

Р.В. Пархоменко, к.т.н., доцент, В.В. Кошеленко, к.т.н. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ПЕРКОЛЯЦІЙНА ТЕОРІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД ЧАС ПОЖЕЖ

В статті розглянуті існуючі критерії оцінки стану залізобетонних конструкцій після пожежі і методи їх визначення. Запропоновано використання перколяційної теорії для прогнозування поведінки залізобетонних конструкцій під час пожеж

В 2007 році в населених пунктах України і на об'єктах виникло 50578 пожеж, що на 5,2% більше, ніж в 2006 році. Загинуло 3989 осіб, в тому числі 139 дітей, травмовано 1869 осіб, в тому числі 152 дитини. Економічні збитки становлять 1 млрд. 594 млн. 203 тис. грн. [1]. В таблиці 1 наведені статистичні дані щодо кількості знищених та пошкоджених будівель.

Таблиця 1

*Статистичні дані щодо кількості знищених
та пошкоджених будівель в Україні у 2007 році в порівнянні з 2006 роком*

| Назва показників | 2007 р. | 2006 р. |
|--|---------|---------|
| Знищено, пошкоджено будівель і споруд (од.) | 23108 | 20240 |
| Розподіл пожеж за місцем виникнення | | |
| Споруди виробничого призначення | 520 | 611 |
| Торговельно-складські споруди | 906 | 917 |
| Соціально-культурні, громадські та адміністративні споруди | 495 | 541 |
| Тваринницькі будівлі | 45 | 53 |
| Інші сільськогосподарські об'єкти | 184 | 186 |
| Споруди житлового сектора | 42381 | 40362 |
| в тому числі житлові будинки | 21737 | 22237 |
| Інші об'єкти | 6047 | 5414 |

З табл. 1 видно, що в 2007 році вогнем знищено та пошкоджено 23,1 тисяч будівель і споруд різного призначення, що на 14,2% більше, ніж в 2006 році. Тому після кожної пожежі виникає питання щодо можливості подальшої безпечної експлуатації будівель та споруд, тобто необхідно оцінити фактичний стан будівельних конструкцій за параметрами, які характеризують їх придатність до подальшої нормальної експлуатації [2, 3]. Для вирішення даної проблеми використовується існуюча система технічної діагностики, за допомогою якої можна визначити стан конструкцій та випробувати їх руйнуючими навантаженнями для оцінки стану будівлі в цілому.

Вплив пожежі на будівлі характеризується такими параметрами: пожежним навантаженням на будівельні конструкції, тривалістю теплового впливу, максимальною температурою пожежі, температурою прогрівання конструкції за перерізом. Для оцінки впливу пожежі на конструкції будівлю розділяють на зони з різною інтенсивністю теплового впливу: зона слабого впливу, підвищеного, високого і надвисокого, що відповідає температурам 400°C, 800°C, 1200°C і понад 1200°C відповідно [3].

Можливість експлуатації конструкцій після пожежі визначають за такими основними і додатковими параметрами. Основні параметри: збереженість і ремонтпридатність, стійкість і залишкова несуча спроможність конструкцій, відсутність аварійного стану; додаткові –

залишкові деформації матеріалів у вигляді додаткових прогинів, кутів повороту і перекосів конструкцій, а також додаткові тріщини і збільшена ширина їх розкриття.

Для оцінки технічного стану залізобетонних конструкцій використовуються суб'єктивні та об'єктивні методи діагностики. До суб'єктивних методів діагностики належать візуальний огляд будівельних конструкцій та оцінка міцності бетону склерометричним методом – простукування молотком. Для об'єктивного технічного діагностування використовуються прилади, пристосування та інструменти. Найбільш поширені механічні, оптичні й електричні засоби вимірювання. Використовуються також віброакустичні та ультразвукові прилади, оптична мікроскопія і металографія. В таблиці 2 наведені методи діагностики ушкоджень залізобетонних конструкцій будівель [4].

