

Е.Т. Ауесбаев¹, С.С. Хасенов², С.Е. Сабитов³

(¹Казахская головная архитектурно-строительная академия,

^{2,3} Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан)

ПРИБОРЫ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Данная статья имеет цель – дать информацию о проводимых исследованиях с использованием современных приборов и инструментов. Даны характеристики автоматизированной измерительной системы для измерения различных типов деформаций испытываемых конструкций путем регистрации и преобразования в инженерные единицы в реальном масштабе времени сигналов. Определение дефектов и деформаций в транспортных сооружениях, условия работы.

Ключевые слова: измерительная система, тензометры, инклинометры, прогибомеры, датчик.

Автоматизированная измерительная система для испытаний инженерных сооружений АИС предназначена для измерения различных типов деформаций испытываемых конструкций путем регистрации и преобразования в инженерные единицы в реальном масштабе времени сигналов соответствующих датчиков, представления полученной информации в виде графиков и таблиц и ее сохранения в персональном компьютере.

На рисунке 1 показаны варианты подключения датчиков в АИС.

Система имеет два варианта подключения датчиков к компьютеру: при помощи соединительных кабелей при общей длине кабелей, подключенных к одному блоку сопряжения, до 1000 м и по радиоканалу с максимальным расстоянием от группы датчиков до компьютера в зависимости от условий распространения радиоволн от 200 метров до нескольких километров. Датчики между собой соединяются цепочкой, которая может ветвиться.

Основные датчики (тензометры, инклинометры и прогибомеры) разработаны и изготовлены на различных предприятиях Москвы и Московской области. Все они имеют единую электронную схему. Отличительной особенностью этой схемы является отсутствие аналоговых сигналов, а, следовательно, и отсутствие таких наиболее капризных элементов, как операционных усилителей и аналого-цифровых преобразователей.

