

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Бакулін Євгеній Анатолійович



УДК 624.014.2.004.15

**ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬ ПІДВИЩЕНОГО РІВНЯ
ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ З УРАХУВАННЯМ ФАКТОРІВ РИЗИКУ**

05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному авіаційному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Верюжський Юрій Васильович,
Національний авіаційний університет,
професор кафедри комп'ютерних технологій будівництва

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Семко Олександр Володимирович,
Полтавський національний технічний університет
ім. Юрія Кондратюка,
завідувач кафедри архітектури та міського будівництва

кандидат технічних наук, доцент
Кріпак Володимир Денисович,
Київський національний університет
будівництва та архітектури,
доцент кафедри залізобетонних конструкцій

Захист відбудеться «9» грудня 2010 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради **К 26.062.12** у Національному авіаційному університеті за адресою: 03680, м. Київ, проспект Космонавта Комарова, 1.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного авіаційного університету за адресою: 03680, м. Київ, проспект Космонавта Комарова, 1.

Автореферат розісланий «5» листопада 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради К 26.062.12
к.т.н., доц.



Д. Е. Прусов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Зростання рівня аварійності будівель та споруд внаслідок дії різноманітних невизначених факторів, які непередбачені нормами проектування або невраховані проектними рішеннями, що проявляються в реальних умовах експлуатації об'єкта, актуалізує питання удосконалення методів визначення надійності на будь-якій стадії експлуатації об'єкта.

При розрахунку надійності будівель накопичено значний досвід показників безвідмовної роботи в проектно-передбаченому режимі. Проте значна більшість об'єктів під впливом різноманітних факторів змінюють експлуатаційну надійність, що створює прямі небезпеки та підвищує ризики руйнування.

В період експлуатації на об'єкт діють не тільки навантаження та впливи передбачені проектом, але й невраховані фактори. Вони змінюються в просторі та часі за величиною та режимом, областю прикладення та напрямком; відбувається перерозподіл зусиль між елементами системи, і навіть з одного координатного напрямку на інший змінюються умови контакту фундаменту з основою, відбувається часткове або повне виключення зв'язків, зменшується загальна жорсткість та демпфіруючі властивості, змінюються умови експлуатації, відбувається еволюція проектних граничних умов. Усі ці чинники спричиняють накопичення і реалізацію небезпечних тенденцій, що підвищує ризики руйнування.

Підвищення деформативності та концентрація напружень у конструктивних елементах змінюють проектні умови силового та деформаційного опору, створюють невизначеність технічного стану об'єкта (інформаційну ентропію). В цих умовах край необхідна комплексна система оцінювання наявного технічного стану об'єктів на основі проведення натурних інструментальних досліджень, статистичного аналізу змін параметричних значень, моделювання напружено-деформованого стану, враховуючи реальні умови експлуатації з метою виявлення небезпечних тенденцій та ймовірних загроз ризику експлуатації.

Неврахування роботи об'єктів від дії небезпечних факторів, що виникають в умовах експлуатації, призводить до зниження надійності та підвищенню аварійності об'єктів. Тому удосконалення методів натурних досліджень з метою отримання достовірної інформації за визначаючими регламентованими показниками та проведення аналізу напружено-деформованого стану з урахуванням виявлених факторів ризику є *актуальною* задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі комп'ютерних технологій будівництва Національного авіаційного університету в рамках наукових досліджень кафедри по держбюджетній темі №6/10.01.02 «Новітні технології реконструкції промислових та цивільних будівель та споруд аеропортів» і наукових досліджень основної тематики Науково-дослідницького інституту механіки швидкоплинних процесів НАУ у рамках госпрозрахункових тем: «Обстеження будівель та будівельних конструкцій ЗАТ «Вінницького сиркомбінату» (Договір №571 від 23.11.2005р.); «Інструментальне обстеження технічного стану будівель Центрального сховища Національного банку України» (Договір №188 від 13.09.2006р.); «Проведення аналізу ризику руйнування будівельних конструкцій Центрального сховища Національного банку України від

ймовірного перенавантаження та розробки схеми оптимального розміщення цінних вантажів відповідно поверхам будівлі» (Договір №248 від 16.06.2007р.); «Інструментальне обстеження по визначенню фактичного технічного стану виробничого корпусу заводу «Красное знамя» в м. Полтава» (Договір №11/07-07 від 11.07.2007р.); «Обстеження будівлі ВАТ «Гадяцький хлібозавод» по визначенню фактичного технічного стану будівельних конструкцій та надання пропозицій щодо проведення реконструкції» (Договір №3 від 22.11.2007р.); «Проведення контрольних геодезичних вимірів деформацій будівлі Центрального сховища Національного банку України та надання пропозицій щодо її подальшої експлуатації» (Договір №311 від 12.03.2008р.); «Проведення постійних інструментальних спостережень за технічним станом будівельних конструкцій будівлі Центрального сховища Національного банку України» (Договір №350 від 02.09.2008р.); «Проведення авторського нагляду капітального ремонту по підсиленню сходових клітин будівлі Центрального сховища Національного банку України» (Договір №398 від 12.03.2009р.).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розробка інженерної методики оцінки надійності технічного стану будівель підвищеного рівня відповідальності з урахуванням факторів ризику, що проявились за термін експлуатації та в подальшому розвитку створюють загрозу подальшої нормальної експлуатації об'єкту.

Для досягання поставленої мети були поставлені наступні конкретні завдання:

- проаналізувати досвід галузевих установ, наукових і технічних видань та нормативної літератури;
- за результатами аналізу із застосуванням теорій надійності та ризику обґрунтувати методику та алгоритм проведення натурних досліджень експлуатованих об'єктів по визначенню їхнього фактичного технічного стану;
- згідно розробленого алгоритму провести довготривалі спостереження за швидкістю зміни регламентованих параметричних показників об'єктів;
- за отриманими експериментальними даними ідентифікувати небезпечні руйнівні тенденції, що впливають на експлуатаційну надійність об'єктів;
- виконати чисельне моделювання роботи досліджених об'єктів з урахуванням реальних умов експлуатації та фактичного технічного стану, провести аналіз їхніх напружено–деформованих станів із застосуванням програмних комплексів Structure CAD "SCAD" версія 7.31, для Windows 2000 та «КРОС», визначаючи небезпечні руйнівні тенденції;
- виконати співставлення результатів натурних досліджень та чисельного аналізу;
- надати оцінку експлуатаційної надійності об'єктів підвищеного рівня відповідальності з урахуванням факторів ризику;
- впровадити отримані результати при вирішенні практичних задач.

Об'єкт дослідження – багатоповерхові промислові будівлі, що мають залізобетонні каркаси із уніфікованих конструктивних елементів підвищеного рівня відповідальності масового будівництва.

Предмет дослідження – надійність будівель при умовах впливу загроз та небезпек, що проявились під час експлуатації та в подальшому розвитку створюють прямий ризик часткового або повного руйнування об'єкту.

