

## РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Т.В. Котлубовская, И.Н. Русин**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова  
г. Барнаул

Статья посвящена разработке информационно-измерительной системы для определения деформации поверхности мостовых сооружений.

**Ключевые слова:** тензодатчики, информационно-измерительная система, микроконтроллер, мониторинг.

Среди различных экспериментальных методов измерения деформаций подавляющее большинство исследователей отдает предпочтение измерениям с применением тензодатчиков или тензорезисторов, поскольку они наилучшим образом удовлетворяют критерию "стоимость – эффективность", обладая оптимальным сочетанием характеристик [1].

Основными критериями при установке тензодатчиков являются:

- хороший отклик на внешние воздействия;
- однородность карты распределения напряжений.

Разработка информационно-измерительных систем для определения деформации поверхности имеет в современной жизни немаловажное значение, так как связана с вопросами безопасности жизнедеятельности населения. В связи с этим, возникла необходимость разработки такой системы применительно к мостовым сооружениям, чтобы экономить средства, не прибегая к капитальной реконструкции сооружения, которая станет необходимой в случае непредсказуемой деформации или разрушения.

Разработка системы позволит определить возможные предельно-допустимые изменения конструкции мостового сооружения, своевременно получать информацию и принимать решения о необходимости изменения режима эксплуатации моста или его текущего ремонта [2].

Для определения деформаций, возникающих на поверхности моста, под несущие конструкции моста устанавливаются тензодат-

чики. Расположение тензодатчиков может быть различным, в нашем случае использован вариант, представленный на рисунке 1.



Рисунок 1 – Расположение тензодатчиков на мостовом сооружении

В процессе использования моста на мостовые конструкции оказывают воздействие различные негативно влияющие факторы, такие как: коррозионные процессы, нештатные нагрузки, возникновение и развитие дефектов, которые способны привести к существенному снижению прочности моста [2].

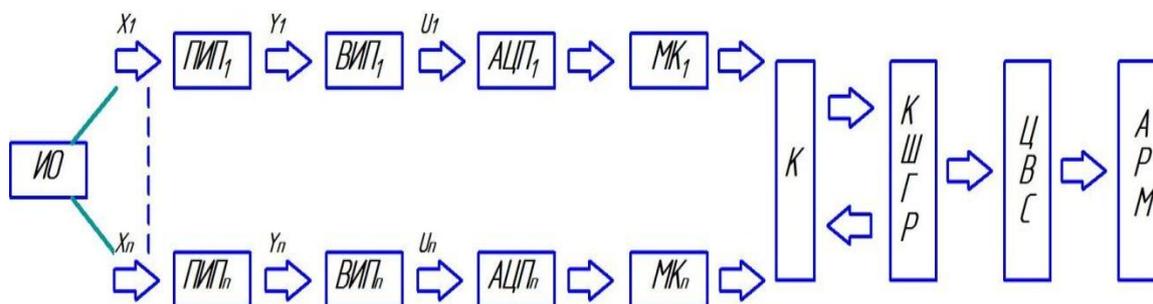
В связи с этим, разрабатываемая информационно-измерительная система должна уметь:

- обнаруживать дефекты;
- фиксировать динамику развития дефектов и изменения основных параметров конструкции;
- осуществлять сбор, хранение и анализ данных;

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

– прогнозировать остаточный ресурс [2], то есть осуществлять постоянный мониторинг.

Функциональная схема информационно-измерительной системы представлена на рисунке 2.



Условные обозначения:

ИО – объект измерения;

ПИП<sub>1, ..., N</sub> – первичные измерительные преобразователи (датчики);

ВИП<sub>1, ..., N</sub> – вторичные измерительные преобразователи (усилители);

АЦП<sub>1, ..., N</sub> – аналого-цифровые преобразователи;

МК<sub>1, ..., N</sub> – микроконтроллеры;

К – концентратор;

КШГР – коммутационный шкаф гальванической развязки;

ЦВС – центральная вычислительная станция;

АРМ – автоматизированное рабочее место.

Рисунок 2 – Функциональная схема информационно-измерительной системы

Сигналы с датчиков усиливаются, обрабатываются и передаются в следующий функциональный блок системы в цифровом виде.

Концентратор организует измерительные линии из предыдущих блоков, получает информацию от них и направляет ее на обработку.

Коммутационный шкаф гальванической развязки обеспечивает измерительные линии питанием, ретранслирует данные, полученные от концентратора, в центральную вычислительную станцию, где происходит их дальнейшая обработка, отображение информации оператору и архивирование данных.

Автоматизированное рабочее место предназначено для ввода и вывода информации оператором и для осуществления контроля над работой системы.

Чтобы улучшить процесс мониторинга, можно в дальнейшем использовать датчики вибрации и температуры, а также камеры видеоконтроля [2].

