

3. По результатам анализа и обобщения материалов исследования на опытных взрывах, моделирующих взрывы проектные, предложены параметрическое описание и спектральные характеристики в синтезированном представлении сейсмозрывного процесса для произвольной точки участка строительства Камбаратинской ГЭС-2. Такая информация дает возможность восстановления сейсмического процесса в основании охраняемого объекта и обеспечивает динамический расчет сооружения при анализе и обосновании условий его сейсмостойчивости.

4. Рассмотрена и исключена потенциальная опасность наведения проектными взрывами естественной сейсмичности с интенсивностью, превышающей сейсмозрывное воздействие, и, как следствие, проявлений, выходящих за фоновые для района Камбаратинской ГЭС-2.

5. Изучение сейсмического режима района строительства Камбаратинской ГЭС-2 с радиусом 50 км показало, с учетом сейсмических событий до 1970 г.:

а) перемещение центра сейсмической активности (предполагаемая миграция сейсмогенных зон)

непосредственно до и последовательно после Суусамырского землетрясения;

б) наличие признаков корреляции интенсивных сейсмоявлений с ритмами солнечной активности (влияние колебаний объема водохранилища менее очевидно и, по крайней мере, вторично, будучи возможным отражением глобального ритма, что, кстати, подтверждает сомнения о возможности наведения водохранилищем, как первопричиной, землетрясений);

в) в период 2008 – 2010 гг., из косвенных корреляционных оценок интенсивных сейсмических проявлений (выше  $K = 11$ ), вероятно, не ожидается, во всяком случае, из близлежащего Суусамырского региона. С конца 2010 г. тенденции в развитии сейсмической ситуации становятся неопределенными.

### Список литературы

1. Шуйфер М. И. Обобщенное представление сейсмического процесса для динамического расчета воздействия взрыва // Гидротехническое строительство. 2001. № 8.
2. Камчыбеков М. П., Егембердиева К. А. Сейсмичность территории Токтогульского водохранилища 1961 – 2006 гг. // Гидротехническое строительство. 2007. № 9.

## Оценка напряженно-деформированного состояния стальных балок перекрытий

Улыбин А. В., инженер (Санкт-Петербургский государственный политехнический университет)

В России эксплуатируется большое количество зданий с междуэтажными перекрытиями, выполненными по металлическим балкам. Перекрытия не только воспринимают полезную нагрузку, но и являются одним из основных элементов жесткости. В связи с большим сроком эксплуатации конструкции зданий имеют высокий уровень износа и требуют ремонта или реконструкции. Результаты инструментальных обследований, проводимых для перекрытий по металлическим балкам, зачастую не соответствуют их фактическому состоянию.

В 2005 – 2008 гг. при участии автора проведены натурные обследования 30 зданий, в которых из 63 перекрытий 44 было выполнено по металлическим балкам. Из них 22 перекрытия было обследовано детально, т.е. с выполнением поверочного расчета. С применением геодезических методов были измерены фактические прогибы перекрытий. В 16 из 22 перекрытий значения прогибов не превышали допустимые по СНиП “Нагрузки и воздействия”. Несмотря на это, по результатам поверочного расчета

в большей части перекрытий выявлен недостаток несущей способности, т.е. коэффициент использования  $K$  превысил единицу. Результаты поверочного расчета представлены на рис. 1. В своей монографии, изданной в 1952 г., Г. А. Шапиро писал, что ему “известны цехи, конструкции которых имеют значительные запасы в сечениях, тогда как эксплуатационные характеристики явно неудовлетворительны...”, что он “не раз наблюдал цехи, “точный” расчет которых показывал значительные перенапряжения элементов, тогда как эксплуатация этих цехов в течение весьма длительного времени была вполне нормальной” [1].

Данное несоответствие вызвано в основном идеализированной расчетной схемой, используемой в расчете, и невозможностью досконального выявления всех параметров конструктивного решения, загрузки конструкции, а также наличия дефектов.