Методи дослідження:

- аналіз літературних джерел для формулювання мети та задач роботи;
- аналіз концепцій теорій надійності та ризиків;
- експериментальні повномасштабні натурні дослідження об'єктів підвищеного рівня відповідальності;
- моделювання та чисельні дослідження, виконані із застосуванням програмних комплексів Structure CAD "SCAD", програми «КРОС»;
- математичні методи визначення порівняльних характеристик для опрацювання результатів експериментальних досліджень, статистичних даних, чисельного моделювання, визначення збіжності експериментальних і чисельних результатів;
- загальні методи механіки деформівного твердого тіла, теорії залізобетону та механіки руйнування.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- проведені довготривалі натурні експериментальні дослідження по визначенню фактичного технічного стану багатопверхових будівель промислового призначення із залізобетонним каркасом рамно–зв'язкової конструктивної схеми, що знаходяться в реальних умовах експлуатації;
- запропоновано та реалізовано спосіб проведення натурних інструментальних досліджень в умовах інформаційної ентропії по визначенню регламентованих параметричних показників, а також непараметричних характеристик фактичного технічного стану будівельних об'єктів у реальних умовах експлуатації;
- вперше розроблено спосіб отримання об'єктивної достовірної інформації про наявний фактичний технічний стан експлуатованих об'єктів на основі швидкості зміни чисельних значень регламентованих параметричних показників;
- вперше розроблено метод проведення досліджень по визначенню фактичного технічного стану промислових будівель підвищеного рівня відповідальності при проведенні обстежень та паспортизації;
- вперше запропонований спосіб визначення (ідентифікації) небезпечних руйнівних тенденцій, що у подальшому розвитку створюють загрози ризику часткового або повного руйнування, які виникали в умовах реальної експлуатації;
- розроблено нову інженерну методикою оцінки надійності фактичного технічного стану будівельних об'єктів підвищеного рівня відповідальності з урахуванням факторів ризику, що проявились в реальних умовах експлуатації.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується високою ймовірністю отриманих результатів порівняльного аналізу натурних та чисельних досліджень за розробленою методикою, в основу якої закладені передумови визначаючих характеристик діючих регламентованих норм проектування та будівництва. Достовірність висновків і рекомендацій підтверджуються адекватністю практичних ситуацій досліджених аналогічних об'єктів, кількістю однакових результатів проведених натурних досліджень та результатами впроваджень за даною методикою по відновленню, підсиленню, ремонту та реконструкції будівельних об'єктів з метою запобігання їхнього руйнування.

Висока вірогідність отриманих результатів підтверджується:

- достовірністю та обґрунтуванням вихідних передумов та висновків;
- досконалістю постановки задач з використанням теорій надійності та ризику,

точних методів механіки твердого деформівного тіла та механіки руйнування;

- задовільним співпадінням отриманих результатів повномасштабних натурних експериментальних досліджень, визначенням фактичного технічного стану експлуатованих об'єктів та аналізу їхнього напружено-деформованого стану з урахуванням реальних умов експлуатації та наявного технічного стану для виявлення загроз ризиків руйнування.

Практичне значення отриманих результатів:

- запропоновано вдосконалений метод натурних інструментальних досліджень визначення наявного фактичного технічного стану експлуатованих багатопверхових будівель підвищеного рівня відповідальності із залізобетонним каркасом для проведення обстежень та паспортизації;

- розроблена методика дозволяє виявити небезпечні руйнівні тенденції, що виникли під час експлуатації об'єктів, доцільність проведення робіт з відновлення, підсилення, проведення ремонту чи реконструкції;

- запропонована уточнена методика аналізу напружено-деформованого стану з урахуванням фактичного технічного стану та реальних умов експлуатації дозволяє виявляти та прогнозувати загрози ризиків руйнування об'єктів;

- розроблена інженерна методика дозволяє надати об'єктивну оцінку експлуатаційної надійності об'єктів на основі параметричних та непараметричних показників за визначаючими регламентованими нормами проектування і будівництва.

Результати досліджень впроваджені при:

- обстеженні та паспортизації будівель підвищеного рівня відповідальності (Центральне сховище НБУ, Цех знищення цінних паперів НБУ, Управління перевезення цінностей НБУ, Виробнича база НБУ);

- розробці проектів реконструкцій промислових будівель (Вінницький сиркомбінат, Виробничий корпус заводу «Красное знамя», Гадяцький хлібозавод);

- розробці проектів та проведенні авторського нагляду по підсиленню конструктивних елементів будівлі державного рівня призначення (Центральне сховище Національного банку України);

- проведенні навчального процесу у Національному авіаційному університеті при вивченні дисциплін із технічної експлуатації, реконструкції будівель та споруд аеропортів.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем самостійно отримані наступні результати:

- практична методика проведення натурних та теоретичних досліджень надійності будівель підвищеного рівня відповідальності в реальних умовах експлуатації;

- визначені впливи небезпечних руйнівних тенденцій, розвиток яких спричиняє ризики часткового або повного руйнування об'єктів;

- вдосконалені методики визначення наявного фактичного технічного стану будівель підвищеного рівня відповідальності при проведенні обстежень та паспортизації;

- визначена експлуатаційна надійність будівель по регламентованим параметричним та непараметричним показникам із урахуванням факторів ризику руйнування.

- нова практична інженерна методика оцінки надійності експлуатованих

будівельних об'єктів підвищеного рівня відповідальності з урахуванням факторів ризику, що проявились в реальних умовах експлуатації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідались на VI міжнародній науково-технічній конференції «Авіа-2004» (м. Київ, 2004 р.); VIII Українській науково-технічній конференції «Металеві конструкції: погляд в минуле та майбутнє» (м. Київ, 2004 р.); IV міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Соціальні напрямки розвитку архітектури та будівництва» (м. Київ, 2005 р.); VIII міжнародній науково-технічній конференції «Авіа-2006» (м. Київ, 2006 р.) та на науковому міжкафедральному семінарі кафедри комп'ютерних технологій будівництва і кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів Національного авіаційного університету (м. Київ, 2010 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковано у 8 наукових працях, у тому числі в 6 наукових статтях у спеціалізованих фахових виданнях, внесених до переліку ВАК України, 1 патенті України на корисну модель та 1 монографії.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 119 найменувань, 3 додатків. Загальний обсяг роботи – 115 сторінок, 46 повних сторінок з рисунками і таблицями, 11 сторінок списку використаних джерел. Робота містить 18 таблиць, 60 рисунків, 30 сторінок додатків.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, розкрито суть і стан наукової проблеми. Надана загальна характеристика роботи. Сформульовані мета та задачі дослідження. Визначена наукова новизна та практична цінність. Відображені результати дослідження, апробації та впровадження. Наведена характеристика публікацій, структура та обсяг дисертації.

У першому розділі розглянуто сучасний стан та результати попередніх досліджень по забезпеченню надійності будівельних об'єктів, оцінці граничних станів та ризиків руйнування. Викладено результати аналізу та узагальнення літературних джерел стосовно надійності експлуатованих будівель та споруд. Сформульовані задачі подальших досліджень надійності промислових будівель типових серій масового будівництва із залізобетонним каркасом з уніфікованих конструктивних елементів на основі впливу небезпечних руйнівних тенденцій, що проявились за термін експлуатації об'єкта та в подальшому розвитку створюють ризики його руйнування.

У роботі надійність та ризики експлуатованих будівельних об'єктів розглядаються з позиції забезпечення безпечності – зниження рівня небезпек, що ґрунтується на вирішенні задачі мінімізації цільової функції, доведення рівня небезпек до безпечної величини. Безумовною вимогою безпечності є забезпечення надійності об'єкта та його складових конструктивних елементів. Теорія надійності, основи якої закладені М. Майором, М. Ф. Хоциаловим, М. С. Стрелецьким, А. М. Половком, Б. В. Гнеденком, В. В. Болотіним, А. Р. Ржаніциним, І. І. Гольденблатом, В. А. Балдіним, і розвинені в роботах М. Ф. Барштейна, А. П. Буличова, П. Л. Візіря, С. А. Тимашова, А. Я. Дрівінга, А. Г. Ройтмана, В. Д. Райзера, Л. П. Пілюгіна, Г. Августі, А. Баратта, Ф. Кашиаті, Г. Хана,

К. Капура, Л. Ламберсона передбачає, насамперед, збереження структурної цілісності об'єкта в умовах проектної (нормальної) експлуатації на заданий термін часу.

Аналіз праць Л. С. Авірома, А. Я. Барашикова, Б. М. Бондаренка, Ю. В. Верюжського, В. С. Волги, О. С. Городецького, Є. В. Горохова, А. М. Добромислова, Г. П. Дорошука, І. С. Зарівняка, В. М. Калініна, Б. М. Колотілкіна, В. З. Кліменка, В. Г. Козачка, В. І. Колчунова, А. П. Кудзіса, Б. М. Лисицина, А. С. Личова, О. В. Лужина, О. М. Малишева, Г. Р. Назаряна, М. А. Новгородського, С. М. Нотенка, О. І. Оглоблі, А. В. Перельмутера, С. В. Пічугіна, В. А. Рогонського, І. І. Рижкина, О. В. Семка, О. П. Сініцина, Б. І. Снарскіса, А. Г. Тамразяна, О. М. Тетиора, О. В. Шимановського та інших, виявив значну складність вирішення задач теорії й практики визначення наявного технічного стану експлуатованих об'єктів та ідентифікації небезпечних факторів, що створюють ризики руйнування в реальних умовах експлуатації. Це зумовлено зміною проектних умов, розмаїттям конструктивних особливостей, змінністю силових впливів та їхніх сполучень, невизначеністю вихідної інформації технічного стану, складним характером взаємодії конструктивних елементів, напруженими властивостями матеріалів будівельних конструкцій та недостатньою вивченістю граничних станів з мінливості змін реальних умов експлуатації об'єктів.

