

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА

**В.А. Сопин, В.В. Надвоцкая, В.Б. Юшкова**

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

Статья посвящена разработке информационно-измерительной системы для измерения крутящего момента с выводом информации по беспроводному Bluetooth-соединению на устройство с операционной системой Android.

**Ключевые слова:** измерение крутящего момента, тензометрический мост, бесконтактная передача, измерительный сигнал.

Измерение величины крутящего момента при сборке и нормированной затяжке резьбовых соединений является важным этапом в процессе эксплуатации и при испытаниях двигателей, а также в процессе доводки таких узлов, как компрессор или турбина [1]. При перетяжке резьбовых соединений может произойти нарушение соединения и срыв резьбы, а при недостаточной затяжке произойдет потеря жесткости и разгерметизация узла. В любом случае устройство выйдет из строя. Во многих областях промышленности используют электронные средства измерения крутящего момента.

На сегодняшний день имеющиеся на рынке электронные средства измерения

крутящего момента обладают рядом существенных недостатков:

- плохая устойчивость к ударным воздействиям;
- неудобство визуального контроля, ввиду труднодоступности некоторых резьбовых соединений;
- высокая стоимость.

Поэтому разработка информационно-измерительной системы для измерения крутящего момента является актуальной задачей [2].

Целью данной работы является разработка информационно-измерительной системы (ИИС) для измерения крутящего момента с выводом информации по беспроводному Bluetooth соединению на устройство с операционной системой Android.



Рисунок 1 – Структурная схема информационно-измерительной системы

Структурная схема ИИС представлена на рисунке 1. В качестве оси устройства, передающей вращение, используем удлинитель воротка ½", применяемый для демонтажа и монтажа резьбовых соединений при помощи торцевых головок в труднодоступных местах. Данный размер соединения очень распространен среди современного инструмента. Длина удлинителя 100-150 мм. Предельное усилие, прикладываемое к устройству, установим 200 Н\*м, что ниже предела прочности подобных удлинителей. Такое максимальное усилие является

достаточным для категорий таких устройств, к тому же полностью исключает вероятность возникновения остаточных деформаций.

Для измерения крутящего момента, действующего на вороток, используем тензометрический метод [6].

На предварительно размеченный удлинитель наклеим тензорезисторы одним из способов, указанных на рисунке 2. Для данной операции используем специальный двухкомпонентный клей H600 А. Соединяем тензомост и подключаем его по схеме рисунка 3 [7].

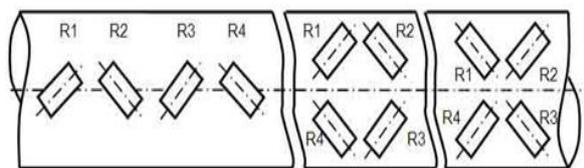


Рисунок 2 – Примеры расположения тензорезисторов

Измерительный мост питается переменным напряжением и на его выходе получается пропорциональное крутящему моменту амплитудно-модулированное переменное напряжение, которое передается трансформаторной передачей [2,3].

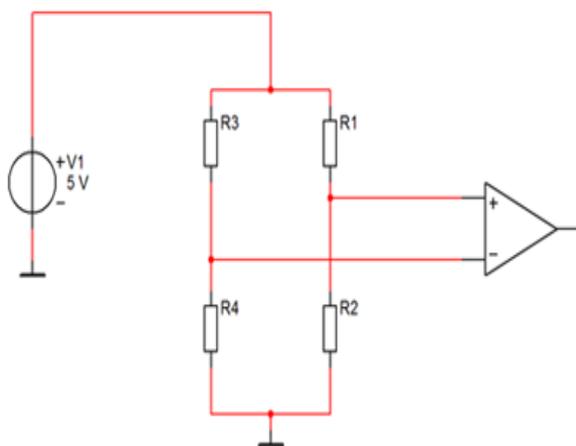


Рисунок 3 – Схема подключения тензомоста

Размещение тензорезисторов, соединенных в электрический мост на внешней стороне поверхности удлинителя воротка, позволяет исключить использование в конструкции упругих элементов, что значительно упрощает конструкцию и снижает ее материалоемкость. При нагружении воротка крутящим моментом тензометрические датчики, наклеенные вдоль главной оси, испытывают напряжение растяжения. Электрическое сопротивление датчиков R1 и R2 увеличивается. В это время тензометрические датчики, наклеенные вдоль главной оси, испытывают напряжение сжатия. Электрическое сопротивление датчиков R3 и R4 уменьшается. Происходит разбаланс тензометрического моста, деформация (кручение) воспринимается тензорезисторными преобразователями и преобразуется в изменение напряжения в измерительной диагонали мостовой схемы. Максимальное изменение сопротивления в данном

устройстве не будет превышать 2%, следовательно, уровень изменения напряжения в измерительной диагонали моста будет изменяться в микровольтах и требует усиления. Получаемый сигнал необходимо усилить. Для этого в цепь включается усилитель AD627A. А для регулировки выдаваемого напряжения в диапазоне 0-5 В экспериментально подбираем сопротивление резистора, подключенного к предназначенным для этого выходам на усилителе [2].

Усиленный аналоговый сигнал поступает на аналоговый вход платформы вход Arduino, где оцифровывается и превращается в цифровой код. Результаты оцифровки данных записываются в память, а затем используются для проведения обработки результатов и дальнейших исследований.