Таблиця 2

Методи діагностики ушкоджень залізобетонних конструкцій будівель

| Ушкодження конструкцій | Діагностичні параметри | Метод діагностики |
|--|--|---|
| Хаотично розташовані температурно-усадочні тріщини | Довжина, глибина і місце розташування тріщин | Візуальний, візуально-оптичний, ультразвуковий |
| Тріщини в місцях розташування подовжньої арматури, не наскрізні | Місце розташування тріщин | Оцінка ширини розкриття |
| Прогрів частини перерізу елемента понад критичну температуру нагрівання бетону | Товщина прогріву бетону по перерізу елемента понад 500°C | Механічні методи: відколювання ушкодженого шару бетону, висвердлювання отворів, відколювання кутів прогрітих перерізів |
| Відшарування захисного шару бетону | Товщина відшарування | Магнітний метод, відколювання при простукуванні молотком |
| Відколювання бетону від поверхонь конструкцій і їх елементів | Товщина відколотого бетону; площа ділянок ушкоджених відколами | Механічні методи оцінки товщини відколотого бетону |
| Наскрізні тріщини | Ширина розкриття та глибина розвитку тріщин | Візуально-оптичний, ультразвуковий |
| Зміна міцнісних і деформативних характеристик прогрітого бетону | Міцність прогрітого бетону при стиску, модуль пружності бетону | Візуально кольором, зовнішнім виглядом бетону; за міцністю бетону (склерометричний метод); акустичний; методи, засновані на ударі або забиванні стрижнів, випробуванні на відрив і сколювання бетону, на свердлінні отворів у бетоні конструкцій; випробування ушкоджених конструкцій |
| Зміна механічних властивостей прогрітої до високих температур арматурної сталі | Міцнісні характеристики, модуль пружності сталі | Візуально-оптичний метод, добір проб і визначення механічних властивостей і хімічного складу сталі; оцінка міцності за твердістю металу. випробування стрижневої арматури на холодний згин, дротової -- на перемінний згин |

Внаслідок пожежі залізобетонні конструкції повністю або частково втрачають свою несучу здатність. Зниження несучої здатності відбувається внаслідок зміни характеристики міцності бетону та арматури, порушення їх спільної роботи, зменшення геометричних розмірів перерізів та зміни схеми роботи елементів конструкцій в результаті нерівномірного їх прогрівання [3]. Коли внаслідок пожежі конструкції частково втрачають свої експлуатаційні якості, виникає питання щодо доцільності їх подальшої експлуатації.

В даній системі технічної діагностики є ряд проблем.

1. Найчастіше на практиці використовуються суб'єктивні методи діагностики, коли під час візуального огляду немає явних ознак пошкодження конструкцій. Хоча вони можуть проявитися під час подальшої експлуатації, особливо це актуально для житлових будівель.

2. Використання об'єктивних методів діагностики процес трудоемний, необхідна наявність спеціальних приладів, інструментів і, відповідно, кваліфікованих спеціалістів. Тільки незначна частина пошкоджених будівель та споруд діагностуються об'єктивними методами.

3. Існуючі методи діагностики не дозволяють виконувати довгострокове прогнозування поведінки будівельних конструкцій, особливо у випадках повторних теплових впливів.

Для вирішення даних питань пропонується використати розділ теорії ймовірностей, що застосовується в природничих та інженерних науках, - перколяційна теорія, яку вже протягом п'ятдесяти років застосовують для визначення особливостей виникнення і еволюції, а також властивостей зв'язаних областей [5, 6]. Застосування теорії протікання вирішило багато існуючих проблем у широкому колі науково-технічних задач: в дослідженні білкових структур, пористих тіл, створенні фільтрів, у боротьбі з епідеміями, при створенні композиційних матеріалів, в дослідженнях процесів полімеризації. Після перколяційного буму, який припадає на сімдесяті роки минулого сторіччя, стало зрозуміло, що теорія протікання має надзвичайно широке коло модифікацій своїх моделей. В оглядах і монографіях, які присвячені перколяційній теорії, описано десятки способів генерації нескінчених кластерів [5-7].

Моделі теорії протікання прості та наочні, деякі задачі вирішуються точно, більшість – чисельно; застосовується аналітичний підхід або ставиться комп'ютерний експеримент, який базується на методі Монте-Карло. Перколяційна теорія вивчає континуальні та решітчасті задачі від одно- до тримірних, а також n -мірні. Розглядаються правильні та випадкові решітки, вивчаються задачі вузлів, зв'язків, а також змішані; всі задачі можуть бути корельованими. Задачі можуть мати фізичний та геометричний характер або розглядатися як ймовірні [6].