Накопиченим досвідом визначена номенклатура граничних станів, класифіковані відмови, наведено моделі відмов, проведено аналіз видів, наслідків й критичності відмов, визначено інтенсивність потоку відмов, встановлені основні фактори впливу на надійність, зміна надійності при початковому резервуванні. Але до теперішнього часу не з'ясована залежність ймовірності безвідмовної роботи у часі з терміном експлуатації та змінами проектних умов експлуатації.

Аналіз та узагальнення результатів виконаних досліджень, інформаційних джерел, наукової літератури та нормативних документів дозволив дійти висновку, що в методі граничних станів забезпечення надійності зводиться до того, щоб прикладені навантаження не призводили до перевищення несучої здатності. Проте за даних умов завжди виникають такі навантаження чи несприятливий збіг обставин і така міцність елемента («ризики руйнування»), коли аварійне руйнування стає лише фактором часу. Відповідно, надійність може бути забезпечена тільки при комплексному розгляді всіх випадкових параметрів, враховуючи і ймовірність реалізації будь-яких «небезпек».

Величина ризику може відобразити не тільки ступінь опору конструкцій та зміну зовнішніх і внутрішніх впливів, але й враховує їхній істотно імовірнісний характер. Це є найбільш прийнятним параметром оцінки безпечності експлуатованого об'єкта. Саме такий підхід дозволяє розглядати експлуатаційну надійність об'єктів з позиції забезпечення безпеки, враховуючи фактичний технічний стан та розвиток небезпечних руйнівних тенденцій на основі зміни регламентованих параметричних показників об'єктів.

Представлений огляд засвідчив, що до теперішнього часу не розроблено досконалої інженерної методики визначення фактичного технічного стану об'єктів підвищеного рівня відповідальності. Ця методика повинна передбачати ідентифікацію небезпечних тенденцій, розвиток яких створює ризики руйнування та

надавати об'єктивну оцінку експлуатаційної надійності з позиції гарантії безпечності об'єктів з умов реальної експлуатації та фактичного технічного стану.

У другому розділі сформульовані теоретичні передумови досліджень. Представники об'єктів підвищеного рівня відповідальності, їхнє формоутворення, об'ємно-планувальна структура, архітектурно-конструктивні рішення та особливості наведені рис. 1.

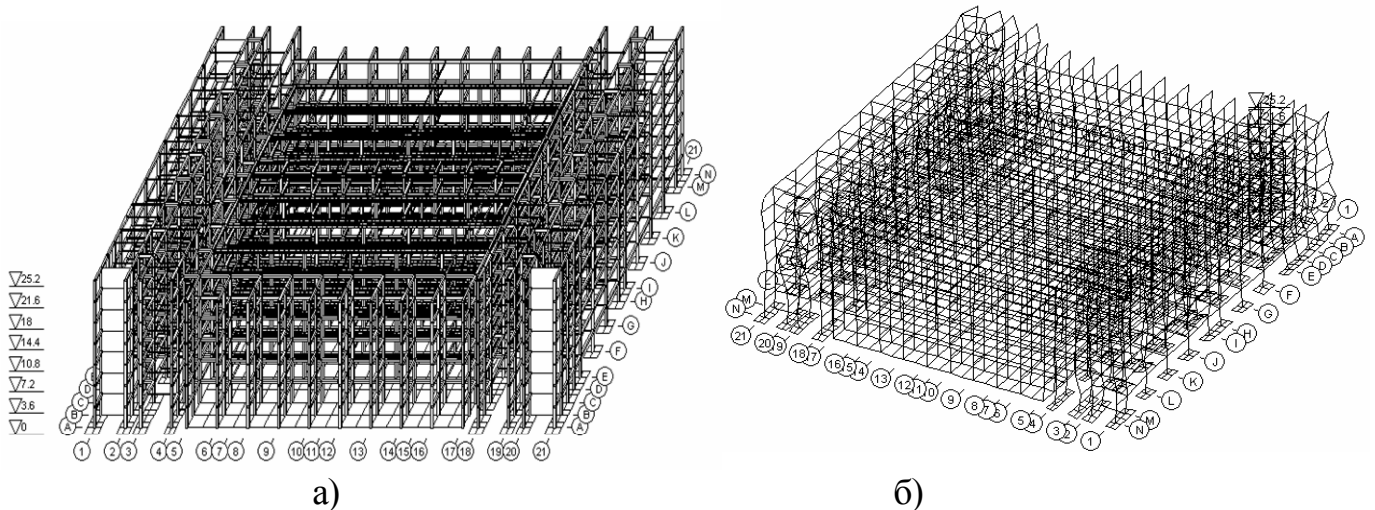


Рис. 1. Просторова структура багатоповерхової будівлі промислового призначення масового будівництва, спроектована по серії 1-020-1/83 з уніфікованих конструктивних елементів: а – проектний стан; б – деформований

Згідно державних стандартів і нормативних документів до відповідальних об'єктів встановлено підвищені вимоги надійності, які визначені граничними умовами:

- коефіцієнтом надійності за призначенням γ_n , в межах від більш 0,95, але не більш 1,2;
- стандартними значеннями надійності при ймовірності безпечної відмови відповідальних конструкцій $P_{(0)}=0,9999$ – початкова надійності, $P_{(t)}=0,999$ надійності до закінчення терміну експлуатації;
- класифікацією коефіцієнтів відносно можливих наслідків заподіяної шкоди визначено, що при 0,999 – небезпечно для життя людей, 0,95 – значний економічний збиток, 0,9 – незначний збиток.

У теоретичних основах надійності та ризику розглядається спільна проблема забезпечення безпечності. Теорія надійності розглядає проблему безпечності з позиції забезпеченості «безпечним ресурсом» та реалізуються безпосередньо встановленням граничних умов і параметрів, або встановленням конкретних обмежень. Теорія ризиків розглядає безпечність з позиції ризикозахисних дій, які полягають у визначенні та попередженні загроз та небезпек, реалізація яких призводить до руйнуючих тенденцій.

Наведено обґрунтування процесного підходу визначення та оцінювання факторів ризиків руйнування, що проявились у реальних умовах за термін експлуатації за ознаками невизначеності вихідних даних. Технічний стан експлуатованих об'єктів і ризику їхнього руйнування відображено на рис. 2.

Відповідно концепції безпечності фактичний ризик аварії викликаний

критичними дефектами об'єкта можливо представити у вигляді:

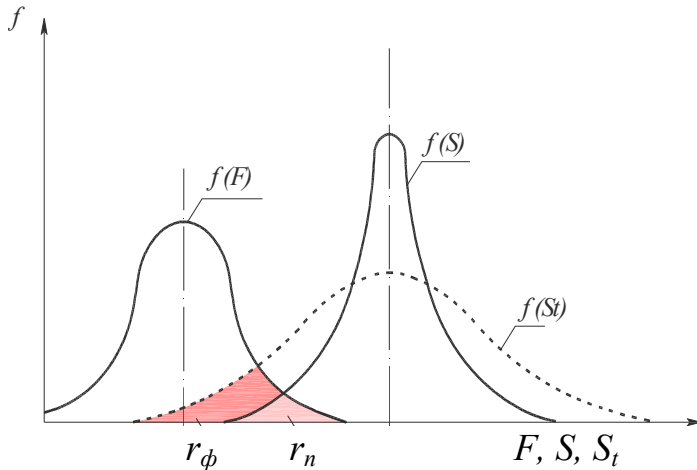


Рис. 2. Розподіл впливів та опору об'єктів з терміном експлуатації, де F – впливи на об'єкт; S – проектний опір на впливи; S_t – опір на впливи з терміном експлуатації t ; r_n – теоретична (проектна) ймовірність аварії (відмов); r_ϕ – фактична ймовірність аварії з терміном експлуатації об'єкта t

$$r_\phi / r_n = 1/Mv, \quad (1)$$

де Mv – середнє значення математичного очікування випадкової величини v , в межах від 0 до 1.