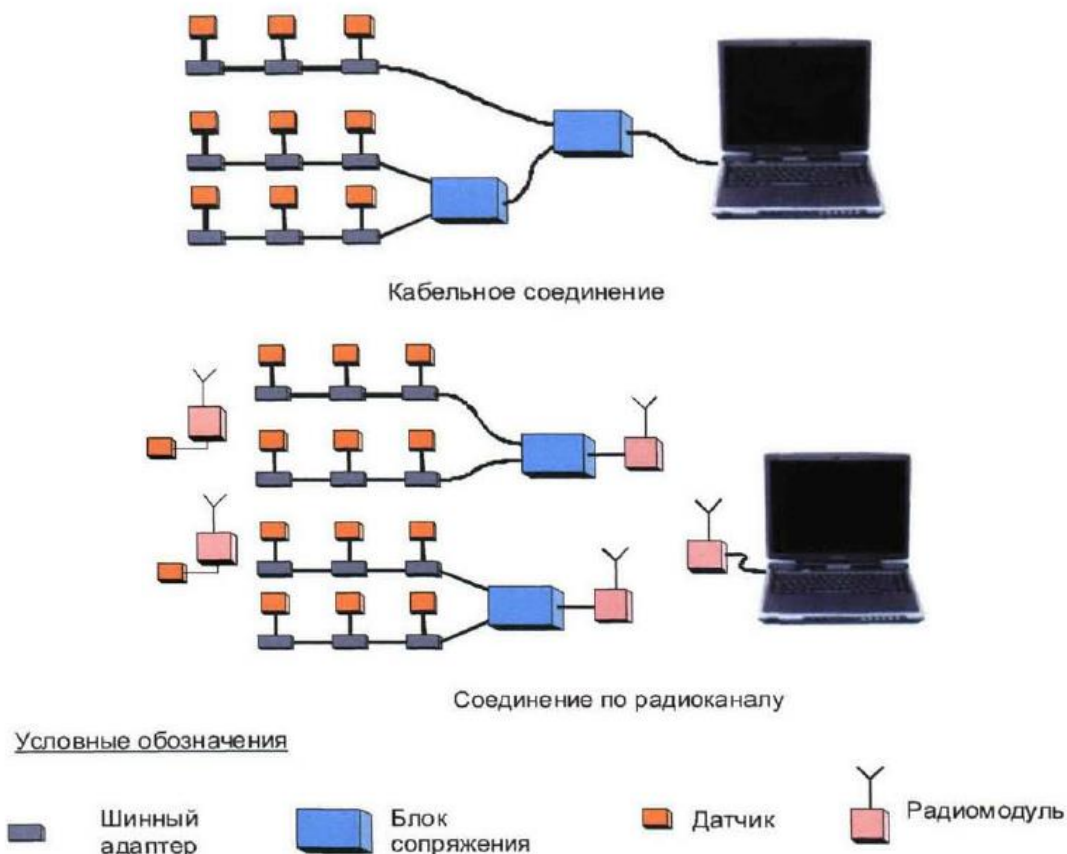


Рис. 1. Примеры подключения автоматизированной измерительной системы АИС

Тензометр (Э.ТОЭ.01.ТУ) имеет чувствительность, равную 1 мкм, диапазон измерения перемещений ± 800 мкм и оригинальное магнитное крепление, позволяющее устанавливать датчики на металле за несколько секунд. При установке на немагнитные материалы вначале крепятся (приклеиваются или привинчиваются) стальные пластины, на которые затем устанавливается датчик. На рисунках 2 а и б показаны тензометры, установленные на бетоне и на металле соответственно. Дюралевые трубки, присоединенные к тензометрам, являются удлинителями базы.



а – на бетоне; б – на металле

Рис. 2. Установка тензометров (Э.ТОЭ.01.ТУ)

В инклинометре (Э.ИОМ.01.ТУ) подвижная часть выполнена в виде маятника, для предотвращения раскачивания которого используется герметичный масляный магнитный демпфер [1]. На рисунке 3 показан установленный на опоре моста инклинометр с радиомодулем для передачи данных по радиоканалу.



Рис. 3. Инклинометр с радиомодулем на оголовке опоры

Электронная схема датчиков имеет в своем составе микропроцессор, обеспечивающий самоопределение датчиков в момент включения системы, самотестирование и выявление неисправностей с передачей информации об их характере на компьютере.

В каждом датчике установлен электронный термометр, обеспечивающий включение подогрева при низких температурах.

Кроме перечисленных датчиков в АИС используется и ряд датчиков, к которым добавлена электронная обвязка, обеспечивающая их включение в общую систему. К таким датчикам относятся датчик скорости и направления ветра М-127, двухкоординатный измеритель угла наклона ИН-ДЗ, прецизионный датчик деформаций РФ206-3-0.1-232.

Номенклатура и количественный состав датчиков постоянно пополняются. Уже изготовлена и использована на нескольких испытаниях партия датчиков с индивидуальными радиомодулями, которые полностью исключают необходимость прокладки кабелей, занимающей основное время в процессе установки аппаратуры на испытываемых объектах.

При помощи АИС были проведены испытания и научное сопровождение строительства [2] десятков мостов, причалов и других инженерных сооружений (перекрытий больших залов, лестничных маршей и др.). Для обработки результатов измерений была создана и используется программа «Спектр» [3].

Первым в семействе датчиков АИС был разработан оптоэлектронный линейный датчик перемещений (ЛДП) (рис. 2). Основой ЛДП является прибор с зарядовой связью, представляющий собой линейку фотоэлементов со схемами управления и считывания информации. Используемая линейка 1LX703A (рис. 4)

состоит из 2048 фотоэлементов, расположенных в одну линию. Размер каждого элемента 14x14 мкм. В процессе работы с микросхемы снимается напряжение в виде пачки из 2048 импульсов прямоугольной формы, амплитуда которых зависит от освещенности соответствующих фотоэлементов. Она может изменяться в интервале от 0 до 5 В.