В комп'ютерній реалізації перколяційних задач для визначення місця виникнення трансформованої ділянки – елемента майбутнього нескінченного кластера – використовують генератор випадкових чисел. Зміна концентрації таких ділянок – кластерів скінчених розмірів – помітно модифікує властивості матеріалу. Зростання концентрації веде до катастрофічних змін властивостей в результаті якісного стрибка в еволюції кластерної системи: в матеріалі виникає перколяційний нескінчений кластер, характерні розміри якого порівнюються з розмірами тіла, кореляційна довжина розходиться, змінюється симетрія об'єкта та ряд його фізико-хімічних і міцнісних характеристик, відбувається структурний фазовий перехід [5, 6].

Результати фазового переходу можуть бути різними залежно від структури і властивостей нескінченного кластера, який займає проміжне положення між мікро- та макроутвореннями і визначає новий стан речовини. В таких задачах одночасно вивчається і кластерна система матеріалу і її вплив на об'єкт в цілому. Дані кластери суттєво змінюють процеси провідності та масопереносу, визначають механічну міцність, впливають на довговічність, ведуть до аномальної дифузії та інших фізико-механічних і механічних ефектів. Перколяційний підхід дозволяє з подібних позицій вивчати кінетику хімічних реакцій і деструкцію, дифузію, передачу механічних напружень, корозію та інші явища, що відбуваються в матриці нескінченного кластера. Необхідно відзначити, що нескінчені кластери є провідниками і зовнішніх впливів, в тому числі агресивних, наприклад, високої температури, визначаючи таким чином взаємодію матеріалу з зовнішнім середовищем [8].

Перколяційна теорія дає можливість переглянути уявлення щодо поширення фронту різних процесів переносу: вони виявляються "рваними", тому що поширюючись у різні

частини нескінченного кластера віддаляються від осередку виникнення на різні відстані [9]. Причиною аномальної дифузії є, зокрема, системи тріщин та внутрішні поверхні розподілу [9-11], а відповідно, наявність фрактальної поверхні та можливості дифузійного заповнення через капіляр. Це виділяє їх в самостійний об'єкт перколяційного аналізу і дозволяє розглядати як джерело зміни властивостей матеріалу.

Перерозподіляючи деформації в матеріалі, тріщини еволюціонують, змінюючи характерні розміри, освоюючи нові масштаби і таким чином модифікують матеріал, і в даному значенні, відповідно до визначення з [12], є системою, здатною до самоорганізації, в якій можливі структурні фазові переходи. Коли в системі з'являється неперервний простір — простір магістральної тріщини або внутрішніх меж розподілу, він надає тілу нові, радикально інші властивості.

Дана теорія представляє будівельні конструкції як системи. Це базується на таких положеннях: - конструкція являє собою деяку цілісність з визначеною метою функціонування; - складається із взаємозв'язаних елементів (підсистем); - властивості конструкцій не зводяться до властивостей її складових [13, 14]. Властивості, які закладені в конструкцію, мають зберігатися впродовж усього нормованого періоду експлуатації будівельного об'єкта, що зазнає впливу зовнішніх факторів, які можна завчасно передбачити, включаючи вплив середовища експлуатації, а саме багаторазові зміни вологості, температури, хімічні впливи. Це може призвести до порушення структури матеріалу конструкції та зміни властивостей самої конструкції. Якщо ж конструкції зазнають тривалого чи навіть короткочасного впливу високих температур під час пожежі, це призводить до порушення структури матеріалу конструкції. Під час виготовлення будівельних конструкцій, обов'язково враховуються і вимоги протипожежної безпеки. Та будівельні протипожежні норми не вимагають досліджувати конструкції щодо збереження ними протипожежних властивостей в процесі довготривалого терміну експлуатації. Враховуючи те, що структура і властивості матеріалу конструкції залежать від характеру зовнішніх впливів, а сам матеріал є складовою частиною конструкції, конструкцію можна розглядати як відкриту систему.