Вираз (1) приймається за критерій величини ризику руйнування:

$$R_n = r_\phi / r_n = 1/Mv. \quad (2)$$

Відповідно (2) – інтегрований показник стану об'єкта, а чисельні значення характеризують фактичний стан у певний термін експлуатації відносно проектно передбаченого стану.

Згідно однопараметричного розподілу:

$$f(r) = (r-1) / \sigma^2 \exp[-(r-1)^2 / 2 \sigma^2], \quad (3)$$

визначено, що параметр σ зв'язано з середнім значенням математичного очікування ризику R співвідношенням:

$$r_\phi / r_n = R_n = 1 + 1,25 \sigma. \quad (4)$$

Зв'язок (3) з (4) дозволив визначити стандартні значення рівня ризику, при досягненні яких об'єкт переходить у якісно новий стан. До стандартних значень рівня ризику відносять:

$R_n = 2$ – нормальний (природний рівень ризику), регламентує величину ризику від реалізації малоймовірних подій;

$R_{2n} = 19$ – припустимий рівень, встановлює граничні критерії в межах яких забезпечена безпечна експлуатації об'єкта з умов проектної безпечності, верхнє значення граничного критерію сигналізує про перехід об'єкта з безпечного стану у небезпечний стан;

$R_n = 83$ – неприпустимий рівень ризику, сповіщає про порушення умов безпечності та визначає перехід об'єкта у небезпечний аварійний стан.

Величини R_n , R_{2n} , R_n – інваріантні, формують вимоги безпечності та за своїми значеннями характеризують стан об'єкта у певний термін експлуатації в плані ризикозахисності. З терміном експлуатації закон розподілу ризиків (3) розвивається в зв'язку з деградацією опору S , а також можливими змінами F , рис. 3.

Аварійний стан пов'язано з переходом об'єкта через граничний стан, поступовою або раптовою відмовою та порушенням умов безпечності. Фізична

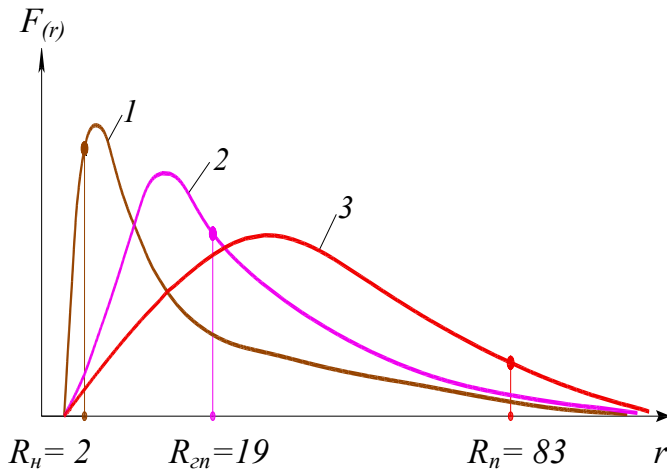


Рис. 3. Зміна розподілу ризиків з терміном експлуатації, де 1, 2, 3 – процес деградації об'єкта з терміном експлуатації; R_n – нормальний рівень ризику; R_{cn} – гранично припустимий рівень ризику; R_n – неприпустимий рівень ризику.

сутність відмови полягає в тому, що з повільними кількісними змінами параметричних показників відбувається швидкий якісний стрибок, внаслідок чого об'єкт руйнується. Повільна зміна параметричних показників не є випадковою величиною, а є результатом накопичення дефектів, досягнення гранично припустимих значень або порушенням умов нормальної експлуатації.

При визначенні фактичного технічного стану в зв'язку з багатопараметричністю показників, не завжди можливо отримати повну та достовірну інформацію зміни чисельних значень показників. Неповна інформація на всьому проміжку експлуатації об'єкта буде завжди мати певний ступінь невизначеності. Ця умова характеризується показником інформаційної ентропії. У загальному вигляді закон розподілу інформаційної ентропії визначається:

$$H = - \sum P(A_i) \log_2 P(A_i), \quad (5)$$

де $P(A_i)$ – ймовірність події, яка визначається за законом розподілу та обумовлює те, що ризик руйнування буде знаходитись у i -ому діапазоні параметричних значень об'єкта, причому будь-яка зміна швидкості ентропії інформує про зміну технічного стану об'єкта. Аналіз (2), (3) та (5) дозволяє прийняти рішення про існування граничних точок відносно стандартних значень ризиків та інформаційної ентропії технічного стану об'єкта, перехід через які визначає якісно новий стан об'єкта, рис. 4.

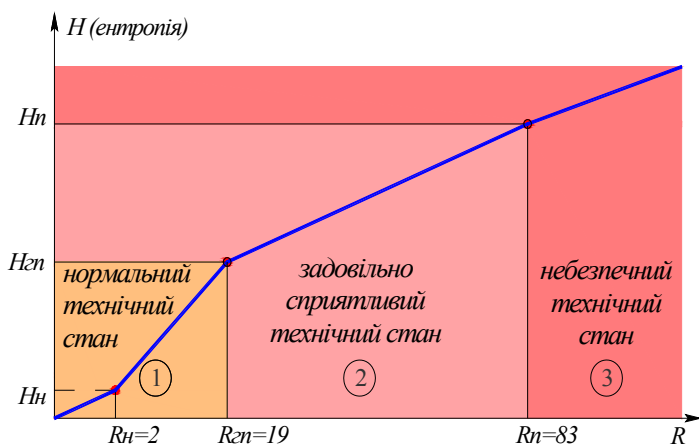


Рис. 4. Залежність технічного стану від інформаційної ентропії та стандартних значень рівнів ризиків, де R_n – нормальний рівень ризику; R_{cn} – гранично припустимий рівень ризику; R_n – неприпустимий рівень ризику; H_n – нормальний (проектний) технічний стан; H_{cn} – задовільно сприятливий технічний стан; H_n – небезпечний технічний стан;

1 – безпечна експлуатація; 2 – сприятливо безпечна експлуатація; 3 – небезпечна експлуатація об'єкта

Згідно гіпотези незалежності технічного стану однієї «*n*» групи елементів від інших «*n*» груп, застосовуючи методи системної теорії надійності та кваліметрії, визначено:

$$v = \Pi_p, \quad (6)$$

де Π_p – добуток рівнів надійності всіх *n* груп уніфікованих однотипних конструктивних елементів.

Із співвідношення (2) з урахуванням (6) ризик буде становити:

$$R_n = r_\phi / r_n = 1/Mv = 1/\Pi_p. \quad (7)$$

Якщо у всіх *n* групах уніфікованих однотипних конструктивних елементів значення p_n , однакові, що повинно бути забезпечено проектом і умовами нормальної експлуатації, то стандартні ризики визначаються:

$$R_n = 1/p_n, \quad (8)$$

відповідно:

$$p_n = (R_n)^{-1/n} \quad (9)$$

$$p_{zn} = (R_{zn})^{-1/n}. \quad (10)$$

Це дозволяє сформулювати алгоритм вимог по забезпеченню надійності з урахуванням факторів ризику.

Безпечність об'єкта та його конструктивних елементів буде відноситись до одного з трьох технічних станів: при $R_n < R < R_{zn}$ – нормальний (безпечний); $R_n < R < R_{zn}$ – задовільний (сприятливо безпечний); $R > R_n$ – передаварійний (небезпечний), табл. 1.

