

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В УСИЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

*Р.Д. Джанузакова*

Предложен электромагнитный метод определения напряжений в металлических конструкциях гидротехнических сооружений. Приведены результаты эксперимента определения напряжений.

*Ключевые слова:* металлические конструкции; магнитопровод; электромагнитный метод; гидротехнические сооружения.

Известно, что при усилении элементов металлических конструкций гидротехнических сооружений производятся предварительные расчеты, устанавливаются размеры поперечного сечения элементов, используемых для усиления металлических конструкций. Как бы точно не проектировались элементы металлических конструкций, требуется их проверка каким-либо экспериментальным методом. Для экономии металла необходимо производить усиление в нужный момент и в нужных местах с целью предотвращения предполагаемых аварий и катастроф.

Эффективность принятых мер по усилению элементов металлических конструкций гидротехнических сооружений можно оценить по величине напряжений в усиленных элементах конструкций. Измерения напряжений в элементах усиления металлических конструкций позволяют выявить в некоторых случаях допущенные недоработки на стадии проектирования и изготовления, а также при эксплуатации. Измерение напряжений в элементах метал-

лических конструкций производится различными разрушающими методами [1–3], дающими достоверную информацию о напряженном состоянии элементов металлических конструкций гидротехнических сооружений. При исследованиях применяются обычно неразрушающие методы, среди них – электромагнитные методы измерения напряжений [4, 5].

При оценке эффективности усиления элементов металлических конструкций гидротехнических сооружений электромагнитным методом принимали следующие допущения:

- изменения магнитных свойств элементов усиления металлических конструкций при выполнении технологических операции по усилению незначительны или ими можно пренебречь;
- изменение напряженного состояния сравнительно небольшого объема материала, выделяемого из элемента конструкций для установления тарировочной зависимости между напряжением и изменением магнитных свойств материала конструкции, не существенны;

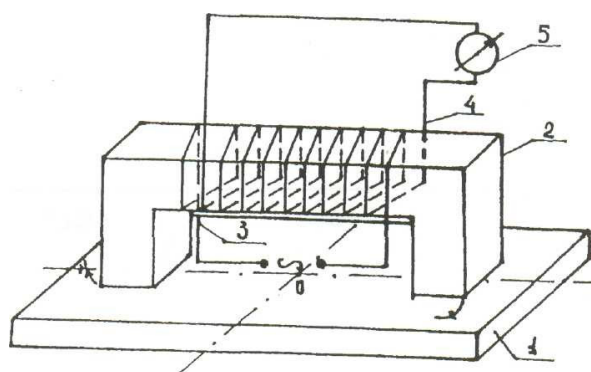


Рисунок 1 – Схема измерительной системы

- магнитно-упругие свойства материала усиления металлических конструкций сохраняются постоянными.

Измерение напряжений электромагнитным методом при усилении металлических конструкций гидротехнических сооружений 1 можно производить с помощью известного преобразователя (рисунок 1).

Преобразователь состоит из П-образного стального сердечника 2, имеющего намагничивающие 3 и измерительные 4 обмотки. При этом используется измерительная схема, приведенная на

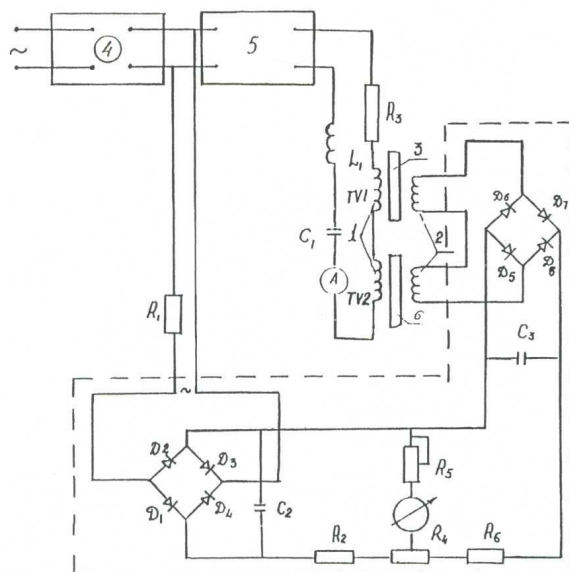


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема измерительной системы: 1 – намагничивающие обмотки преобразователей; 2 – измерительные обмотки преобразователей; 3 – испытуемый образец; 4 – стабилизатор напряжений; 5 – регулятор напряжений; 6 – эталонный образец

рисунок 2. Могут использоваться и другие электромагнитные преобразователи [6, 7].

Для измерения механических напряжений использовали магнитопроводы, источники питания и измерительную часть 5 системы. В эксперименте использовали мостовую схему с компенсацией напряжения по постоянному току. Мост образован трансформаторами TV1 и TV2. Для уменьшения влияния гармонических составляющих питающего напряжения в цепь включали фильтр L1 – C1. Основным узлом измерительной системы явились магнитопроводы TV1 и TV2. Выбор размеров преобразователей зависит от размеров усиливаемых конструкций, а также от поставленной задачи.