Розуміння конструкції як відкритої системи передбачає, що її окремі структурні складові, для забезпечення безпечної експлуатації, мають проявляти механізми самоорганізації як на рівні окремих структурних елементів та їх груп, які утворюють підсистеми різних рівнів структурних неоднорідностей, так і на рівні всієї системи. Самоорганізація повинна привести до таких структурних перебудов, при яких має проявитися явище адаптації.

Елементи структури матеріалу конструкції класифікуються за їх здатністю змінювати свої параметри під дією зовнішніх або внутрішніх факторів на консервативні, метастабільні та активні [15]. До консервативних елементів структури системи, які практично не змінюють свою структуру і властивості впродовж усього періоду експлуатації, відносяться крупні та дрібні хімічно інертні заповнювачі, їх розподілення, кількісний і фракційний склади, армуючі елементи в разі відсутності ознак їх деградації та корозії, габаритні розміри конструкції. До метастабільних елементів структури системи, які частково змінюють свої структурні параметри, відносяться поровий простір з врахуванням розподілу пор і капілярів за розмірами, кількісний і якісний склад продуктів новоутворень, кількість і лужність порової рідини тощо. До активних елементів структури системи, які змінюють свої структурні параметри практично одночасно з дією зовнішніх факторів, відносяться технологічні та експлуатаційні тріщини на всіх рівнях системи, внутрішні поверхні розподілу між окремими структурами та компонентами на всіх масштабних рівнях, локальні та інтегральні залишкові деформації і напруження. Сукупність консервативних, метастабільних та активних структурних елементів дозволяє запропонувати моделі структури конструкції як відкритої системи, здатної до самоорганізації.

Якщо розглядати будівельну конструкцію як відкриту систему, здатну до самоорганізації, яка зазнає впливу високих температур під час пожежі, виникає необхідність коректування існуючої системи класифікації елементів структури матеріалу. Такі консервативні, в умовах нормальної експлуатації, елементи як армуючі елементи, а можливо і габаритні розміри конструкції, будуть частково змінювати свою структуру, а відповідно і властивості. Тому в умовах пожежі їх необхідно віднести до метастабільних елементів. Можна передбачити, що метастабільні, в умовах нормальної експлуатації, елементи будуть більш суттєво змінювати свої структурні параметри, а активні елементи структури системи будуть змінювати свої структурні параметри набагато інтенсивніше.

Висновок. Таким чином, наявність в структурі метастабільних та активних елементів, здатних змінювати свої параметри під впливом зовнішніх факторів, дає можливість прогнозувати безпечну експлуатацію конструкцій, оскільки дані елементи структури закладаються в систему в технологічний період її створення. Застосування перколяційної теорії дає можливість прогнозувати поведінку будівельних конструкцій як систем, здатних до самоорганізації, за такими напрямками як: - здатність будівельних конструкцій зберігати свої протипожежні властивості в процесі довготривалого часу експлуатації в нормальних умовах (10, 20 років і більше); - здатність будівельних конструкцій зберігати свої протипожежні властивості в умовах різних температурних режимів розвитку пожежі («стандартна пожежа», «зовнішня пожежа», «вуглеводнева пожежа» [16]); - можливість безпечної експлуатації конструкцій після пожежі як при нормальних умовах роботи, так і в умовах повторних теплових впливів тощо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Огляд стану службової діяльності органів державного пожежного нагляду в 2007 році // Державний департамент пожежної безпеки МНС України, - Київ, 2008. – 46 с.
2. Михно Е.П. Восстановление разрушенных сооружений. – М., 1974. – 272 с.
3. Ильин Н.А. Последствия огневого воздействия на железобетонные конструкции. – М., 1979. – 128 с.
4. Шналь Т.М., Хоржевський В.І., Павлюк Ю.Е., Пархоменко Р.В. Технічна діагностика та подальша експлуатація залізобетонних конструкцій після пожежі // Вісник національного університету «Львівська політехніка»: Теорія і практика будівництва. - №144.- Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка». – 2002. – С. 184-189.
5. Эфос А.Л. Физика и геометрия беспорядка – М.: Мир, 1982 – 176 с.
6. Соколов И.М. Размерности и другие критические показатели в теории протекания. //УФН – 1986.-Т. 150, вып. 2.- С. 221-255.
7. Берлин А.А., Вольфсон С.А., Ошмян В.Г., Ениколопов Н.С. Принципы создания композиционных полимерных материалов.- М.: Химия, 1990.- 240 с.
8. В.Н.Выровой, А.Н.Гергега. Перколяционная теория как инструмент материаловедения // Материалы к 47-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов " Компьютерное материаловедение и прогрессивные технологии" (МОК'47). – Одесса: "Астропринт", 2008.- С.14-15.
9. Выровой В.Н., Гергега А.Н., Бровко И.В., Дорофеев А.В. Вариативная перколяция как метод изучения структуры материала. /Труды семинара «Структура, властивості та склад бетону». – Київ, 2007. – С. 29-36.
10. Выровой В.Н., Довгань И.В., Семенова С.В. Особенности структурообразования и формирования свойств полимерных композиционных материалов. - Одесса, 2004. – 168 с.
11. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. – Одесса, 1998.- 165 с.
12. Хакен Г. Информация и самоорганизация.- М.: Мир, 1991. – 240 с.
13. Могилевский В.Д. Методология системы. – М.: Экономика, 1999. – 252 с.