Таблиця 1

Алгоритм вимог надійності представників об'єктів підвищеного рівня відповідальності з урахуванням факторів ризику

№ п.п.	Значення стандартних рівнів надійності <i>n</i> числа груп уніфікованих однотипних конструктивних елементів	Стандартні значення рівня ризику	Категорії технічного стану об'єкта
1	Значення визначається від ймовірності безпечної відмови конструктивного елемента в межах $p_n = 0,9999$, але не менше 0,999	Проектний (природний) рівень ризику $R_n \leq 2$ (Визначається проектом)	нормальний
2	Нормальний рівень надійності $p_n = (R_n)^{-1/n}$, від 0,999, але не перевищує 0,85	Нормальний рівень ризику $R_n \geq 19 < 83$ (визначається на стадії експлуатації)	задовільний
3	Гранично припустимий рівень надійності $p_{zn} = (R_{zn})^{-1/n}$, становить 0,85	Гранично припустимий рівень ризику $R_{zn} \geq 83$ (визначається на стадії експлуатації)	передаварійний

Оцінювання технічного стану здійснюється відповідно до параметричних значень, встановлених регламентованими нормами проектування та будівництва на основі експертної оцінки, побудованої лінгвістичної змінної «*дуже*». Зазначена таблиця побудована на основі використання прийомів нечіткої логіки в ототожненні значень

«надійність» і «відповідність». Її сутність полягає у тому, що міра «відповідності» (ступінь) на відміну від міри «надійності» змінюється в межах від 0,5 до 1,0. Відносно даної умови визначено 11 рівнів небезпек. Кожний рівень небезпек поділяється на три ранги відповідно стандартним значенням рівня ризику. За результатами співставлення проведених натурних та аналітично-розрахункових досліджень конструктивні елементи відносять до певного рівня небезпеки та визначають ранг небезпечності. За рівнем небезпеки та рангом небезпечності «*n*» групи конструктивних елементів визначається їхній рівень надійності з урахуванням факторів ризику.

У третьому розділі приведено обґрунтування методики дослідження представників об'єктів підвищеного рівня відповідальності. Визначена послідовність проведення суцільного інструментального обстеження всіх однотипних «*n*» груп конструктивних елементів, при обстеженні в обсягу не менш 33% від їхньої загальної кількості. Для отримання достовірних даних про фактичний технічний стан об'єктів дослідження проводились у чотири етапи:

- аналіз об'єкта та візуальне обстеження;
 - проведення натурних інструментальних досліджень;
 - аналіз напружено-деформованого стану об'єкта;
 - опрацювання проведених досліджень та визначення наявного технічного стану.
- Кожний з етапів забезпечує послідовне отримання певної інформації.

Величина приросту місцевих деформацій визначалась, як різниця нульового і наступного за ним у часі вимірів:

$$\Delta l_i = l_{0i} - l_0, \quad (11)$$

де Δl_i – приріст деформації за i термін часу, мм; l_{0i} – величина деформації за i термін часу, мм; l_0 – величина деформації на початок проведення спостережень, мм.

Середня швидкість приросту деформацій у часі $V_{\text{сер}}$, мм/міс визначалась, як середнє значення приросту деформацій за термін спостережень:

$$V_{\text{сер}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta l_i, \quad (12)$$

де n – кількість вимірів за i термін спостережень.

За результатами спостережень для візуалізації і аналізу побудовані розгорнуті графіки розвитку деформацій, рис. 5.

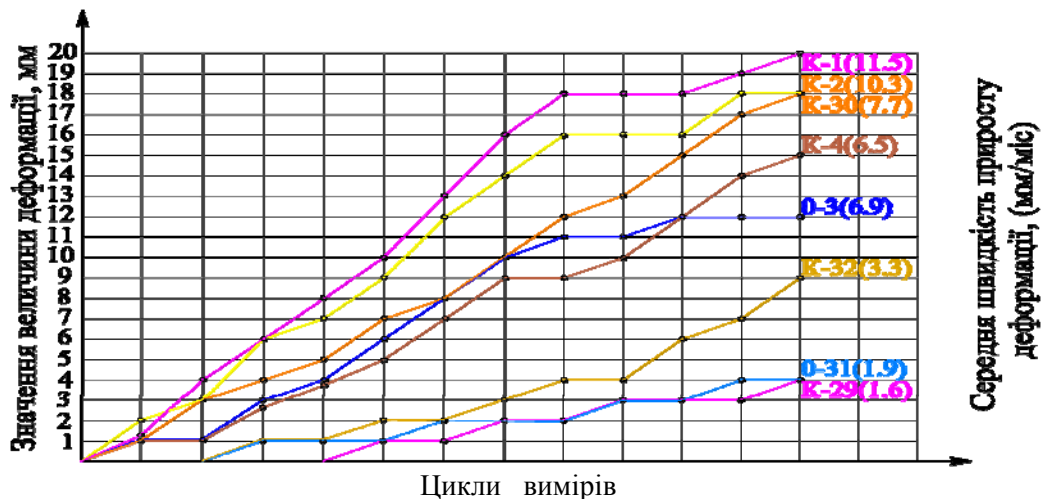


Рис. 5. Розгорнутий графік розвитку місцевих деформацій у часі

За швидкістю розвитку місцевих деформацій визначаються небезпечні руйнівні тенденції, що у подальшому розвитку створюють ризики руйнування.

Вертикальні, горизонтальні переміщення та перекоси поверхових комірок каркасу визначались за відповідною схемою, рис. 6.

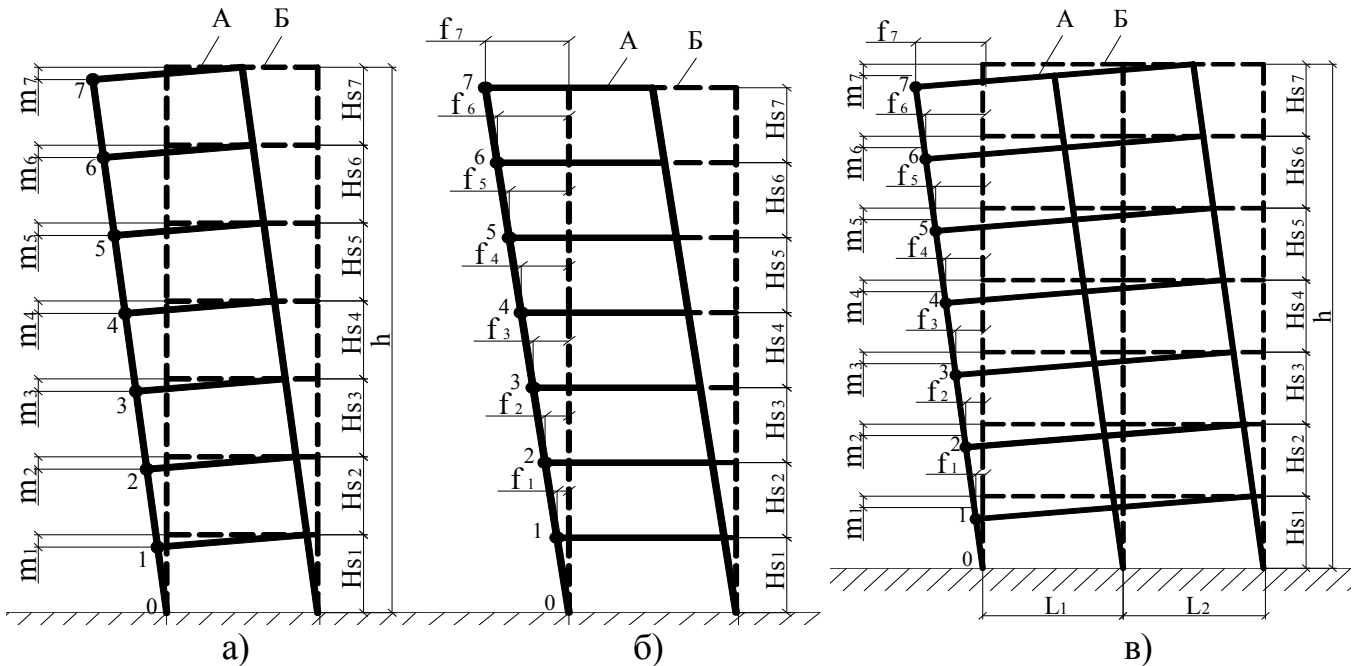


Рис. 6. Схеми визначення лінійних переміщень по кожній «*n*» групи конструктивних елементів за напрямком осей основної системи координат (*X*, *Y*, *Z*): *a* – вертикальні; *б* – горизонтальні; *в* – перекоси поверхових комірок каркасу; *A* – деформований стан каркасу; *B* – проектне положення каркасу; *1...7* – контрольні точки спостережень; *m₁...m₇* – вертикальні переміщення; *f₁...f₇* – горизонтальні переміщення; *H_{s1}...H_{s7}* – висота поверхів; *L₁*, *L₂* – прогін або планувальний крок комірки каркасу; *h* – висота будівлі

Вертикальні переміщення визначались за схемою (рис. 6, *a*) та обчислювались, як різниця між значеннями, отриманими в останньому циклі вимірів, і значеннями, отриманими на першому етапі вимірів:

$$m_i = B_i - B_1, \quad (13)$$

де *m_i* – величини вертикального переміщення осадової марки чи контрольної точки спостереження за *i* термін часу, мм; *B_i* – позначка виміру *i*-го терміну часу; *B₁* – фіксована позначка відліку на початок проведення спостережень.

