

**С.Д. ВАСИЛЬКОВ**, аспирант  
(Санкт-Петербургский институт машиностроения (ПИМаш))

**А.В. УЛЫБИН**, аспирант  
(Санкт-Петербургский государственный политехнический университет)

## **ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И РЕСУРСА СТАЛЬНЫХ БАЛОК С ПОМОЩЬЮ РЕЗИСТИВНОГО ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО МЕТОДА**

На сегодняшний день в нашей стране эксплуатируется большое количество жилых и общественных зданий с междуэтажными перекрытиями, выполненными по металлическим балкам. В большинстве своем это здания с кирпичными стенами постройки до 1960г. Именно среди этих зданий наибольшее количество памятников архитектуры как регионального, так и федерального значения. В связи с большим сроком эксплуатации конструкции зданий этого типа имеют высокий уровень износа и часто требуют выполнения работ по ремонту, реставрации и реконструкции. Полнота и целесообразность проведения тех или иных восстановительных работ полностью зависят от технической грамотности и достоверности выполненного инженерно-технического обследования. Перекрытия являются одним из наиболее ответственных конструктивных элементов, которые в зданиях данного типа не только воспринимают полезную нагрузку, но и обеспечивают жесткость здания в целом. Основным видом повреждения перекрытия данной конструкции является коррозия металла балок особенно в помещениях с повышенной влажностью или повреждением инженерных систем (рис.1).



Рис.1 Корродированная балка перекрытия

Выводы по результатам инструментальных обследований, производимых для перекрытий по металлическим балкам, зачастую не соответствуют их фактическому состоянию. Например, в результате обследований произведенных в 2006-2008 гг. при поверочном расчете балок обследуемых перекрытий в ряде случаев был выявлен недостаток несущей способности с коэффициентом использования превышающим 1,0 на 50 % и более. При этом характерных дефектов, а также предельных деформаций конструкций не выявлено.

Основными причинами данного несоответствия являются идеализированная расчетная схема, применяемая в расчетах, а также невозможность адекватного учета в расчете многообразных скрытых факторов (условия опирания, скрытые дефекты, фактическое приложение нагрузки и т.д.).

Данное обстоятельство на практике приводит в случае недооценки несущей способности к неоправданным работам по усилению и замене конструкций, а также к лишним экономическим затратам. В случае переоценки несущей способности ситуация может перейти в аварийную, вплоть до катастрофы.

Таким образом внедрение в техническое обследование методик, повышающих достоверность оценки напряженно-деформируемого состояния стальных конструкций, в том числе балок междуэтажных перекрытий, будет иметь экономический эффект и обеспечит повышение безопасности эксплуатируемых конструкций.

В настоящее время существуют различные методы неразрушающего контроля, позволяющие определять напряженно-деформированное состояние металла [1,3]. Общая классификация методов приведена в ГОСТ 18353-79. Большинство методов нашло свое применение в области машиностроения. Часть методов более или менее успешно применяются при обследовании технического состояния строительных конструкций. К наиболее известным из них относятся: механическая тензометрия, рентгеновская дифрактометрия, ультразвуковые методы, методы, основанные на эффекте Баркгаузена и другие. К основным недостаткам используемых методов можно отнести:

1. необходимость разгрузки/нагрузки конструкций;
2. сложность установки на реальные конструкции;
3. специфические требования к установке датчиков;
4. низкая чувствительность и большая погрешность измерений.

Сотрудниками ПИМаш Разработан и запатентован новый метод неразрушающего контроля – резистивный электроконтактный. Метод основан на зависимости электрического сопротивления металла от его деформированного состояния [2]. С помощью разработанной аппаратуры СИТОН-АРМ (рис.2) производится измерение удельного электрического сопротивления на различной глубине от поверхности исследуемого металлического объекта.

Данный метод изначально разработан для контроля остаточных напряжений в поверхностных слоях конструкций и изделий из металлов и сплавов.

Ввиду того, что проникающая способность прибора достигает 300 мкм, с его помощью можно измерять не только остаточные напряжения но и напряжения от приложенных нагрузок. При этом нет необходимости в сложной предварительной обработке поверхности исследуемого участка или травлении как, например, при рентгеновской тензометрии [4].