14. *Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности.* – М.: СИНТЕГ, 2000. – 528 с.
15. *В.Г.Суханов, В.Н.Выровой. Моделирование структуры материала конструкций как открытых самоорганизующихся систем// Материалы к 47-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов “ Компьютерное материаловедение и прогрессивные технологии” (МОК’47).* – Одесса: “Астропринт”, 2008.- С.201-202.
16. *Т.Н.Шналь, Ю.Е.Павлюк, М.І.Стасюк, І.І.Кархут, Б.С.Штангрет. Температурний режим розвитку пожежі в одноповерховій промисловій будівлі з залізобетонним каркасом // Пожежна безпека.* – Львів: ЛДУБЖД, УкрНДІПБ МНС України, 2007. – №10.- С.12 -16.

УДК 658.51

О.В. Сидорчук, д.т.н., проф. (Національний науковий центр “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства”), М.М. Козяр, д.пед.н., проф., В.В. Босак (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

МНОЖИНА МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ З ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Викремлено 10 сфер управління проектів та означено особливості управління ними в галузі цивільного захисту. Розкрито основні вимоги та множини моделей управління проектами в цивільному захисті

Постановка проблеми. Сталий економічний розвиток будь-якої держави забезпечується багатьма складовими, з-поміж яких чільне місце належить цивільному захисту. Цивільний захист є категорією системною, яка зумовлюється скінченною множиною чинників, пізнання та встановлення причинно-наслідкових зв'язків між якими не можливе без використання системного підходу та моделювання.

Гарантуючи певний рівень безпеки життєдіяльності, органи системи цивільного захисту здійснюють низку проектів та програм. Під час їх реалізації відбувається управління, ефективність якого визначає рівень безпеки та витрати на її гарантування. Іншими словами управління проектами та програмами з цивільного захисту є її важливою складовою. Знання про особливості такого управління є ще недостатніми.

Аналіз публікацій. Розв'язанню наукових проблем управління проектами присвячено багато наукових праць. Зокрема створено відповідний нормативний документ [1], який регламентує понятійний апарат цієї науки, а також означає взаємозв'язки між складовими діяльності з цього управління. Аналіз змісту цих знань свідчить про системний характер даної науки та її багатовекторність. Зокрема, наука з управління проектами стосується усіх предметних галузей, в яких реалізуються проекти та програми. Водночас вона розвивається на основі з'ясування особливостей проектів цих галузей. На жаль, управління проектами з цивільного захисту, як науково-прикладна сфера знань (науки) знаходиться на початковому етапі свого розвитку. Окремі наукові праці з цього питання [1,2,3] свідчать про доцільність організації більш масштабних та системних досліджень. Зокрема, слід звернути увагу на головну складову управління проектами та програмами – методологію створення моделей.

Метою статті є означення множини моделей та головних вимог до них, що є характерними для управління проектами у цивільному захисті.

Виклад матеріалів дослідження. Модель це є відображення діяльності за допомогою певних символів. Класифікація моделей є сьогодні, на жаль, різною. Під час викладення матеріалу будемо користуватися класифікацією моделей, що використовується для