Бесконтактную передачу измерительного сигнала с Arduino на телефон с операционной системой Android произведем с помощью Bluetooth соединения. Передача сигнала осуществляется на свободных от лицензирования частотах в ISM-диапазоне (от 2400 МГц до 2483,5 МГц). Bluetooth использует метод, расширенного спектра. Метод заключается в распределении информационного сигнала по широкой полосе радиодиапазона. Данный метод достаточно прост в реализации и обеспечивает надежную передачу сигнала и высокую помехоустойчивость. Подключение Bluetooth-модуля HC-05/06 осуществляется при помощи проводов с разъемами определенного размера для подключения к Arduino. Посредством провода данного стандарта осуществляется питание Arduino. Разъем данного провода, подключаемый к элементу питания, обеспечивает надежный контакт без применения дополнительных технических приспособлений [4,5].

Для оценки полученных результатов испытаний динамометра, которые позволяют установить однозначную связь между показаниями динамометра и величиной крутящего момента приложенного к воротку при закручивании, необходимо воспользоваться Android приложением Bluetooth terminal. Данная программа вычисляет зависимость изменения сигнала от усилия в диапазоне изменения крутящего момента, используя выборку нескольких точек из статистики измерений усилия вращения. Крутящий момент, в свою очередь, можно задавать или тарированными весами, устанавливаемыми на замеренном плече,

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА

или растягивающим устройством (например, лебедкой) с использованием динамометра. При наличии на валу растягивающих усилий целесообразно калибровать отдельный тензометр, который рассчитан на учет только растягивающих усилий. В таком случае калибровка происходит в два этапа [3,7].

На валу возникают силы, которые только растягивают тензометр. Полученные данные с линейного тензодатчика а так же с тензорезисторного моста записывается контроллером в передатчике. Исходя из принятых величин, вычисляется зависимость (сразу в цифровом коде) между значениями с тензомоста и сигналом растяжения тензометра.

К валу прилагают крутящий момент. Записывается принятая величина кодов аналого-цифрового преобразователя, принятая от тензорезисторного моста.

Рисунок 4 демонстрирует интерфейс программы, отображаемой на дисплее смартфона.

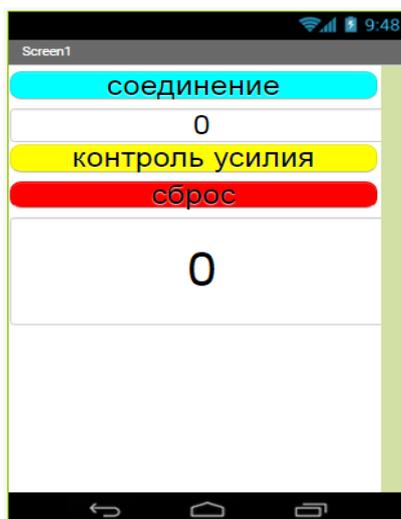


Рисунок 4 – Интерфейс программы для Android

Таким образом, в работе предложена информационно-измерительная система для измерения крутящего момента, имеющая перспективу применения на малых предприятиях, связанных с машино-

строением. Основным преимуществом является удобство визуального контроля электронных табло. В состав измерительной цепи входят динамометр с наклеенными тензорезисторами, усилитель аналогового сигнала, платформа Arduino для аналого-цифрового преобразования и беспроводного соединения, Bluetooth-модуль HC-06, телефон с операционной системой Android. Следующим этапом работы является создание программы в браузере в среде разработки MIT App Inventor 2 Beta для работы с динамометрическим ключом, отображающей измеряемое усилие на устройстве с операционной системой Android.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев, В.А. Автоматизация испытаний и научных исследований ГТД: учеб. пособие / В.А. Григорьев, С.К. Бочкарев, А.В. Лапшин, С.А. Ильинский. - Самара: Изд-во СГАУ, 2007. - 136 с.
2. ООО «Измерительные системы» [Электронный ресурс]: Измерение крутящего момента. – Режим доступа: [http://www.lorenz.ru/index.php?option=com\\_content%26view%3Darticle%26id%3D45%26Itemid%3D143](http://www.lorenz.ru/index.php?option=com_content%26view%3Darticle%26id%3D45%26Itemid%3D143). – Загл. с экрана.
3. Гуринов А.С., Дудник В.В., Гапонов В.Л., Калашников В.В. Измерение крутящего момента на вращающихся валах [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона, 2012, № 2. – Режим доступа: [www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2423](http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2423) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. Ардуино [Электронный ресурс]: Описание устройства. – Режим доступа: <http://arduino.ru/>. – Загл. с экрана.
5. Беспроводное оборудование [Электронный ресурс]: Беспроводные технологии. – Режим доступа: <http://www.wireless-e.ru/articles/equipment.php>. – Загл. с экрана.
6. Фуфаев Д.Э., Фуфаев Э.В. Разработка и эксплуатация автоматизированных информационных систем. – М.: Академия, 2010. – 304 с.
7. Федотов А.И. Основы научных исследований: Учебно-методическое пособие: Изд-во ИрГТУ. 2012. – 122 с.

**Надвоцкая Валерия Валерьевна** – к.п.н, доцент, тел.: (3852) 290-913, e-mail: [nadvotskaya7@mail.ru](mailto:nadvotskaya7@mail.ru);  
**Юшкова Вера Борисовна** – ст. преподаватель;\ **Сопин Владимир Анатольевич** – студент.