Учитывая высокую портативность прибора, малое время единичного измерения (около 3 мин.), а также возможность проведения измерений в труднодоступных местах, он идеально подходит для проведения работ при натурных технических обследованиях.

Данный метод и аппаратура были применены для экспериментальной оценки ресурса стальной балки прямоугольного сечения под действием циклической сосредоточенной силой (рис.3).

Исчерпание ресурса образца в процессе испытаний было выявлено после 400 тыс. циклов нагружения через активную релаксацию эпюры остаточных напряжений за 34,8 тыс. циклов до фактического разрушения, что видно на сравнительных эпюрах (рис.4, 5). При измерении остаточных напряжений через каждые 100 тыс. циклов нагружения эпюра практически не менялась (рис.4), что свидетельствовало о целостности образца, подтверждении его ресурсных характеристик и возможности продолжения испытаний до следующего измерения.



Рис.2 Прибор СИТОН-АРМ



Рис.3 Исследованная балка



Рис.4 Эпюра напряжений до исчерпания ресурса

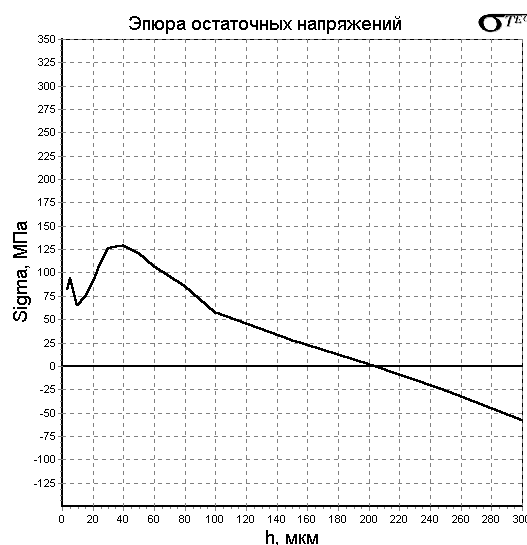


Рис.5 Эпюра напряжений после исчерпания ресурса

Результаты усталостных испытаний показали, что неразрушающий метод, реализованный в аппаратуре СИТОН-АРМ, позволил предсказать место и время разрушения образца. При использовании в реальных условиях, предсказанное время до разрушения составляет примерно один год.

В настоящее время ведутся работы по настройке и калибровке аппаратуры для проведения измерений в процессе технического обследования.

Для выявления наиболее деформированных (напряженных) зон и конструкций необходимо выполнение ряда измерений в нескольких точках (как по одному конструктивному элементу, так и на нескольких). По результатам сравнения по-

лученных данных можно сделать вывод о состоянии обследуемых элементов относительно друг друга и внутри каждого.

Для количественной оценки напряжений возможно проведение измерений на отобранных из конструкции образцах, напряжения в которых после отбора (без нагрузки) могут быть приняты за ноль. При необходимости может быть выполнена более точная калибровка с помощью известных способов разрушающего контроля, например методом Давиденкова - Биргера.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев А.В. Ключев В.В. Соснин Ф.Р. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник (под ред. Ключева В.В.) Изд. 3-е, перераб., доп. Изд. Машиностроение, 2005, 656с.
2. Васильков Д.В., Васильков С.Д., Иванов С.Ю. Новые подходы к оценке остаточного ресурса изделий по напряжённому состоянию неразрушающим методом АФЧХ-тестирования. Физика, химия и механика трибосистем: Межвуз.сб.науч.тр. Вып.5 / Под ред. В.Н.Латышева. – Иваново: Иван.гос.ун-т, 2006. – 152с. (с.23-25).
3. Венгринович В.Л. Принципы и практика диагностики напряженно-деформированного состояния конструкций, изделий и сварных соединений. СПб: Журнал «В мире неразрушающего контроля» 1(27) март 2005 с.4-9
4. Баскин Б.Л., Лексовский А.М., Улыбин А.В. Обследование стальных конструкций с помощью портативного рентгеновского дифрактометра СПб: Информационно-аналитический журнал «Инфстрой» № 2(23) 2007 с 43-44