

Выводы. Разработано четыре типоразмера ограждающих стеновых панелей с применением гнутых оцинкованных профилей для строительства 3-, 5-, 9-, 23- и 33-этажных зданий, которые удовлетворяют требованиям существующих нормативных документов Украины. Эффективность применения данных ограждающих стеновых панелей подтверждается численными и натурными испытаниями.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31: 2006. – [Чинний від 2007-04-01]. – К. : Мін-во будівництва, архітектури та житлово-комун. госп. України, 2006 – 70 с. – (Національні стандарти України).
2. **Ватин Н. И.** Ограждающая конструкция «нулевой толщины» – термопанель / Н. И. Ватин, Д. В. Кузьменко // Инженерно-строительный журнал. – №1. – 2008. – С. 13 – 21.
3. **Ватин Н. И.** Реконструкция крыш Санкт-Петербурга на основе легких стальных тонкостенных конструкций и антиобледенительной системы / Н. И. Ватин, В. В. Володин // Инженерно-строительный журнал. – № 2 – 2010. – С. 59 – 64.
4. Защита от пожара. Пожарная безопасность объектов строительства: ДБН В.1.1-7-2002. – [Чинний від 2003-05-01]. – К. : Держбуд України, 2002 – 40 с. – (Національні стандарти України).
5. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія: ДСТУ – Н Б В.1.1-27:2010. – [Чинний від 2011-11-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с. – (Національні стандарти України).
6. Система обеспечения надежности и безопасности строительных объектов. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. : ДБН В.1.2-2:2006. – [Чинний від 2007-01-01]. – К. : Мінбуд України, 2006. – 78 с. – (Національні стандарти України).
7. **Савицкий Н. В.** Ограждающая конструкция с каркасом из термопрофилей / Н. В. Савицкий, А. А. Несин // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. тр. – Вып. 50. – Д. : ПГАСА, 2009. – С. 479 – 482.
8. **Савицкий Н. В.** Экспериментальное исследование теплотехнической эффективности термопрофилей / Н. В. Савицкий, А. А. Несин // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. тр. – Вып. 51 – Д. : ПГАСА, 2010. – С. 431 – 437.

УДК 624.01

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПРОБНОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. Н. Савицкий, асп.

Ключевые слова: надёжность, техническое состояние, остаточный ресурс, пробное нагружение

Постановка проблемы. Проблема старения основных фондов, особенно крупных зданий и сооружений, напрямую связана с возможностью возникновения аварий и техногенных катастроф, тем более что качество эксплуатации и ремонта в последнее десятилетие резко снизилось. В связи с этим остро встал вопрос получения достоверных данных для оценки остаточного ресурса строительных конструкций.

Вопросами оценки несущей способности, надежности и остаточного ресурса строительных конструкций, занимались отечественные и зарубежные ученые, такие как: А. В. Гемерлинг, И. И. Гольденблат, Н. С. Стрелецкий, В. В. Болотин, А. Р. Ржаницын, В. М. Келдыш, Н. П. Мельников, В. Д. Райзер, Д. Н. Решетов, А. Г. Ройтман, Г. И. Белый, С. А. Тимашев, В. С. Уткин, Я. Б. Фридман и др.

Цель статьи обосновать возможность использования метода пробной нагрузки для получения достоверных данных для оценки остаточного ресурса строительных конструкций.

Изложение основного материала. Под остаточным ресурсом конструкции понимается некоторое время до наступления предельного состояния, при котором дальнейшая эксплуатация конструкции невозможна без капитального ремонта или нецелесообразна с

экономической точки зрения. Поэтому оценка остаточного ресурса строительных конструкций связана с рассмотрением широкого круга технических и экономических задач.

Оценить остаточный ресурс конструкций возможно посредством создания моделей двух основных видов: логико-вероятностных и детерминированных.

К логико-вероятностным моделям относятся [1]:

- модели по срокам эксплуатации объектов-аналогов [2];
- модели по изменению вероятности отказа объекта [3];
- модели по изменению уровня промышленного риска или риска аварии [4];
- модели по изменению надежности конструкции [5];
- модели по вероятностному распознаванию категорий технического состояния конструкций [6].