Середня швидкість просідання зовнішніх стін за місяць *Vm_{сеп}*, мм/міс визначалась:

$$Vm_{сеп} = \frac{1}{n} \sum_{i=n}^{i=1} m_i, \quad (14)$$

Відповідно проведеного аналізу за швидкістю розвитком вертикальних переміщень визначені небезпечні осідання зовнішніх стін будівлі, що у подальшому розвитку створюють ризики руйнування.

Горизонтальні переміщення визначались за схемою (рис. 6, *б*) та розраховувались, як різниця нульового і наступних за ним у часі вимірів:

$$\Delta f_i = f_{0i} - f_0, \quad (15)$$

де Δf_i – приріст горизонтального переміщення за i термін часу, мм; f_{0i} – величина горизонтального переміщення за i термін часу, мм; f_0 – величина деформації на початок проведення спостережень, мм.

Середня швидкість приросту горизонтальних переміщень у часі $V_{f_{cep}}$ визначалась, як середнє значення приросту за термін спостережень:

$$V_{f_{cep}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta f_i, \quad (16)$$

Відповідно до проведеного аналізу (щодо швидкості розвитку горизонтальних переміщень) визначені небезпечні крени зовнішніх стін будівлі, що у подальшому розвитку створюють ризики руйнування.

Перекіс поверхових комірок каркасу визначався за схемою (рис. 6, в) та вираховувався за формулою:

$$(f_n/H_{sn} + m_n/L_n), \quad (17)$$

де f_n – горизонтальні лінійні переміщення n поверху; H_{sn} – висота n поверху; m_n – вертикальні лінійні переміщення n поверху; L_n – прогін або планувальний крок комірки каркасу.

За результатами розрахунків визначались небезпечні перекоси поверхових комірок каркасу.

Міцність бетону конструктивних елементів каркасів об'єктів визначалась механічним методом неруйнівного контролю із застосуванням приладу ИПС-МГ 4.01. Статистична обробка отриманих даних виконувалась з використанням ПК «Programs» СКБ «Стройприбор» для Windows 2000. За результатами проведених вимірів та обчислень з гарантованою забезпеченістю 0,95 було встановлено фактичну міцність бетону однотипних « n » груп уніфікованих конструктивних елементів каркасу будівель.

У четвертому розділі за результатами проведених натурних інструментальних досліджень виконано аналіз напружено-деформованого стану об'єктів із застосуванням програмного комплексу (ПК) Structure CAD "SCAD" (версія 7.31 для WINDOWS 2000).

Розрахунки виконані з урахуванням результатів проведених інженерно-геологічних вишукувань, модуль пружної основи уточнювався, використовуючи програму «КРОСС» для урахування розподільної властивості основи. При проведенні статичних розрахунків за вихідний стан об'єктів був прийнятий їхній проектний стан, а дії факторів впливу відповідно реальним умовам експлуатації з урахуванням визначених фізико-механічних характеристик матеріалів.

У результаті розрахунків були визначені вимушені переміщення вузлів моделей за напрямком осей основної системи координат (X, Y, Z) по кожній « n » групи конструктивних елементів відповідно поверхам будівель, рис. 7.

Відповідно аналізу напружено-деформованих станів досліджених об'єктів ідентифіковані небезпечні руйнівні тенденції, що у подальшому розвитку створюють ризики руйнування, табл. 2.

На підставі накопиченого банку даних натурних та чисельних досліджень по об'єктно проведено порівняльний аналіз співпадіння результатів ідентифікації небезпечних руйнівних тенденцій. За результатами порівняльного аналізу відхилення значень чисельних досліджень перевищують натурні: Вінницький

сиркомбінат – 15,8 %; Центральне сховище НБУ – 17,4 %; Цех знищення цінних паперів ЦХ НБУ – 14,6 %; Управління перевезення цінностей ЦХ НБУ – 13,5 %; Виробничий корпус заводу «Красное знамя» – 16,5 %; Гадяцький хлібозавод – 13,8 %.

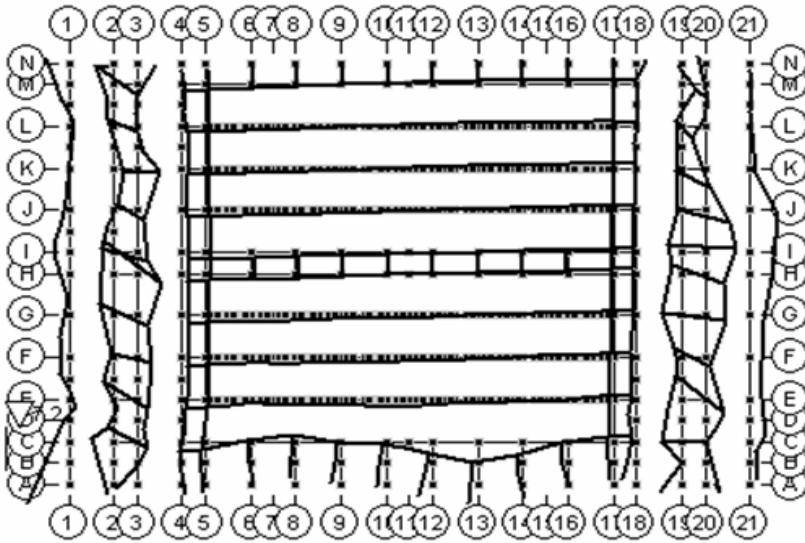


Рис. 7. Вимушені переміщення «n» групи конструктивних елементів за напрямком осей основної системи координат (X, Y) від дії найбільш несприятливої комбінації навантажень

Задовільне співпадіння отриманих результатів натурних досліджень по визначенню наявного технічного стану та чисельних досліджень роботи об'єктів з умов

Таблиця 2

Відомість ідентифікації небезпечних переміщень конструктивних елементів за результатами аналізу напружено-деформованого стану

		Ось								
		1	2	3	4	18	19	20	21	
N		-180,09	-50,0	150,0	-1,52	67,36	-30,0	-60,0	-13,64	N
	M	-124,52	-150,0	0	31,36	-9,99	110,0	20,0	0,88	
L		-59,75	-74,25	-9,2	12,71	11,32	25,66	-13,86	-4,54	L
	K	35,6	-50,0	0	40,3	2,36	-50,0	-110,0	9,7	
J		16,52	8,01	57,62	48,47	-18,37	-32,65			J
	I	15,4	80,0	180,0	37,35	-8,99	-50,0	30,0	42,28	
H		-29,44	20,0	60,0	42,53	-24,92	-30,0	200,0	206,85	H
	G	-62,64	-59,64							
G		-102,2	-100,0	80,0	53,47	-31,0	-110,0	240,0	177,57	G
		-104,02	-80,0	200,0	42,68	-34,22	-80,0	150,0	172,18	
		-15,05	-110,0	80,0	49,27	-28,92	-160,0	160,0	105,81	

реальної експлуатації (відхилення становлять в межах 13,5–16,2%) як якісно, так і кількісно, підтверджує достовірність та обґрунтованість запропонованої методики.