В случае недооценки несущей способности вышесказанное приводит к неоправданным работам



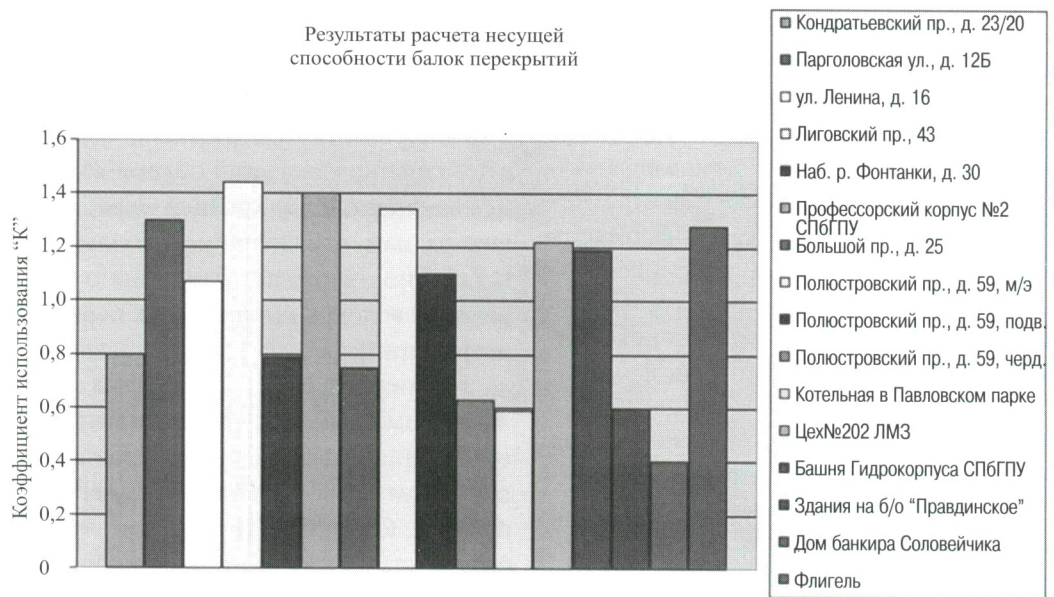


Рис. 1. Результаты поверочного расчета перекрытий 14 зданий

по усилению и замене конструкций, что является вредным для установившегося за долгие годы равновесия здания, а также ведет к лишним экономическим затратам. В случае переоценки несущей способности ситуация может перейти в аварийную, вплоть до катастрофы.

Таким образом, внедрение в техническое обследование зданий методик по достоверной оценке напряженно-деформированного состояния стальных конструкций, в том числе балок междуэтажных перекрытий, будет иметь экономический эффект и повысит безопасность эксплуатируемых конструкций.

Новым методом определения напряжений в металлическом изделии является разработанный сотрудниками ООО «НПП «Сигма-Тест» и запатентованный в 2006 г. резистивный электроконтактный метод, который основан на зависимости электрического сопротивления (обратной ему электрической проводимости) металла от его деформированного состояния. С помощью прибора «СИТОН-АРМ» осуществляется контроль остаточных напряжений в поверхностных слоях конструкций и изделий из

металлов и сплавов, напряжений, возникших в металле в ходе изготовления, обработки, эксплуатации и сохраняющихся без воздействия эксплуатационной нагрузки [2].

Чтобы установить возможность применения резистивного электроконтактного метода для определения напряжений, возникающих в элементе конструкции под воздействием приложенной эксплуатационной нагрузки, автором данной статьи с помощью прибора «СИТОН-АРМ» были проведены лабораторные эксперименты. Объектом исследований являлось удельное электрическое сопротивление, измеряемое на образцах, изготовленных из стали марки Ст3. В ходе экспериментальных исследований выявлено следующее:

удельное электрическое сопротивление стали имеет близкую к линейной зависимость от напряженно-деформированного состояния стали как при растяжении (рис. 2), так и при поперечном изгибе (рис. 3);

зависимость сохраняется и при положительном, и при отрицательном значении деформации (рис. 3);

