібне визначати відповідні деформації: допустимі і граничні. Перші не перешкоджають експлуатації будівлі і усуваються поточним ремонтом, другі представляють межу допустимості, коли несуча здатність конструкцій ще зберігається, але найменше підвищення призведе будівлю в аварійний стан і може створити загрозу безпеці людей.

Більшу частину будівель характеризує послідовне сполучення основних елементів, заміну яких при ремонтах важко здійснити, тому повна відмова одного з них рівносильною відмови будівлі. Ними є фундаменти, несучі стіни, що підтримують колони, інші несучі конструкції. Сучасні будівлі містять і пов'язані паралельно з основними, замінені при ремонтах елементи, іменовані змінними (інженерні мережі, дахи і т. п.). Їх руйнування не веде до руйнування об'єкта, хоча і робить його експлуатацію неможливою.

Ресурс будівлі на даний момент визначають експертною оцінкою стану найбільш слабких основних елементів. Терміни служби будівель, що встановлюються будівельними нормативами і проектами, як правило, не перевищують 100-150 років, так як за цей час відбувається моральний знос будівлі, корозія металу, виходять з ладу інженерні мережі, старіють дерев'яні конструкції. А терміни служби таких елементів, як цегляні стіни, бетонні конструкції, фундаменти зазвичай багато більше. Ця невідповідність має бути враховано при оцінці за їх станом ресурсу будівлі.

Розробка методів розрахунку змін технічних станів будівель різних конструкцій по розрахунковим деформаціям основ становить собою складну задачу, що виходить за рамки нашого дослідження, метою якого є порівняння економічних збитків від таких деформацій і витрат на захисні заходи. Такий імовірнісний розрахунок на нинішньому етапі вивченості неможливий. В принципі, він повинен включати, у якості послідовно виконуваних етапів, оцінки:

1. ймовірних рівнів геотехнічних параметрів - нерівномірних осідань, горизонтальних деформацій, локальні провали і т.п.

2. рівнів пошкоджень будівель при цих геотехнічних параметрах;

3. кількісного зниження їх ресурсів при таких пошкодженнях.

Розглядаючи можливість їх здійснення, відзначимо, що на нинішньому етапі вивченості може бути виконаний лише перший етап. Процеси, що входять в другий і третій етап, не вивчені. Конструкторські розрахунки, що застосовуються при проектуванні будинків, що зводяться на деформованих основах, не дозволяють визначати рівні пошкоджень будівель від їх розрахункових деформацій. Немає і методик оцінки змін ресурсу будівель по розрахунковим деформаціям конструкцій. При складних і невизначених залежностях загального технічного стану будівлі від пошкоджень окремих конструкцій немає і методів розрахунків, які могли б бути використані для розробки таких оцінок.

Такий стан вивченості питання змушує, мінаючи розрахунки технічного стану, безпосередньо визначати необхідні залежності збитку від пошкоджень будівель від розрахункових деформацій підстав на емпіричній і емпірії-аналітичній основі.

Висновки:

1. Результати впливів на будівлі деформаційних і динамічних процесів складних ґрунтових умов в силу мінливості властивостей ґрунтів і неоднозначності реакцій конструкцій на деформації основ мають велике розсіювання, внаслідок чого їх визначення коректно лише з певною ймовірністю, на основі ймовірнісної теорії надійності.

2. Відповідно до теорії надійності будівля і основа утворюють єдину технічну систему, але при визначенні взаємовпливу надійності її складових елементів повинно враховуватися, що будівля є її домінуючим елементом, так як тільки її надійність має самостійне практичне значення, але вона багато в чому залежить від стану основи, так як до повної відмови будівлі призводить не тільки повна, але і часткова відмова основи, у формі великої деформації, без втрати несучої здатності. Внаслідок аномальності системи будівля-основа, взаємний вплив надійності її нерівноправних складових елементів не може бути визначено методами теорії надійності. Його визначення можливо лише в окремих випадках для конкретних умов.