К детерминированным моделям относятся [1]:

- модели по деградации несущей способности [6];
- модели по изменению параметров технического состояния [7];
- модели по степени физического износа [8];
- модели по нормативам сроков эксплуатации до капитального ремонта [9];
- модели по определению коэффициента запаса по видам предельных состояний [10].

Как видно из изложенного выше, спектр моделей для анализа и оценки остаточного ресурса конструкций достаточно велик. Каждая модель обладает своим определенными достоинствами и недостатками: некоторые из них условны и не учитывают особенности работы и условия эксплуатации конкретных конструкций.

С использованием тех или иных моделей конкретная задача по определению остаточного ресурса может быть решена с различной строгостью её постановки:

- на высшем уровне используют все возможности теории вероятностей с учётом временных характеристик рассеянных величин. На этом уровне реализуется вероятностный подход, основными положениями которого являются [10]:

а) внешние условия эксплуатации конструкции суть случайные процессы;

б) за основной показатель надёжности принимается вероятность пребывания параметров системы в некоторой допустимой области, нарушение нормальной эксплуатации приводит к выходу из этой области;

в) выход конструкции из строя является, как правило, следствием постепенного накопления повреждений;

- на низшем уровне используют некоторые установленные степени распределения, поэтому любая характеристика может быть представлена лишь её средним значением и стандартным отклонением. Другими словами, это уровень детерминированных расчётов, основой которых является следующая последовательность [11]:

а) определяются напряжения (деформации, перемещения) в конструкциях, подверженных воздействию внешних нагрузок;

б) производится сопоставление вычисленных напряжений (деформаций, перемещений) в конструкциях с предельными величинами для них.

Нужно отметить, что даже при детерминированной постановке задача об остаточном ресурсе конструкции относится к неявной: физический анализ не даёт точного вида формулы, поэтому в качестве эмпирической формулы используют многочлены различной степени [12].

С практической точки зрения оценка остаточного ресурса – это задача, целью которой является определение времени, в течение которого, с определенной вероятностью, техническое состояние конструкции достигнет одного из предельных состояний. Эффективно решать поставленную задачу возможно опираясь на достоверные данные мониторинга технического состояния строительной конструкции. Но зачастую собрать необходимые сведения на практике оказывается трудоемко и не всегда возможно.

Среди причин, создающих препятствия для сбора достоверной информации о техническом состоянии конструкций, можно выделить следующие:

- неизвестны параметры, определяющие техническое состояние конструкций;

- четко не определены критерии предельных состояний конструкций;

- отсутствует непрерывный или периодический контроль параметров технического состояния конструкций;

- значительное количество обнаруженных при выборочном обследовании дефектов, повреждений и отступлений от проекта;

- существует опасность внезапных отказов;
- ограниченны или недостоверны данные о силовых воздействиях, имеющих место за время эксплуатации (учет предыстории нагружения).

Также нередкой является ситуация, когда по строительному объекту отсутствует проектная документация или была выполнена перепланировка без утверждения надлежащей документации. В таких условиях крайне сложно оценить техническое состояние строительных конструкций.

Одним из решений в ситуации ограниченной информации при решении задач по оценке остаточного ресурса является применение метода пробной нагрузки, который позволяет получить достоверную информацию о техническом состоянии конструкций. При этом испытываемая конструкция не доводится до разрушения, а вывод о конечной величине контролируемого параметра делается на основании экстраполяции.

Случаи, в которых производятся испытания пробной нагрузкой, приведены в таблице.

Таблица 1

Ситуации, в которых производят натурные испытания

№ п.п.	Характеристика ситуации
1	Невозможно на основании лабораторных испытаний конструкций находящихся, под нагрузкой, установить их фактическую прочность и надежность
2	Невозможно остановить производственный процесс, но вместе с тем необходимо определить несущую способность конструкций
3	Конструкции не находятся в аварийном состоянии
4	При обследовании конструкции не может быть четко установлена ее расчетная схема
5	Поверочные расчеты конструкций не дают надежных результатов
6	Дефектная конструкция вызывает сомнения в своей прочности
7	Имеется факт несоответствия принятых расчетных сечений фактическим сечениям конструкций
8	Невозможно выявить фактические параметры технического состояния конструкции обычными методами обследования;

По характеру внешних воздействий различают испытание статической и динамической нагрузкой.

