

УДК 624.04:681.3

Моделювання напружено-деформованого стану для обґрунтування можливості продовження терміну експлуатації будівельних конструкцій, будівель та споруд

¹Семиног М.М., ²Голоднов О.І., д.т.н.

¹Броварське управління ГУ МНС України в Київській обл., Україна

²ВАТ «УкрНДПроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»,
Україна

Анотація. Викладена доцільність використання комплексної методики оцінки напружено-деформованого стану будівельних конструкцій із застосуванням методів математичного моделювання. Моделювання конструкцій виконується за результатами вивчення технічної документації й обстежень. Показана можливість використання методу для оцінки напружено-деформованого стану і розробки проекту підсилення конструкцій.

Аннотация. Изложена целесообразность использования комплексной методики оценки напряженно-деформированного состояния строительных конструкций с применением методов математического моделирования. Моделирование конструкций выполняется по результатам изучения технической документации и обследований. Показана возможность использования метода для оценки напряженно-деформированного состояния и разработки проекта усиления конструкций.

Abstract. Expedience of the use of complex method of estimation of the tensely-deformed state of building constructions is expounded with the use of methods of mathematical design. The design of constructions is executed on results the study of technical document and inspections. Possibility of the use of method is rotined for the estimation of the tensely-deformed state and development of project of strengthening of constructions.

Ключові слова: напружено-деформований стан, технічна документація, обстеження, технічний стан конструкцій, продовження терміну експлуатації.

Вступ. Постановка проблеми. У теперішній час усе частіше виникає необхідність у проведенні робіт із відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій будівель і споруд. При цьому необхідно вирішувати питання, пов'язані з визначенням напружено-деформованого стану (НДС) і виконанням робіт із продовження терміну експлуатації споруд.

Зазначені роботи повинні вирішуватись в комплексі, тобто прогнозу можливого продовження терміну експлуатації конструкцій будівель та споруд мають передувати роботи, пов'язані з оцінкою їхнього технічного стану, які роботи виконуються відповідно до вимог чинних нормативних документів [1, 2].

Оцінка технічного стану виконується на підставі результатів візуального й інструментального обстеження, перевірних розрахунків тощо. Перевірні розрахунки виконуються, як правило, із застосуванням спрощених розрахункових схем без урахування фактичного стану конструкцій і прогнозу деградації властивостей матеріалів. Такий підхід не дозволяє моделювати НДС споруд у динаміці розвитку процесів деградації та не дає можливості прийняти правильне рішення про комплекс заходів, що забезпечують подальшу надійну та безпечну експлуатацію конструкцій.

Робота є одним із етапів досліджень проблеми продовження терміну експлуатації будівельних конструкцій будівель та споруд за умови дії як силових, так і інших (термічних, деформаційних тощо) впливів.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Як відомо, діагностика та продовження терміну експлуатації будівельних конструкцій будівель і споруд є досить складною і трудомісткою проблемою, остаточне вирішення якої в наш час відсутнє. При вирішенні цієї проблеми необхідно визначити механічні властивості матеріалу, специфіку роботи конструкції під навантаженням, а також зміни їхнього технічного стану за умов можливого розвитку нерівномірних деформацій основи або термічних впливів. Прогнозування зміни технічного стану в процесі подальшої експлуатації неможливе без математичного моделювання конструкцій сучасними методами. Вирішенню окремих аспектів зазначеної вище проблеми присвячена ця стаття.

Мета роботи. Виявлення особливостей роботи, оцінки НДС і несучої здатності будівельних конструкцій будівель та споруд, що знаходяться в експлуатації, для моделювання технічного стану та його змінення при подальшій експлуатації.

Основна частина. Для визначення технічного стану і ухвалення рішення про перепризначення ресурсу конструкцій виконується їх обстеження.

Основною метою проведення робіт із оцінки технічного стану елементів і конструкцій будівель та споруд залишається визначення можливості їхньої подальшої експлуатації при реалізованих режимах і умовах. Оцінка проводиться шляхом визначення технічного стану елементів, конструкцій і споруди в цілому на основі аналізу технічної документації за період проектування, будівництва і експлуатації, а також результатів технічних оглядів і виконання перевірних розрахунків (у разі необхідності).