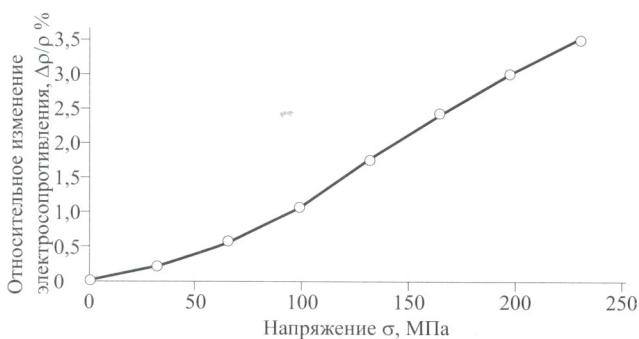


Рис. 2. Зависимость сопротивления от НДС стали при ее растяжении

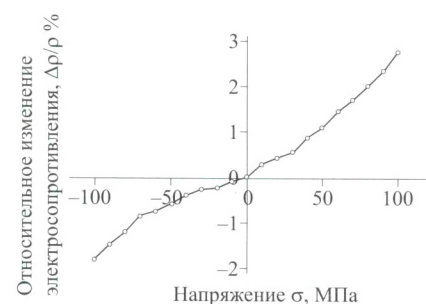
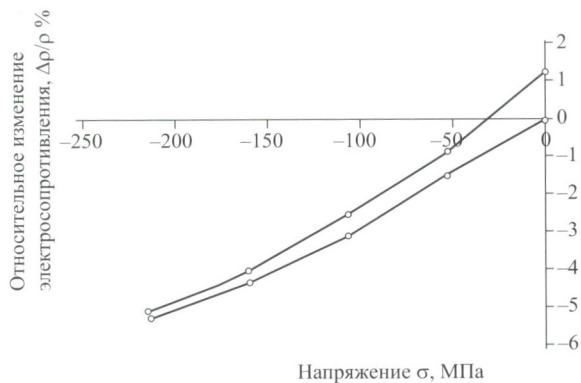


Рис. 3. Зависимость сопротивления от НДС стали при ее изгибе



**Рис. 4.** Зависимость сопротивления от НДС стали при поэтапном сжатии и разгрузке

зависимость сохраняется и при поэтапном приложении нагрузки, и при ее поэтапном снятии (рис. 4);

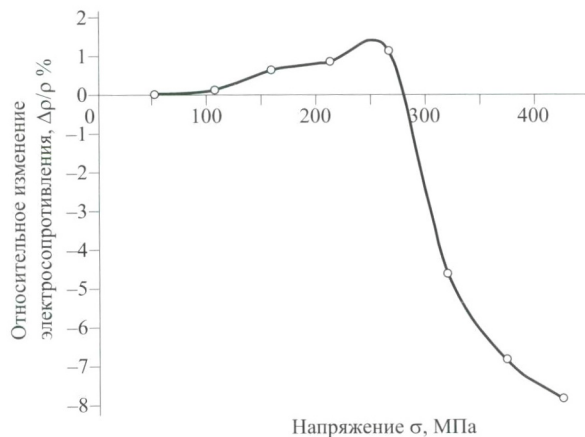
в упругой стадии работы материала зависимость сопротивления от относительной деформации прямо пропорциональна;

при переходе в пластическую зону работы при растяжении материала зависимость сопротивления от относительной деформации изменяется на обратно пропорциональную (рис. 5).

## Выводы

1. Резистивный электроконтактный метод можно применять в ходе мониторинга напряженно-деформированного состояния стальных балок перекрытий. Если учесть, что погрешность измерений прибора составляет 0,3 %, а изменение электросопротивления в упругой зоне работы — 3 – 6 %, тогда ориентировочная точность измерения напряжений составляет 10 % от предела упругости.

2. Для оценки текущего состояния металла балок необходимы испытания с приложением дополнительной нагрузки или частичной разгрузки конструкции. По смене тенденции зависимости элект-



**Рис. 5.** Зависимость сопротивления от НДС стали вне упругой зоны работы при растяжении

рического сопротивления от напряженно-деформированного состояния можно судить о наличии либо отсутствии пластических деформаций, что и является критерием несущей способности.

3. Наиболее целесообразно применение метода для перекрытий с пролетом 5 – 8 м, в которых балки работают как изгибаемые стержни и не имеют стыков и соединений.

4. Измерения необходимо производить в зонах балки, имеющих максимальные напряжения. Для этого необходимо предварительно исследовать модель балки с учетом конструктивного решения перекрытия.

## Список литературы

1. Шаниро Г. А. Действительная работа стальных конструкций промышленных цехов. М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1952.
2. Васильков С. Д., Улыбин А. В. Оценка напряженно-деформированного состояния и ресурса стальных балок с помощью резистивного электроконтактного метода // Материалы XIII научно-методической конференции ВИТУ «Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций» / ВИТУ. СПб., 2009. С. 39 – 43.