Для тарировочного испытания использовали тарировочные балки, которые загружались весовыми гириями. В качестве преобразователей использовали П-образные магнитопроводы, имеющие намагнивающие и измерительные обмотки, длина магнитопровода 25 мм, ширина 5 мм. Результаты тарировочного испытания приведены на рисунке 3.

Экспериментальные исследования проводили на тарировочных балках после усиления. Для усиления балок использовали листовые стали, вырезанные по размеру тарировочной балки толщиной 2 мм. Результаты измерения напряжений приведены на рисунке 4.

Для определения напряжений первоначально снимали круговую диаграмму на незагруженном образце, после усиления тарировочной балки и после её загрузки снимали круговую диаграмму с помощью магнитопровода и измерительной системы. Вольтамперные характеристики первого тарировочного испытания и испытания после загрузки оставались постоянными. Сравнивая площади круговых диаграмм изменения магнитных характеристик испытуемого элемента установили величину относительного изменения площадей, которая была равна  $\Delta S/S_n = 0,185$ . По тарировочной кривой проводили горизонтальную линию, параллельную к оси абсцисс до пересечения с тарировочной кривой, а затем опускали перпендикуляр к оси абсцисс.

Результаты эксперимента показали, что напряжение в усиленной балке было равно 40,75 МПа. Теоретическое значение напряжения было равно 41,8 МПа. Абсолютная погрешность – 1,05 МПа, относительная погрешность составила 2,51 %.

Таким образом, полученное значение напряжения в усиленных элементах металлических конструкций показало высокую точность измерительной системы. Незначительное отклонение объясняется погрешностью, как измерительной системы, так и процессом вычисления.

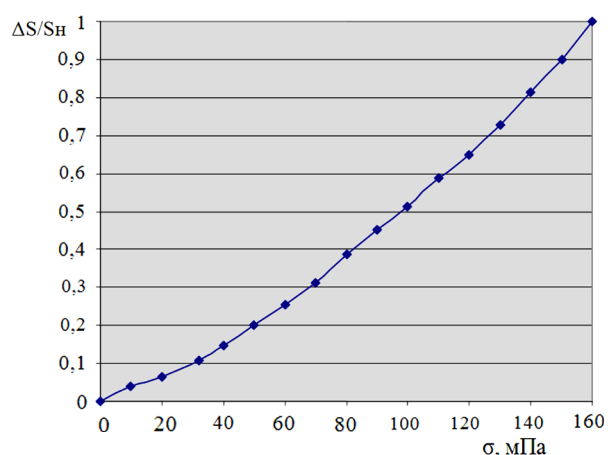


Рисунок 3 – Тарировочная кривая для определения напряжений в элементах металлических конструкций: ось абсцисс – напряжения, МПа; ось ординат – относительное изменение площади магнитных свойств

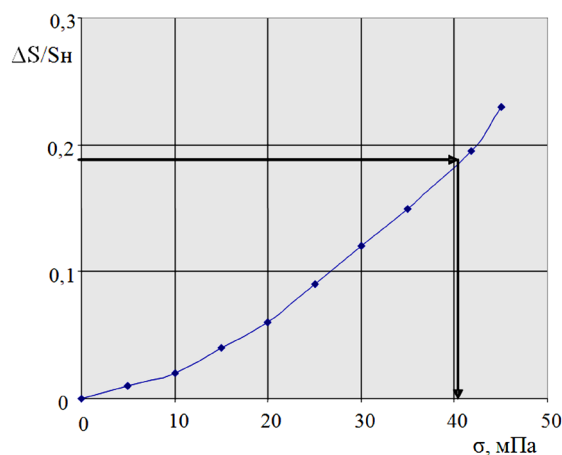


Рисунок 4 – Определения напряжений в элементах металлических конструкций по тарировочной кривой

#### Литература

1. *Одинг И.А.* Остаточные напряжения и усталости стали, закаленной т.в.ч. / И.А. Одинг // Вестник машиностроения. 1943. № 5. С. 23–27.
2. *Karman Gh.* Untersuchungen uver Kuchpotigreit Forschugsaz beaten augdem ocbsite dez Indeiwessens / Gh. Karman. Berlin, 1910. 81 p.
3. *Sachs G.* Lunere Spannungen ih Metallenill Metallrunde / Sachs G. 1971. 71. S. 1511.
4. *Соболев С.* Накладные и экранные датчики / С. Соболев, Р.М. Шкарлет. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1967. 236 с.
5. *Галямин А.И.* Исследование электромагнитного метода для исследования продольного изгиба стрижней: автореф. дис... канд. техн. наук / А.И. Галямин. М., 1975. 21 с.
6. *Алимбаев Б.* Методы контроля напряжений в элементах металлических конструкций гидротехнических сооружений / Б. Алимбаев. Тараз, 2006. 235 с.
7. Инновационный патент РК № 21138. Электромагнитный способ измерения напряжений в ферромагнитных изделиях / Б.А. Алимбаев, А.К. Малибеков, Б.Ж. Манапбаев, Р.Д. Джанузакова; Опубл. 15.04.2009. Бюл. № 4.