Оцінка технічного стану конструкції (споруди) має бути виконана в такій послідовності [1 – 5]:

- аналіз технічної документації;
- візуальне обстеження конструкцій;

- інструментальне обстеження конструкцій;
- аналіз результатів візуального й інструментального обстежень;
- моделювання технічного стану та виконання перевірних розрахунків (за необхідності);
- оцінка технічного стану;
- висновки про можливість подальшої експлуатації та рекомендації із приведення конструкцій в придатний для подальшої експлуатації стан (за необхідності).

Для оцінки технічного стану конструкцій зазвичай використовуються:

- критерій відповідності конструкції (споруди) робочій документації (розміри, армування, конструктивні особливості тощо);
- критерій відповідності конструкції (споруди) визначальним параметрам технічного стану (наявність або відсутність неприпустимих дефектів і пошкоджень, відповідність застосованих матеріалів вимогам проекту тощо) і задоволення вимог розрахунку за граничними станами I і II груп.

За відсутності або незначних дефектах, виявлених при візуальному обстеженні, а також відповідності конструкції (побудованої споруди) технічній документації може бути зроблена остаточна оцінка технічного стану.

За наслідками візуального обстеження при виявленні істотних дефектів, що впливають на несучу здатність і довговічність конструкцій, виконується інструментальне обстеження.

При інструментальному обстеженні уточнюють:

- фізико-механічні характеристики матеріалів;
- у пошкоджених конструкціях – геометричні розміри елементів, стан вузлів сполучання елементів тощо;
- прогини та переміщення;
- тріщини в основному металі і зварних швах;
- корозію металу, бетону тощо.

За наслідками аналізу технічної документації, візуального та інструментального обстежень технічного стану конструкцій приймається рішення про необхідність виконання математичного моделювання технічного стану конструкцій і перевірних розрахунків.

Критеріями для прийняття такого рішення вважаються:

- наявність дефектів, що впливають на зменшення несучої здатності конструкцій;

- зниження характеристик міцності матеріалів у порівнянні з проектними, що встановлюється під час проведення обстежень конструкцій методами руйнівного і неруйнівного контролю;
- зменшення площі робочого перерізу елемента;
- перевищення фактичних експлуатаційних навантажень їхніх проектних значень;
- технологічні дії, не передбачені проектом;
- розвиток нерівномірних деформацій основи або термічні впливи на конструкції під час пожежі.

В ході виконання перевірних розрахунків передбачається [3, 5, 6]:

- математичне моделювання конструкцій МСЕ з урахуванням встановленого технічного (деформованого) стану;
- розрахунок конструкцій і визначення зусиль і деформацій в елементах розрахункової схеми;
- порівняння характеру деформації реального об'єкта і математичної моделі і уточнення, у разі потреби, характеристик жорсткості матеріалів елементів моделі;
- розрахунок уточненої моделі, визначення зусиль і переміщень;
- перевірка дотримання умов, що забезпечують несучу здатність і деформативність будівельних конструкцій будівель і споруд, оцінка їхнього технічного стану;
- коректування розрахункової схеми споруди з урахуванням встановлення елементів підсилення і розрахунок нової моделі;
- проектування підсилення конструкцій.

Оцінка технічного стану будівельних конструкцій будівель та споруд виконується шляхом зіставлення контрольованих параметрів, визначених у ході проведеного візуального й інструментального обстежень, з відповідними проектними параметрами, а також за наслідками перевірних розрахунків.

За наслідками оцінки технічного стану і прогнозу його змінення під час подальшої експлуатації робиться висновок про можливість подальшої експлуатації або про необхідність виконання робіт із приведення конструкцій до стану, що забезпечує експлуатаційну придатність за умов необхідності подальшої експлуатації.

Запропонована методика була використана при визначенні можливості подальшої експлуатації ряду житлових будинків, побудованих у повоєнні часи в різних містах України [5, 6].

Під час проведення робіт із визначення технічного стану й обґрунтування можливості подальшої експлуатації було встановлено, що несучі стіни мають вертикальні і похилі тріщини з різною шириною розкриття.