Перед началом испытаний проводят тщательный визуальный осмотр конструкций:

- определяют фактическую прочность бетона одним из неразрушающих методов;
- определяют геометрические размеры конструкции и отклонения их от проектных размеров;
- фиксируют места расположения внешних дефектов (трещин, сколов);
- измеряют шаг трещин и максимальную ширину их раскрытия;
- на трещины устанавливают гипсовые маяки.

Перед началом работ тщательным образом прорабатывается схема испытания. В ней отражаются условия опирания и закрепления испытываемой конструкции на опорах и схема приложения нагрузок.

Испытания конструкций пробным нагружением производятся при положительной температуре воздуха. Испытательная нагрузка состоит из пробной нагрузки и собственного веса конструкций. Контрольная нагрузка составляет:

$$q^k = 1,4 * q_{п.н.} \quad (1)$$

или

$$q^k = q - 1,1 * q_{с.в.}, \quad (2)$$

где q^k – контрольная нагрузка;

q – суммарная расчетная нагрузка;

$q_{п.н.}$ – полезная нагрузка;

$Q_{c.B.}$ – нагрузка от собственного веса;

1,1 – 1,4 – коэффициенты перегрузки.

Конструкция нагружается испытательной нагрузкой поэтапно, ступенями, с выдержкой на каждом этапе. Во время выдерживания производят снятие показателей с приборов и тщательный осмотр поверхности конструкции.

При проведении испытания фиксируют:

- деформации (индикаторы, электротензорезисторы, тензометры);

- образование и развитие трещин;

- ширину раскрытия трещин;

- прогибы и смещение арматуры относительно бетона на торцах конструкции (прогибомеры). Прогибы измеряются в середине пролета. Чтобы исключить влияние осадки опор или их обжатия на величину измеряемых прогибов, прогибомеры устанавливаются также у опор. Величина прогиба определяется по формуле:

$$f = c - (a + b) / 2 \quad (3)$$

где f – величина прогиба;

c – величина прогиба в середине пролета конструкции;

a – величина прогиба у правой опоры конструкции;

b – величина прогиба у левой опоры конструкции.

Результаты испытаний заносят в специальные ведомости. Также зарисовывают схему развития трещин.

Оценка функциональных свойств по результатам испытаний. К контролируемым функциональным свойствам конструкций относятся жесткость, трещиностойкость и несущая способность.

Для оценки жесткости конструкций необходимо знать фактический, контрольный, проектный и предельно допустимый прогибы конструкции. Значение прогибов определяется соответственно в процессе испытаний согласно указаниям норм как прогиб от контрольной нагрузки по проверке жесткости, прогиб по расчету от эксплуатационной нагрузки и по нормам проектирования.

Трещиностойкость конструкции оценивают по значениям нагрузок, вызывающих появление первых трещин, или по ширине раскрытия трещин при контрольных нагрузках.

Конструкции, к которым предъявляются требования 1-й категории трещиностойкости, оценивают сопоставлением полученного усилия трещинообразования с его вычисленным контрольным значением.

Конструкции, к трещиностойкости которых предъявляют требования 2 и 3-й категории, оценивают путем сопоставления замеренных величин ширины раскрытия трещин с их контрольными значениями.

Вывод. При проведении мероприятий по оценке остаточного ресурса строительных конструкций для получения достоверной информации обоих техническом состоянии, можно применять метод пробной нагрузки с использованием экстраполяции.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Самигуллин Г. Х., Султанов М. М. Определение остаточного ресурса производственных зданий и сооружений нефтеперерабатывающих предприятий [Электронный ресурс] // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2011. – № 2. – С. 167 – 175. – Режим доступа: <http://www.ogbus.ru>.

2. Порядок продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений / Приказ № 195 от 30. 06. 09. – М. : Минприроды РФ, 2009. – 4 с.