У п'ятому розділі згідно результатів проведених натурних досліджень по визначенню наявного технічного стану об'єктів та результатів моделі «Основа – Фундамент – Каркас», застосовуючи експертну оцінку технічного стану при ототожненні значень «надійність» і «відповідність» на основі лінгвістичної змінної «дуже», визначено надійність об'єктів підвищеного рівня відповідальності з урахуванням факторів ризику, табл. 3.

Таблиця 3

Визначення рівня надійності однотипних «л» – груп конструктивних елементів з урахуванням рівня та рангу небезпечності технічного стану

№ п/п	Позначка поверху	Найменування «л» групи конструктивного елемента	Код «л» групи конструктивного елемента	Небезпечність		Рівень надійності	Нормативний рівень надійності
				рівень	ранг		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	«0»	Основа під фундаменти «А»	0.01	1	1	0,9940	
2	цикл	Основа під фундаменти «Б»	0.02	0	0	1,0000	
3	від	Основа під фундаменти «В»	0.03	1	1	0,9940	
4	-3.600	Фундаменти «А»	0.04	1	1	0,9940	
5	до	Фундаменти «Б»	0.05	0	0	1,0000	
6	+0.000	Фундаменти «В»	0.06	1	1	0,9940	
По «0» циклу						0,9960	0,9999
7	«I»	Колони «А»	1.07	1	2	0,9870	
8	поверх	Колони «Б»	1.08	1	1	0,9940	
9	від	Колони «В»	1.09	1	2	0,9870	
10	±0.000	Ригеля «А»	1.10	1	3	0,9800	
11	до	Ригеля «Б»	1.11	1	1	0,9940	
12	+3.600	Ригеля «В»	1.12	1	3	0,9800	
13		Прогони «А»	1.13	3	1	0,8820	
14		Прогони «Б»	1.14	1	1	0,9940	
15		Прогони «В»	1.15	3	1	0,8820	
16		Діафрагми жорсткості «А»	1.16	1	2	0,9870	
17		Діафрагми жорсткості «В»	1.17	1	2	0,9870	
18		Плити перекриття «А»	1.19	1	3	0,9800	
19		Плити перекриття «Б»	1.20	1	1	0,9940	
20		Плити перекриття «В»	1.21	1	3	0,9800	
21		Сходова клітина «А-1»	1.22	1	2	0,9870	
22		Сходова клітина «А-2»	1.23	1	2	0,9870	
23		Сходова клітина «В-1»	1.24	1	2	0,9870	
24		Сходова клітина «В-2»	1.25	1	2	0,9870	
По «I» поверху						0,9753	0,9999

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Існуючі відокремлені методи нормування та контролю характеристик надійності та ризиків недостатньо ефективні та не завжди у повній мірі відображають реальну картину рівня безпечності на будь-якій часовій стадії експлуатації об'єктів. Основою забезпечення безпечності є закономірності зміни характеристик рівня надійності та рівня ризику відносно нормативно припустимих значень у стані нормальної експлуатації об'єктів.

У діючій нормативній базі не сформульована теоретична, методична та нормативна система керування та регулювання ризиків, впровадження ризикозахисних дій. Ця база вирішить протиріччя між, з одного боку, необхідністю забезпечення властивостей, при яких очікуваний збиток від руйнування об'єкта не перевищить припустимого рівня, а з іншого боку забезпечить надійну безпечну експлуатацію об'єкта за встановлений термін експлуатації на основі впровадження ризикозахисних дій відповідно функції «ефекти/витрати».

Найбільш точно виявити об'єктивні закономірності зміни фактичних характеристик у порівнянні з нормативними, можливо на основі статистичного моделювання зміни чисельних значень визначаючих параметрів у стані реальної експлуатації об'єкта. Фактично кожний промисловий об'єкт підвищеного рівня відповідальності за функціональним призначенням має свої специфічні особливості та відмінності. Тому найбільш точною та об'єктивною оцінкою характеристики безпечності буде та, яка враховує відповідність за функціональним призначенням, архітектурні та конструктивні особливості, вплив технології виробництва, специфічні визначаючі параметри, фактичний фізичний стан елементів та параметричні дані конструкцій і в остаточному результаті загальний наявний технічний стан об'єкта.

2. В теоретичній основі надійності допустима ймовірність відмов визначається залежно від тяжкості наслідків і заподіяної шкоди на весь термін експлуатації об'єкта. Але з часом експлуатації несуча здатність об'єкта та його складових елементів змінюється, тому кількісні значення відмов не можуть бути єдиними для будь-яких об'єктів підвищеного рівня відповідальності та на весь термін їхньої експлуатації. Відповідна кількість границь відмов повинна встановлюватись не тільки значенням в залежності від наслідків, а з урахуванням технічних, технологічних, виробничих та інших вимог стосовно функціонального призначення та рівня відповідальності об'єкта.

3. Критерій нормальної експлуатації об'єкта по деформативним характеристикам пов'язаний з розвитком лінійних переміщень і має на меті огородити конструктивні елементи та загальні деформації об'єкта від надмірного розвитку, при умові, що деякий гранично допустимий рівень деформацій конструктивних елементів і об'єкта припускається. При досягненні граничних значень втрата несучої здатності розглядається, як границя придатності нормальної експлуатації об'єкта та його переходу у стан непридатності до подальшої нормальної експлуатації, і даний факт свідчить про потенційну небезпеку руйнування, як окремих конструктивних елементів, так і об'єкта в цілому.

4. Перехід об'єкта чи його конструктивних елементів зі стану нормальної експлуатації у стан непридатності до подальшої нормальної експлуатації,

визначається за змінами чисельних значень показників визначаючих параметрів за умов реальної експлуатації. При цьому ці нормовані параметричні показники об'єкта та його складових конструктивних елементів дозволяють зробити коректне співставлення фактичної та гранично-припустимої ентропії експлуатованих об'єктів. За результатами статистичного моделювання (зміни чисельних значень у часі) можливо визначити загрози ризику руйнування за швидкістю зміни чисельних показників параметричних значень.

5. Інтегрована оцінка надійності та ризиків експлуатованих промислових будівель підвищеного рівня відповідальності за народногосподарським призначенням, що знаходяться в умовах реальної експлуатації, надасть змогу точніше визначити рівень безпечності об'єкта, спрогнозувати і попередити виникнення аварійних ситуацій та розвиток небезпечних руйнівних тенденцій, як об'єкта, так і його складових конструктивних елементів.

6. За темою дисертаційної роботи отримано 1 патент України на корисну модель: «Конструкція цегляно-залізобетонної рами».

Результати роботи впроваджені при обстеженні, паспортизації та підсиленню конструкцій об'єктів Центрального сховища Національного банку України: «Центральне сховище»; «Цех знищення цінних паперів»; «Управління перевезення цінностей»; «Виробнича база», а також при розробці проектів реконструкцій: «Вінницький сиркомбінат»; «Виробничий корпус заводу «Красное знамя»; «Гадяцький хлібозавод».

Результати дисертації впроваджено у навчальний процес Національного авіаційного університету при вивченні дисциплін «Реконструкція будівель та споруд аеропортів», «Технічна експлуатація будівель та споруд аеропортів» для студентів, які навчаються за спеціальністю «Промислове та цивільне будівництво».

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Бакулін Є. А. Вплив коефіцієнта надійності за призначенням на оцінку безпечності будівель підвищеного рівня відповідальності / Євгеній Анатолійович Бакулін // Мат. VI міжн. наук.-техн. конф. «АВІА 2004». — Т. 4. : Аеропорти та їх інфраструктура. — К. : НАУ, 2004. — С. 43.48 — 43.51.

2. Бакулин Е. А. Определение уровня безопасности промышленных зданий при влиянии агрессивных производственных сред / Евгений Анатольевич Бакулин // Сб. докл. VIII Украинской науч.-техн. конф. «Металлические конструкции: взгляд в прошлое и будущее». — Ч. 2. — К. : «Сталь», 2004. — С. 196 — 204.