Основними причинами появи пошкоджень у стінах були:

- нерівномірне замочування ґрунтів основи внаслідок незадовільного вертикального розпланування території;
- одностороння інсоляція ґрунтів, що призводить до регулярного обезводнення і усадки ґрунтів у літній час і набухання в осінньо-весняний період, що особливо впливає на ті частини будівель, які мають меншу глибину закладення підосви фундаментів;
- конструктивна система будівель, що не забезпечує сприйняття додаткових зусиль внаслідок нерівномірних деформацій основи (будівлі складаються з декількох об'ємів, глибина закладення підосви фундаментів у яких різна; відсутні деформаційні шви, прийнята конструкція перекриттів не створює горизонтальних дисків жорсткості, які разом із стінами забезпечували б просторову жорсткість будівель при комбінаціях силових і деформаційних впливів);
- експлуатація в умовах нерівномірних деформацій основи.

Отримані в ході проведення обстежень будівель дані були використані при моделюванні будинків як пластинчасто-стрижньових систем, що складаються з скінченних елементів обчислювального комплексу ЛІРА. Характеристики жорсткості елементів приймалися за даними проведених обстежень і за проектними даними. Ґрунтова основа моделювалася скінченними елементами типу КЕ-51 «Зв'язок кінцевої жорсткості». Жорсткість елементів типу КЕ-51 приймалася такою, що дорівнює жорсткості замінюваних ділянок ґрунту (рівномірне осідання будівлі, у зв'язку з відсутністю інформації про характер розвитку деформацій за час експлуатації, умовно було прийняте таким, що дорівнює 5 см). Характеристики жорсткості цих елементів у місцях регулярного замочування ґрунтів зменшувалися, що дозволило моделювати розкриття тріщин у стінах.

Отримані в результаті проведених розрахунків дані (характер розвитку деформацій) дозволили провести порівняння з реальним розвитком деформацій і тріщин у стінах та коректування характеристик жорсткості елементів. Після проведеного коректування (коли характер розвитку деформацій в реальному будинку відповідав НДС, отриманому в результаті розрахунку) були визначені зусилля в стрижньових елементах, що моделюють елементи підсилення. Такий підхід дозволив підібрати перерізи елементів підсилення, розробити відповідні конструктивні рішення та виконати підсилення конструкцій в натурі (див. рис.).



а)



б)

Фрагмент стіни будинку в м. Києві (вул. Стадіонна, 19):
а – до підсилення; б – після підсилення

Висновки

1. Запропонована методика визначення НДС конструкцій будівель та споруд за результатами проведених обстежень і моделювання із застосуванням МСЕ. Методика дозволяє зробити висновок про технічний стан і виконати прогностичні розрахунки з урахуванням можливої деградації матеріалу, розвитку нерівномірних деформацій ґрунтів основи або термічних впливів під час пожежі.
2. Виконання розрахунків із використанням запропонованої методики дозволяє визначити комплекс заходів для обґрунтування терміну подальшої експлуатації конструкцій.
3. Розроблена методика пройшла апробацію при вирішеннях практичних завдань, пов'язаних із визначенням НДС і обґрунтуванням можливості продовження терміну експлуатації ряду будинків повоєнної забудови в різних містах України.

Література

- [1] ДБН 362-92. Оценка технического состояния стальных конструкций эксплуатируемых производственных зданий и сооружений. – К.: Государственный комитет Украины по делам архитектуры, строительства и охраны исторической среды, 1993. – 47 с.

- [2] Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. – Київ: Держбуд України, 1999. – 152 с.
- [3] Голоднов А.И. Определение остаточного ресурса железобетонных конструкций в условиях действующих предприятий // Буд. конструкції: Міжвідом. наук.-техн. зб. / НДІБК. – К.: НДІБК, 2005. – Вип. 62. – Т. 2. – С. 138 – 143.
- [4] Голоднов А.И., Пронько А.М., Голоднова В.П. Опыт обследования строительных конструкций жилых зданий послевоенной застройки // Буд. конструкції: Міжвідом. наук.-техн. зб. / НДІБК. – К.: НДІБК, 2000. – Вип. 53. – Т. 2. – С. 62 – 66.
- [5] Голоднов А.И. Моделирование напряженно-деформированного состояния – составная часть работ по продлению ресурса строительных конструкций сооружений // Вісн. Придніпр. Держ. академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБтаА, 2004. – № 7–8. – С. 34 – 40.
- [6] Голоднов А.И. Особенности усиления строительных конструкций бескаркасных жилых домов послевоенной застройки // Строительство и техногенная безопасность: Сборник научных трудов. – Симферополь: КАПКС, 2002. – Вып. 6. – С. 86 – 88.

Надійшла до редколегії 24.07.2009 р.