

МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ИСПЫТАНИЯ НАГРУЖЕНИЕМ БЕЗ РАЗРУШЕНИЯ

Предложен метод, который позволяет на основе результатов испытания конструкции нагружением без разрушения оценивать ее техническое состояние при обследовании и мониторинге, в частности с использованием локальных автоматизированных систем.

Ключевые слова: *эксплуатируемые изгибаемые железобетонные конструкции, прочность, экстраполяция, техническое состояние, мониторинг.*

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ, НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ БЕЗ РУЙНУВАННЯ

Запропоновано метод, що дозволяє на основі результатів випробування конструкції навантаженням без руйнування оцінювати її технічний стан при обстеженні та під час моніторингу, зокрема з використанням локальних автоматизованих систем.

Ключеві слова: *згинальні залізобетонні конструкції, що експлуатуються; міцність, екстраполяція, технічний стан, моніторинг.*

METHOD FOR TECHNICAL CONDITION ASSESSING OF OPERATED REINFORCED CONCRETE BENDING CONSTRUCTIONS ON THE BASIS OF THE TEST LOAD WITHOUT DESTRUCTION

A method is proposed that allows on the basis of the construction test load without destruction to assess its technical condition during survey and monitoring, in particular using the local automated systems.

Keywords: *Reinforced concrete bending constructions, operated, strength, extrapolation, technical condition, monitoring.*

Введение. На сегодня в Украине на потенциально опасных строительных объектах обязательна установка локальных систем раннего выявления чрезвычайных ситуаций и оповещения людей в случае их возникновения, в зависимости от технического состояния

несущих конструкций. Согласно источнику [1], на ответственных объектах обязательным является функционирование технологических датчиков локальных автоматизированных систем мониторинга состояния несущих конструкций, которые осуществляют контроль параметров, определяющих техническое состояние конструкций.

Обзор последних источников исследований и публикаций. Разработкой норм и рекомендаций по обследованию и обеспечению надежной и долговечной эксплуатации железобетонных конструкций зданий и сооружений занимались такие отечественные ученые: З.Я. Блихарский, М.С. Золотов, М.Ю. Избаш, А.Д. Есипенко, Е.В. Клименко, А.И. Лантух-Лященко, А.Н. Малышев, В.П. Редченко, А.Л. Шагин и другие.

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы. До настоящего времени не разработаны документы, которые бы регламентировали для конкретных строительных конструкций: описание определяющих параметров конструкции, которые подлежат автоматизированному контролю; допустимую область значений определяющих параметров и ее деление соответствующими граничными значениями на зоны: нормальной эксплуатации, предаварийную и аварийную.

Постановка задания. Учитывая широкое применение железобетона в зданиях и сооружениях, потребности в использовании методов оценивания технического состояния при обследовании и мониторинге, разработка метода оценивания технического состояния эксплуатируемых железобетонных конструкций на основе результатов испытания нагружением без разрушения является актуальной научно-технической задачей.

Основной материал и результаты. При обследовании и мониторинге эксплуатируемых железобетонных конструкций возникает необходимость оценивания их прочности, которая является основным функциональным свойством. В общем случае оценивание прочности таких конструкций проводится двумя методами – дифференциальным и интегральным. При дифференциальном методе определяются отдельные характеристики конструкций, а затем расчетным методом устанавливается прочность конструкции. При интегральном методе используется метод нагружения и параметр, характеризующий отклик конструкции на внешнее воздействие.

На основе теории подобия нами разработан обоснованный метод аппроксимации экспериментальной зависимости функции равновесных состояний сечений, нормальных к продольной оси изгибаемых железобетонных элементов, получаемой в результате испытания конструкции нагружением без разрушения. Метод позволяет экстраполицию результатов испытаний в область, за пределы испытаний и нахождение максимума функции равновесных состояний, значение которой характеризует прочность железобетонных элементов [2, 3]. В составе метода разработана аналитическая модель аппроксимации экспериментальной зависимости функции равновесных состояний сечений, нормальных к продольной оси изгибаемых железобетонных элементов.

Результаты, полученные при испытании конструкции нагружением без разрушения, являются основой для разработки метода оценивания их технического состояния. Метод должен быть применим для эксплуатируемых изгибаемых железобетонных конструкций при проведении обследования и при мониторинге, в частности с использованием локальных автоматизированных систем, а также содержать количественные показатели технического состояния конструкций.

В процессе разработки метода оценивания технического состояния были использованы следующие категории состояний конструкций: нормальное, работоспособное, ограниченно работоспособное, аварийное.