3. Верюжський Ю. В. Стратегія науково-технічного формування Національної системи технічного регулювання надійності й безпечності. Надійність будівель та конструкцій / Верюжський Ю. В., Бакулін Є. А., Бакуліна В. М. // Будівництво України. — 2007. — № 1. — С. 45—47.

4. Верюжський Ю. В. Забезпечення експлуатаційної безпечності будівель та споруд різного рівня відповідальності / Верюжський Ю. В., Бакулін Є. А., Бакуліна В. М. // Будівництво України. — 2007. — № 2. — С. 13—16.

5. Пат. 24095 Україна, МПК⁶ Е 04 G 23/02. Конструкція цегляно-залізобетонної рами / Колчунов В. І., Бакулін Є. А., Коба В. А., Яковенко І. А.; заявл. 23.10.06 ; опубл. 25.06.07, Бюл. № 9.

6. Верюжський Ю. В. Підвищення безпечності висотного домобудування на основі впровадження ризикозахисних дій / Ю. В. Верюжський, Є. А. Бакулін // Вісник НАУ. — К., 2007. — Вип. 1(31). — С. 163—170.

7. Архитектурно–строительная энциклопедия / [Гольшев А. Б., Верюжский Ю. В., Колчунов В. И. и др.] ; под ред. докт. техн. наук А. Б. Гольшева. — К. : Основа, 2008. — 648 с.

8. Прусов Д. Е. Дослідження напружено-деформованого стану ґрунтової основи та будівлі в зоні впливу глибокого котлована / Д. Е. Прусов, Є. А. Бакулін // Будівництво України. — 2009. — № 5. — С. 38—41.

АНОТАЦІЯ

Бакулін Є. А. Визначення надійності будівель підвищеного рівня відповідальності з урахуванням факторів ризику. – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. – Національний авіаційний університет, Київ, 2010.

Дисертаційна робота присвячена розробці нової практичної інженерної методики оцінки надійності технічного стану експлуатованих будівель промислового призначення, підвищеного рівня відповідальності з урахуванням факторів ризику, що проявились за термін експлуатації та в подальшому розвитку створюють загрози руйнування.

Проведені довготривалі натурні експериментальні дослідження зміни технічного стану експлуатованих будівель із залізобетонним каркасом, що знаходяться в реальних умовах експлуатації, ідентифіковані небезпечні руйнівні тенденції.

Виконані чисельні моделювання роботи досліджених об'єктів з урахуванням реальних умов експлуатації та фактичного технічного стану, за результатами аналізу їхніх напружено-деформованих станів ідентифіковані небезпечні руйнівні тенденції.

Виконані порівняльні аналізи натурних та чисельних досліджень, які показали достатню точність результатів, одержаних за розробленою методикою, а також покладених в її основу передумов і допущень.

Ключові слова: руйнівні тенденції, ризики руйнування, ідентифікація небезпек, реальні умови експлуатації, напружено-деформований стан.

АННОТАЦИЯ

Бакулин Е. А. Определение надежности зданий повышенного уровня ответственности с учетом факторов риска. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения. – Национальный авиационный университет, Киев, 2010.

Диссертационная работа посвящена разработке новой практической инженерной методике оценки надежности технического состояния эксплуатируемых зданий промышленного назначения, повышенного уровня ответственности с учетом факторов риска, которые проявились в период эксплуатации и в дальнейшем

развитии создают угрозы разрушения. В работе изложена методика, которая позволяет давать объективную оценку фактического технического состояния зданий, работающих в реальных условиях, идентифицировать развитие опасных тенденций, которые создают риски разрушений, как объекта, так и его конструктивных элементов.

Во введении обоснована актуальность темы, дана общая характеристика работы, показана научная новизна, практическое значение, апробация и внедрение результатов.

В разделе 1 рассмотрены вопросы современного состояния и результаты предыдущих исследований по обеспечению надежности строительных объектов, оценке предельных состояний и риска разрушений. Для решения поставленной задачи надежность и риск строительных объектов рассматривались с позиции обеспечения безопасности – снижения уровня опасности на основе минимизации целевой функции и доведения уровня опасности к безопасной величине. В качестве критерия оценки безопасности зданий повышенного уровня ответственности приняты их граничные значения уровней надежности и риска.

Величина риска может отображать не только степень сопротивления конструкций, изменение внешних и внутренних воздействий, но и учитывает их вероятностный характер, что является наиболее приемлемой оценкой фактического технического состояния эксплуатируемых объектов на основе изменения регламентированных параметрических показателей.

В разделе 2 сформулированы и проведены исследования концептуально общих вопросов теоретических основ надежности и риска по проблеме обеспечения безопасности строительных объектов. Обоснован процессный подход определения и оценки факторов риска разрушений, которые проявляются в реальных условиях эксплуатации из признаков неопределенности технического состояния (информационной энтропии).

Согласно концепции конструкционной безопасности строительных объектов, используя гипотезу независимости каждой «*n*» группы конструктивных элементов, в соответствии со стандартными значениями уровней риска и информационной энтропии, сформулирован алгоритм требований надежности, дана оценка категорий технического состояния.

Идентификация опасных разрушающих тенденций осуществляется путем сопоставления результатов натурных и аналитически-расчетных данных по скорости изменения параметрических значений регламентированных нормами проектирования и строительства. Категория технического состояния оценивается на основе экспертной оценки с использованием приемов нечеткой логики – лингвистической переменной «*очень*» при отождествлении значений «*надежность*» и «*соответствие*».

В разделе 3 приведено обоснование методики проведения полномасштабных натурных исследований представителей объектов повышенного уровня ответственности. Разработан алгоритм визуальных и инструментальных обследований для получения достоверной объективной информации фактических параметрических и непараметрических значений.

По скорости изменения и приросту местных, вертикальных, горизонтальных линейных перемещений и перекосу ячейки каркаса, определены опасные тенденции, дальнейшее развитие которых вызывает риски разрушений.

В разделе 4 по результатам натурных исследований проведен анализ напряженно-деформированного состояния объектов по модели «*Основание–Фундамент–Каркас*» с использованием программного комплекса (ПК) Structure CAD "SCAD" и программы «КРОСС» для учета распределительных свойств оснований. Результатами расчета определены вынужденные перемещения каждой «*n*» группы конструктивных элементов по направлениям основной системы координат (X, Y, Z), идентифицированы опасные разрушающие тенденции.

На основании накопленной базы данных по обследованным объектам выполнен сравнительный анализ совпадения результатов идентификации опасных разрушающих тенденций натурных и численных исследований.

В разделе 5 приведены примеры практического применения результатов исследований. Материалы исследований использованы при обследовании, паспортизации, разработке проектов по усилению конструктивных элементов объектов Центрального хранилища Национального банка Украины, разработки проектов реконструкции «Винницкий сыркомбинат», «Производственный корпус завода «Красное знамя», «Гадяцкий хлебозавод».

Ключевые слова: разрушающие тенденции, риски разрушений, идентификация опасностей, реальные условия эксплуатации, напряженно-деформированное состояние.

ABSTRACT

Bakulin E. A. Determination of reliability of buildings of the increased level of responsibility taking into account risk factors. – Manuscript.

The thesis for taking the scientific degree of Candidate of Technical Sciences in speciality 05.23.01 – Building Constructions, Buildings and Structures. – National Aviation University. – Kiev, 2010.

The thesis is devoted a new practical design engineering procedure of estimation of reliability of the technical condition of maintained industrial buildings, increased level of responsibility, taking into account risk factors which showed up for the term of exploitation and in further development create destruction threats.

Long-term natural experimental researches of change technical condition of maintained buildings with a concrete formwork, which are in the real terms exploitations, identified dangerous destructive tendencies are are conducted.

It is executed numerical modelling of work of the investigated objects taking into account real terms of exploitation and an actual technical condition, by results of their analysis of tensely-deformed states, dangerous destructive tendencies are identified.

It is executed comparative analyses of natural and numerical researches, which have shown sufficient accuracy of results gained by developed technique, and also preconditions taken as a principle to an offered technique and formulas.

Keywords: destructive tendencies, risks of destruction, identification of dangers, the real terms of exploitation, tensely deformed condition.