3. Розрахунки часткових відмов будівлі у формі виникнення і розкриття тріщин в стінах може бути визначено приблизно, за емпіричними формулами, що зв'яже їх з розрахунковими деформаціями, тобто з показниками часткової відмови основи.

4. Пошкодження несучих конструкцій від деформацій кривизни і розтягувань-стиснень основи максимальні в будівлях заввишки 5 - 9 поверхів, а в двох-триповерхових будинках та будівлях заввишки більше 16 поверхів,

вони менше, але в високих будинках при нахилі ексцентричні навантаження від верхньої частини будівлі можуть викликати пошкодження конструкцій фундаментно-підвальної частини та нижніх поверхів під час будівництва і в наступний період.

5. Конструктивні заходи, що застосовуються для захисту будівель від пошкоджень при деформаціях основ, базуються на застосуванні принципів гнучкості та жорсткості, в останньому випадку метод захисту може бути інтегральним і диференційованим, передбачати посилення будівлі разом з основою і ізоляцію його від основи що деформується; найбільш повним, придатним для особливо великих деформацій земної поверхні, може бути диференційований метод захисту з поділом будівлі на осередки.

6. Оцінка рівнів розрахункових пошкоджень будівель, за якими найбільш диференційовано могли б визначитися необхідні рівні захисту, можлива шляхом виділення п'яти представницьких рівнів, які кількісно характеризуються ресурсом, кожному з яких відповідає свій рівень пошкоджень конструкцій, але існує можливість визначити їх лише за експертними оцінками, а провести безпосереднє кількісне визначення змін ресурсу будівлі за рівнями пошкоджень конструкцій і розраховувати його за деформаціями підстави поки не передбачається можливим.

Література

1. ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаменти споруд»
2. ДБН В.2.2-24:2009 «Проектування висотних житлових і громадських будинків»
3. ДБН В.1.1-46:2017 «Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів»
4. ДСТУ-Н В.1.1-44:2016 «Настанова щодо проектування будівель і споруд на просідаючих ґрунтах»
5. Клепиков С. Н. Расчет сооружений на деформируемом основании. – К.: НИИСК, 1996
6. Foundation design: principles and practices / Donald P. Coduto. – 2nd ed., 2000

References

1. DBN V.2.1-10-2009 «Bases and foundations of buildings»
2. DBN V.2.2-24:2009 «Design of high-rise residential and public buildings»
3. DBN V.1.1-46:2017 «Engineering protection of territories, buildings and structures from landslides»
4. DSTU-N V.1.1-44:2016 «A guide to the design of buildings and structures on subsidence soils»
5. Klepikov S. N. Raschet sooruzheniy na deformiruyemom osnovanii. – K.: NIISK, 1996
6. Foundation design: principles and practices / Donald P. Coduto. – 2nd ed., 2000

Голоднов А.И., Соколенко К.В. Анализ изменения технического состояния, деформаций и повреждения зданий от геотехнических воздействий в сложных грунтовых условиях

Выполнен анализ изменения состояния, деформаций и повреждения зданий как составного элемента системы здание-основание при деформации основания при геотехнических воздействиях и нагрузках в сложных грунтовых условиях. Сформулированы основные принципы по расчету зданий с требуемым уровнем надежности с учетом неопределенности исходных данных.

Ключевые слова: система здание-основание, осадка основания, надежность здания, отказ, методы защиты зданий,

Golodnow O.I., Sokolenko K.V. Analysis of change of technical condition, deformation and damage to buildings from geotechnical effects in complex ground conditions

The analysis of the change of the state, deformations and damages of buildings as an integral part of the system of building-base during the deformation of the base from the geotechnical influences and loads in difficult ground conditions is carried out. The basic principles of calculating buildings with the necessary level of reliability are formulated taking into account the uncertainty of ascending parameters

Keywords: system building - foundation, Land Subsidence, building reliability, failure, building protection methods.

Голоднов О.І. – д.т.н., проф., E-mail: golodnow@ukr.net

Соколенко К.В. – магістр з будівництва, Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, E-mail: k96s@ukr.net