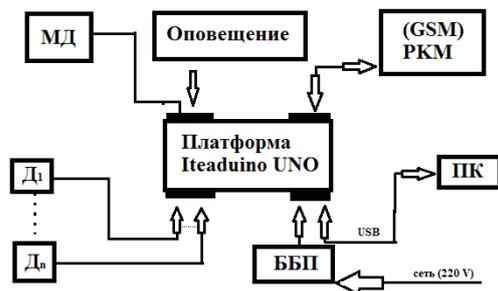
Важной функцией системы также является мгновенное оповещение сотрудников службы эксплуатации моста и службы быстрого реагирования о потенциально опасной ситуации в случае превышения допустимых значений деформаций конструкции. Это уве-

личивает безопасность движения транспорта по мосту, позволит избежать тяжелых последствий в случае чрезвычайной ситуации.

Тенденция развития современной электронной техники такова, что использование микроконтроллеров позволяет уменьшить количество используемых в системе устройств, а одновременно улучшить их показатели, такие как надежность и долговечность.

Поэтому построим информационно-измерительную систему на базе микроконтроллера ATmega328P платформы Iteaduno (рисунок 3). Расположенные на ней шлейфы будут обеспечивать подключение большого количества датчиков и дополнительных периферийных устройств. IteadunoUno может питаться через USB-порт ПК с помощью мини-кабеля USB или от внешнего источника питания. Внешним источником питания может быть AC-DC адаптер (7 – 23 В) или аккумулятор [3].

В качестве датчиков решено использовать фольговые датчики типа SB76 – AC – прижимные датчики деформации с усилителем переменного тока, подключенные по принципу моста Уитстона. Для реализации схемы решено использовать вариант подключения – «2/4 моста».



Условные обозначения:

Д<sub>1, ..., N</sub> – датчики;  
 ББП – блок бесперебойного питания;  
 ПК – персональный компьютер;  
 РКМ – радиоканальные модули;  
 МД – модули расширения.

Рисунок 3 – Функциональная схема информационно-измерительной системы на базе микроконтроллера ATmega328P

Для приема, передачи сообщений и управления системой используем компактный и надежный беспроводной EFCOM GPRS/GSM модуль, совместимый со всеми микроконтроллерами Arduino. Имеется возможность подключения LCD дисплея.

В качестве среды программирования можно использовать Arduino IDE – единственную бесплатную среду разработки с открытым исходным кодом для Arduino – совместимых микроконтроллеров, позволяющую легко писать и загружать код. Arduino IDE работает на Windows, Mac OSX и Linux. Среда программирования, как правило, Java.

В качестве стандартного программного обеспечения будет использоваться универсальная программная система конечного элемента анализа ANSYS. Моделирование и анализ в ANSYS позволят уменьшить время на разработку дорогостоящих циклов типа: «Проектирование – изготовление – испытания». Геометрическое ядро Parasolid – основа работы системы ANSYS [4].

Созданные с помощью Parasolid модели, могут использоваться в качестве конечных 3D-представлений, причем имеется возможность запроса информации по массовым характеристикам, областям для выбора, структуре данных, оценке геометрии, расчету ми-

нимальных и максимальных дистанций, нахождению пересечений.

Главным при оценке напряженно-деформированного состояния мостовых сооружений является определение местных прямолинейных деформаций и смещений в «критических точках».

Для наглядной визуализации в программе ANSYS может быть создана модель моста с установленными на него тензодатчиками, которая покажет зоны распределения нагрузок в конструкциях моста.

С помощью установленных тензодатчиков становится возможным определение значения напряжений в критических точках.

Моделирование в ANSYS позволит производить расчет нагрузки на мостовое сооружение и расчет просадки опор и пролетов моста.

### Выводы

Разработка информационно-измерительной системы для определения деформации поверхности мостовых сооружений позволит оперативно определять напряжения в наиболее опасных зонах, а также смещения и прогибы, возникающие в результате влияния интенсивной транспортной нагрузки и внешних природно-климатических воздействий, тем самым контролировать состояние элементов конструкции моста.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мехеда, В.А. Тензометрический метод измерения деформаций: учеб. пособие. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 56 с. - ISBN 978-5-7883-0838-8.
2. Система мониторинга технического состояния мостов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cae-cube.ru/sistema-monitoringa-mostov.html>.
3. IteaduinoUNO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://dl.itead.cc/Mainboard/IM120905006\\_iteaduino\\_UNO/DS\\_IM120905006\\_iteaduinoUNO.pdf](http://dl.itead.cc/Mainboard/IM120905006_iteaduino_UNO/DS_IM120905006_iteaduinoUNO.pdf).
4. Справочник проектировщика. ANSYS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://seniga.ru/index.php/sapr/tsapr/81-ansys>.

Котлубовская Татьяна Викторовна – к.т.н., доцент, тел.: (3852) 290913, e-mail: [tavikot2010@mail.ru](mailto:tavikot2010@mail.ru); Русин Илья Николаевич – студент.