3. Методика расчетного прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов. – М. : Росавтодор, 2002. – 146 с.

4. Мельчаков А. П. Прогноз, оценка и регулирование риска аварии зданий и сооружений. Теория, методология и инженерные приложения / А. П. Мельчаков, Д. В. Чебоксаров. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2009. – 111 с.

5. Durability desing of concrete structures // Report of RILEM Technical Committee 130-csl. Edited by A. Sarja and E. Vesicary. E&SPON, 165 pp.

6. **Соколов В. А.** Определение категорий технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений с использованием вероятностных методов распознавания [Электронный ресурс] // Электронный журнал «Предотвращение аварий зданий и сооружений». – Режим доступа: <http://pamag.ru/pressa/oktssk-zis>.

7. **Шматов С. Б.** Определение остаточного ресурса промышленных дымовых труб // Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр. – 2008. – № 1. – С. 44 – 51.

8. Правила оценки физического износа жилых зданий: ВСН 53-86(р). – М. : Госстрой СССР, 1986. – 38 с.

9. Методические указания по проведению технического обслуживания, ремонта, обследования, анализа промышленной безопасности производственных зданий и сооружений предприятий, эксплуатирующих взрывопожароопасные и химически опасные объекты : СА-03-006-06. – М. : Ростехэкспертиза, 2006. – 236 с.

10. **Сушев С. П., Самолинов Н. А., Адаменко И. А.** Остаточный ресурс конструкций (сооружений) и возможные методы его оценки // Предотвращение аварий зданий и сооружений : сб. науч. трудов. – 2009. – Вып. 8. – С. 320 – 327.

11. **Болотин В. В.** Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений / В. В. Болотин. – М. : Стройиздат, 1982. – 351 с.

12. **Самолинов Н. А.** Использование неразрушающих методов контроля прочности конструкций при определении остаточного ресурса зданий и сооружений // Сейсмостойкое строительство, безопасность сооружений: сб. науч. трудов. – 2002. – № 3. – С. 8 – 10.

УДК 692.231.3

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПРОЧНОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

А. М. Сопильняк, асс., Н. В. Савицкий, д. т н., проф.

Ключевые слова: трехслойная железобетонная балка, испытание, прочность, трещиностойкость

Введение. В России и ряде европейских стран имеется некоторый опыт применения трехслойных стеновых панелей с теплоизоляционным слоем из низкотеплопроводных бетонов, которые использовались при строительстве объектов гражданского и промышленного назначения в различных климатических условиях [1; 2].

Анализ публикаций. Изучению напряженно-деформированного состояния многослойных железобетонных ограждающих конструкций с теплоизоляционным слоем из низкотеплопроводных бетонов посвящены работы [3 – 5], в которых описан опыт применения в качестве теплоизоляционного слоя крупнопористого керамзитобетона, шлакопемзобетона, арболита и др.

Цель статьи. Изложение методики и результатов проведения испытаний опытных трехслойных железобетонных балок с теплоизоляционным слоем из полистиролбетона.

Изложение материала. По технологии [6] изготовлены четыре серии балочных образцов (рис. 1) длиной 250 см при расчетном пролете 220 см, высотой 30 см и шириной 16 см, наружными слоями из тяжелого бетона толщиной 5 и 7 см и средним слоем из полистиролбетона толщиной 18 см. Рабочая и распределительная арматура образцов выполнена из проволочной арматуры класса Вр-I диаметром 4 мм.

1 и 2-я серии балочных образцов запроектированы из условия разрушения в средней части пролета по сечениям, нормальным к продольной оси, в количестве двух и трех штук, с различием лишь тем, что в балочных образцах 1-й серии установлена поперечная арматура в виде хомутов.

3 и 4-я серии балочных образцов предназначены для изучения прочности при разрушении в приопорных зонах по сечениям, наклонным к продольной оси, и состоят трех балочных образцов каждая. Образцы этих серий полностью идентичны между собой, а отличие их при проведении экспериментов будет заключаться в пролете среза – расстоянии от опор до сосредоточенной нагрузки: 283 и 425 мм (h_0 и $1,5h_0$).