При мониторинге с использованием локальных автоматизированных систем определение категорий технического состояния конструкций производится в зависимости от зоны, в которой находится определяющий параметр. Допустимая область значений параметра делится соответствующими граничными значениями на следующие зоны: зона 1 – зона нормальной эксплуатации (предельно-допустимые значения параметра); зона 2 – предаварийная (докритические значения параметра); зона 3 – аварийная (критические значения параметра). Каждая зона имеет свою цветовую индикацию на пультах автоматизированной системы мониторинга: зеленую, желтую и красную соответственно. Также оператору выдается комплекс звуковых и световых сигналов и рекомендаций по выполнению определенных действий при нахождении определяющего параметра в той или иной зоне либо при переходе из одной зоны в другую.

Для эксплуатируемых изгибаемых железобетонных конструкций техническое состояние может оцениваться методом экстраполяции экспериментальной (полученной в результате натурных испытаний или наблюдений) функции равновесных состояний сечений, нормальных к продольной оси, в результате определения ее максимального значения как показателя прочности [3].

Количественными показателями технического состояния конструкций является характеристика безопасности или вероятность безотказной работы.

Область возможных (допустимых) значений прочности изгибаемой железобетонной конструкции должна отражать ее специфику, а именно вероятностную природу, поэтому она задана неравенством

$$(\bar{M} - 3\sigma) \leq M_{ч.м.} \leq (\bar{M} + 3\sigma), \quad (1)$$

где $(\bar{M} + 3\sigma)$ – возможное наибольшее значение прочности конструкции;

$(\bar{M} - 3\sigma)$ – возможное наименьшее значение прочности конструкции;

$M_{ч.м.}$ – значение прочности конструкции, полученное в результате аппроксимации;

\bar{M} – значение средней прочности конструкции;

σ – среднее квадратическое отклонение функции прочности конструкции.

Величины $(\bar{M} + 3\sigma)$, $(\bar{M} - 3\sigma)$ представляют собой максимумы контрольных зависимостей, соответствующих возможному наибольшему и наименьшему отклонению от средней прочности конструкции соответственно.

Для отнесения текущего технического состояния эксплуатируемой изгибаемой железобетонной конструкции, идентифицированного с использованием предлагаемого метода, к одной из категорий (при обследовании) или зон (при мониторинге) установленная область возможных значений прочности конструкции разделена граничными значениями на четыре сектора (рис. 1). Граничными значениями служат значения изгибающего момента, приведенные в табл. 1, которые определяются по рекомендациям работы [3].

Таблица 1. Предельные значения, разделяющие область возможных значений прочности изгибаемой железобетонной конструкции на сектора

Секторы	Граничные значения
Сектор 1	$M \in [\bar{M}; (\bar{M} + 3\sigma)]$
Сектор 2	$M \in [(\bar{M} - 1,64\sigma); \bar{M}]$
Сектор 3	$M \in [(\bar{M} - 3\sigma); (\bar{M} - 1,64\sigma)]$
Сектор 4	$M \leq (\bar{M} - 3\sigma)$

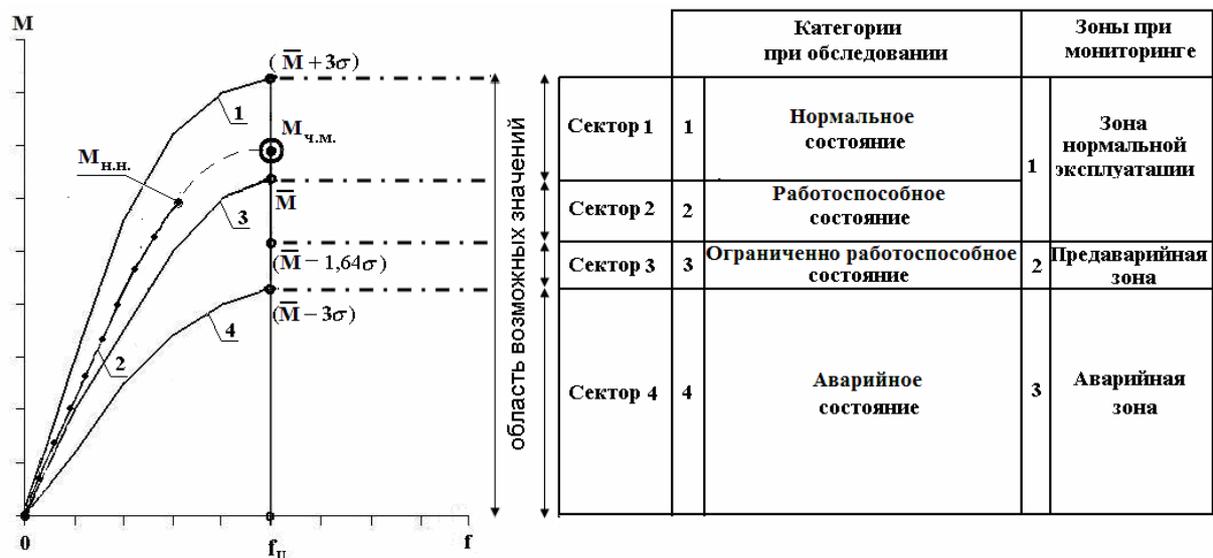


Рис. 1. Графическое представление метода оценивания технического состояния эксплуатируемых изгибаемых железобетонных конструкций: зависимости «изгибающий момент – прогиб»:

- 1, 4 – контрольные, соответствующие возможному наибольшему и наименьшему отклонению от средней прочности конструкции соответственно;**
2 – экспериментальная, полученная при испытании конструкции неразрушающим нагружением;

3 – соответствующая средней прочности конструкции; точки:

$M_{н.н.}$ – значение изгибающего момента, соответствующее уровню нагружения конструкции на завершающем этапе испытания;

$M_{ч.м.}$ – значение прочности конструкции, полученное в результате аппроксимации;

\bar{M} – значение средней прочности конструкции; $(\bar{M} + 3\sigma)$, $(\bar{M} - 3\sigma)$ – возможное наибольшее и наименьшее значения прочности конструкции соответственно; $(\bar{M} - 1,64\sigma)$ – промежуточное значение прочности конструкции

Для возможности использования предлагаемого метода оценивания технического состояния эксплуатируемых изгибаемых железобетонных конструкций с единых позиций при обследовании и мониторинге зоны и категории были приведены в соответствие (табл. 2). Основанием для этого послужили качественные характеристики категорий состояний и рекомендации по выполнению определенных действий при нахождении определяющего параметра в той или иной зоне либо при переходе из одной зоны в другую [4].

Таблица 2. Характеристики области возможных значений прочности изгибаемой железобетонной конструкции

Сектор	Категории	Зоны	Характеристика безопасности, β
1	Категория 1	Зона 1	$\geq 3,8$
2	Категория 2		[2,43; 3,8)
3	Категория 3	Зона 2	[2,05; 2,43)
4	Категория 4	Зона 3	[0; 2,05)

Оценивание технического состояния эксплуатируемой изгибаемой железобетонной конструкции производится методом экстраполяции функции равновесных состояний на область возможных значений прочности с определенной обеспеченностью (рис. 1).

По найденному значению характеристики безопасности (β) возможен переход к вероятности безотказной работы конструкции (P), согласно требованиям норм [5]:

$$\beta = 3,8 \text{ соответствует } P = 0,999844;$$

$$\beta = 2,43 \text{ соответствует } P = 0,992461;$$

$$\beta = 2,05 \text{ соответствует } P = 0,979771.$$

Выводы. Предложен метод, который позволяет по результатам оценивания прочности сечений, нормальных к продольной оси эксплуатируемых изгибаемых железобетонных конструкций, полученным на основе испытания нагружением без разрушения, производить оценивание технического состояния конструкций при обследовании и мониторинге, в частности с использованием локальных автоматизированных систем.

Оценивание технического состояния эксплуатируемой изгибаемой железобетонной конструкции производится методом экстраполяции функции равновесных состояний на область возможных значений прочности с определенной обеспеченностью, которая определяет зону нормальной эксплуатации, предаварийную и аварийную зоны.

Литература

- 1. Про затвердження Правил улаштування, експлуатації та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення : наказ Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 15.05.2006 № 288 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0785-06>.*
- 2. Savytskyi A. Determination of reinforced concrete bending structures strength by test load / A. Savytskyi // Science and Education a New Dimension : Natural and Technical Science. – 2013. – Vol. 8. – P. 117–121.*
- 3. Пат. № 86866 Україна, МПК E04C 3/00. Спосіб визначення міцності згинальних залізобетонних конструкцій пробним навантаженням / О.М. Савицький, М.В. Савицький, Т.Ю. Шевченко. – №u201309580; заявл. 31.07.2013; Опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1.*
- 4. Savytskyi A.N. Definition of the operated reinforced concrete structures condition / A.N. Savytskyi, T.Y. Shevchenko // Геодезія, архітектура та будівництво : Міжнар. наук. конф. молодих учених, 21 – 23 листоп. 2013 р. – Львів, 2013. – С. 78–79.*
- 5. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів: ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009. – [Чинний від 2010-03-01]. – К. : ДП «Укрархбудінформ», 2009. – 54 с. – (Національний стандарт України).*

Надійшла до редакції 12.12.2014

© О.М. Савицький