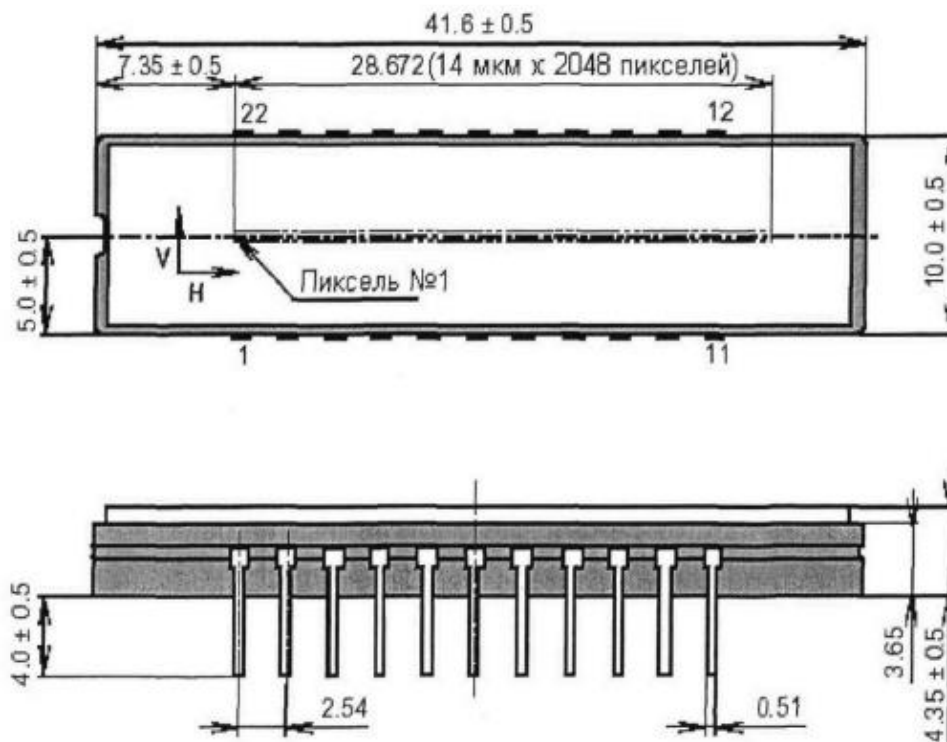


Рис. 4. Линейный прибор с зарядовой связью ИХ703А

Схема считывания представляет собой пороговое устройство со стробированием. Стробирование осуществляется фронтом, расположенным в середине считываемого импульса. Если в момент прихода фронта амплитуда импульса была больше 2.4 В, то считается, что соответствующий фотоэлемент был освещен. В противном случае – нет.

Таким образом, ЛДП может измерять величину перемещения шторки из светонепроницаемого материала относительно линейки. При этом шторка располагается между источником света, освещающим линейку и самой линейкой. При перемещении шторки вдоль линейки цена одного деления ЛДП равна шагу между фотоэлементами, т.е. 14 мкм.

Если шторка движется вдоль линейки, то амплитуда импульса на перекрываемом фотоэлементе меняется пропорционально положению шторки, но момент достижения максимума зависит от мощности источника света. Если мощность велика, то амплитуда достигнет максимума при освещении самой малой части фотоэлемента. Показания ЛДП при этом не будут меняться, пока не осветится начало следующего фотоэлемента. Следовательно, при мощном источнике света точность измерения совпадает с шагом фотоэлементов и равняется ± 14

мкм. При малой мощности источника света, когда пороговое значение амплитуды выходного импульса достигается только при полностью освещенном фотоэлементе, на точность начинают оказывать влияние собственные шумы, амплитуда которых, согласно техническим данным, равняется 30 мВ. Это составляет 1,25% от порога. При длине фотоэлемента 14 мкм это приводит к дополнительной погрешности 0,175 мкм. Таким образом, максимальная погрешность измерения перемещений может составить $\pm 14,175$ мкм. Такой точности недостаточно для тензомера, но для прогибомера хватает с избытком.

Определим точность ЛДП без учета шумов. Если тангенс угла наклона шторки равен N , то при перемещении шторки поперек линейки на 1 мкм, тень от шторки переместится вдоль линейки на $1/N$ мкм. При этом точность измерения составит $\pm(14*N)$ мкм.

Определим точность ЛДП с учетом шумов. Точность $\pm(14*N)$ мкм будет сохраняться до тех пор, пока разница в напряжениях соседних импульсов превышает амплитуду шумов. При уменьшении тангенса угла наклона будет уменьшаться и разница в амплитудах выходных импульсов. Когда эта разница станет меньше амплитуды шумов, произойдет удвоение погрешности. Определим этот момент для случая, когда мощность источника света такова, что полной амплитуды (5 В) импульс достигает только на незатененном фотоэлементе. При амплитуде шумов 30 мВ число частично затененных импульсов равно $5000/30=167$. Следовательно, тангенс угла наклона равен $1/167=0.006$. При этом точность измерения составит $\pm(14*2*0.006)=\pm 0,168$ мкм. Увеличение силы света приведет к уменьшению погрешности в два раза.

Этой точности для тензометрического датчика вполне достаточно. Однако реально она получается гораздо ниже. Главная причина – механика конструкции. Из-за невозможности сделать конструкцию датчика из идеальных материалов с нулевыми допусками в датчике наблюдается явление гистерезиса, т.е. при изменении направления перемещения, показания датчика остаются неизменными до тех пор, пока это перемещение не достигнет определенного минимума. Повышение точности изготовления датчиков увеличивает их стоимость и ужесточает требования к бережности обращения с ними, что в условиях испытаний мостов весьма проблематично. Кроме того, чрезмерно большая освещенность ПЗС приводит к перегрузке фотоэлементов, что чревато нестабильной работой прибора. В результате компромиссов датчик получился весьма устойчив к внешним воздействиям, а точность его (± 1 мкм) достаточна для испытаний. Кроме того, она повышается за счет снятия большого числа отсчетов с последующим их усреднением программным путем.

Крепление датчика – магнитное, что позволяет устанавливать его на металлических конструкциях за несколько секунд. При установке на бетон требуется предварительно по шаблону привинтить или приклеить специальные металлические пластины для дальнейшей установки на них магнитных креплений. Схема крепления датчика показана на рисунке 5.

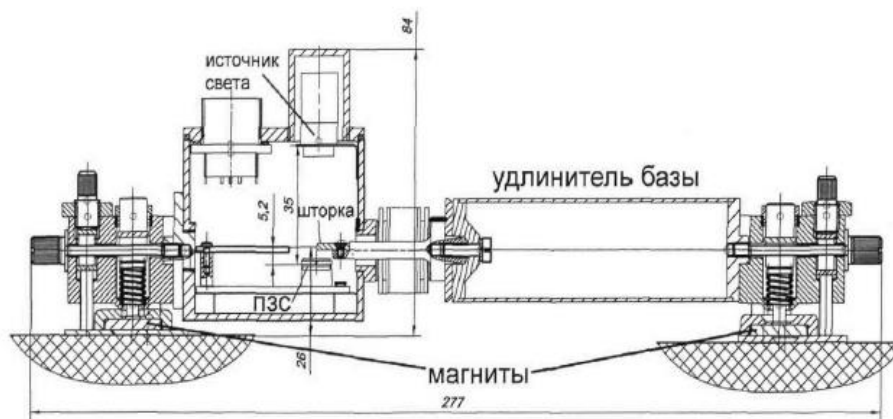


Рис. 5. Конструкция датчика и его крепления

Выводы:

1. Представленные приборы для неразрушающего контроля строительных конструкций являются современными и точными для обнаружения дефектов и определения напряженно-деформированного состояния.
2. Одним из достоинств является определение и установка приборов в различных точках исследуемого объекта.
3. В лаборатории КазАТК проводятся обследования и испытания с применением сертифицированных приборов для неразрушающего контроля строительных конструкций в рамках области аккредитации.

Литература:

1. Павлов Е.И., Ивановский А.Б. Динамические испытания строительных материалов, конструкций и сооружений// Труды ЦНИИС, вып. №202. – М.: ЦНИИС, 2000.
2. Хазанов М. Л. Демпфер. Патент на полезную модель №43369. – 2004.
3. Васильев А.И., Хазанов М.Л. Мониторинг физического и напряженно-деформированного состояния строящихся и эксплуатируемых мостов// Сб. ГП Росдорнии «Дороги и мосты». – М., 2004.

Бұл мақаланың мақсаты – ақпарат беру туралы өткізілетін зерттеулерде пайдалана отырып, қазіргі заманғы аспаптар мен құрал-саймандарды. Сипаттама берілді автоматтандырылған өлшеу жүйесінің өлшеу үшін әртүрлі типтегі деформация сыналатын конструкцияның арқылы тіркеу және қайта құру инженерлік бірліктер нақты уақыт масштабында сигналдар. Анықтау, ақаулардың, деформациялардың және көлік құрылыстарында жұмыс істеу шарттары.

Түйін сөздер: өлшеу жүйесі, тензометры, инклинометры, прогибомеры, датчигі.

This article has a goal - to give information about the conducted researches with the use of modern devices and instruments. Descriptions of автоматизированной измерительной системы are given for измерения различных of types of деформаций испытываемых конструкций путем регистрации and преобразования in инженерные единицы in реальном масштабе времени сигналов. Determination of defects and deformations in a transport building, condition of work.

Key words: measuring system, tensometers, inclinometers, bends, sensor.