

УДК 531.789.1

РАЗРАБОТКА БЕСКОНТАКТНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА НА ВАЛУ

Д.Ю. Палин, А.В. Топоров, В.Е. Иванов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

В статье рассматривается бесконтактное устройство для измерения крутящего момента на валу. Показаны преимущества предложенного устройства и рассмотрены недостатки существующих конструкций. Изложен принцип работы бесконтактного устройства для измерения крутящего момента на валу. Установлено, что с помощью разработанного устройства можно измерять момент трения уплотнительных соединений. Приведены экспериментальные данные, полученные в ходе эксперимента в зависимости момента трения уплотнения от скорости скольжения вала. Обозначены задачи и цели будущих экспериментов.

Ключевые слова: бесконтактное устройство для измерения крутящего момента, момент трения, уплотнительные соединения, скорость скольжения, угол закручивания, модуль упругости.

Крутящий момент на валах является одним из наиболее важных показателей характеризующих силу вращения вала. В настоящее время для решения этой задачи применяется множество бесконтактных устройств измерения крутящего момента на валу [1, 2].

Однако большинство таких устройств имеют ряд существенных недостатков [3, 4]:

1. Высокая стоимость;
2. Сложность конструкции из-за наличия большого числа дополнительных элементов;
3. Погрешность в измерении крутящего момента из-за отсутствия упругого элемента на участке между ведущим и ведомым валом.

Целью, проводимых в настоящее время исследований, является разработка упрощенного устройства для бесконтактного измерения крутящего момента на валу, позволяющее осуществлять измерение с повышенной точностью.

Бесконтактное устройство для измерения крутящего момента на валу представлено на рис. 1 а, б. В исходном состоянии светоотражающий элемент 9,

закрепленный на ведущем валу 3, и светоотражающий элемент 10, закрепленный на ведомом валу 6, расположены относительно друг друга на одной оси вдоль валов (рис. 1 а).

При вращении ведущего вала 3 под действием возникающего крутящего момента упругий элемент 8 деформируется, при этом взаимное положение светоотражающего элемента 9, закрепленного на ведущем валу 3, и светоотражающего элемента 10, закрепленного на ведомом валу 6, изменяется (рис. 1 б).

Оптический датчик 11, расположенный напротив светоотражающего элемента 9, генерирует и предает сигнал на блок управления 12 с постоянной частотой. По сигналу с блока управления 12 подключается стробоскоп 14, расположенный напротив светоотражающего элемента 10, закрепленного на ведомом валу 6.

При вращении ведомого вала 6 возникает стробоскопический эффект, когда светоотражающий элемент 10, вращающийся на ведомом валу 6, воспринимается как неподвижный относительно корпуса 1 и шкалы угломера 13.

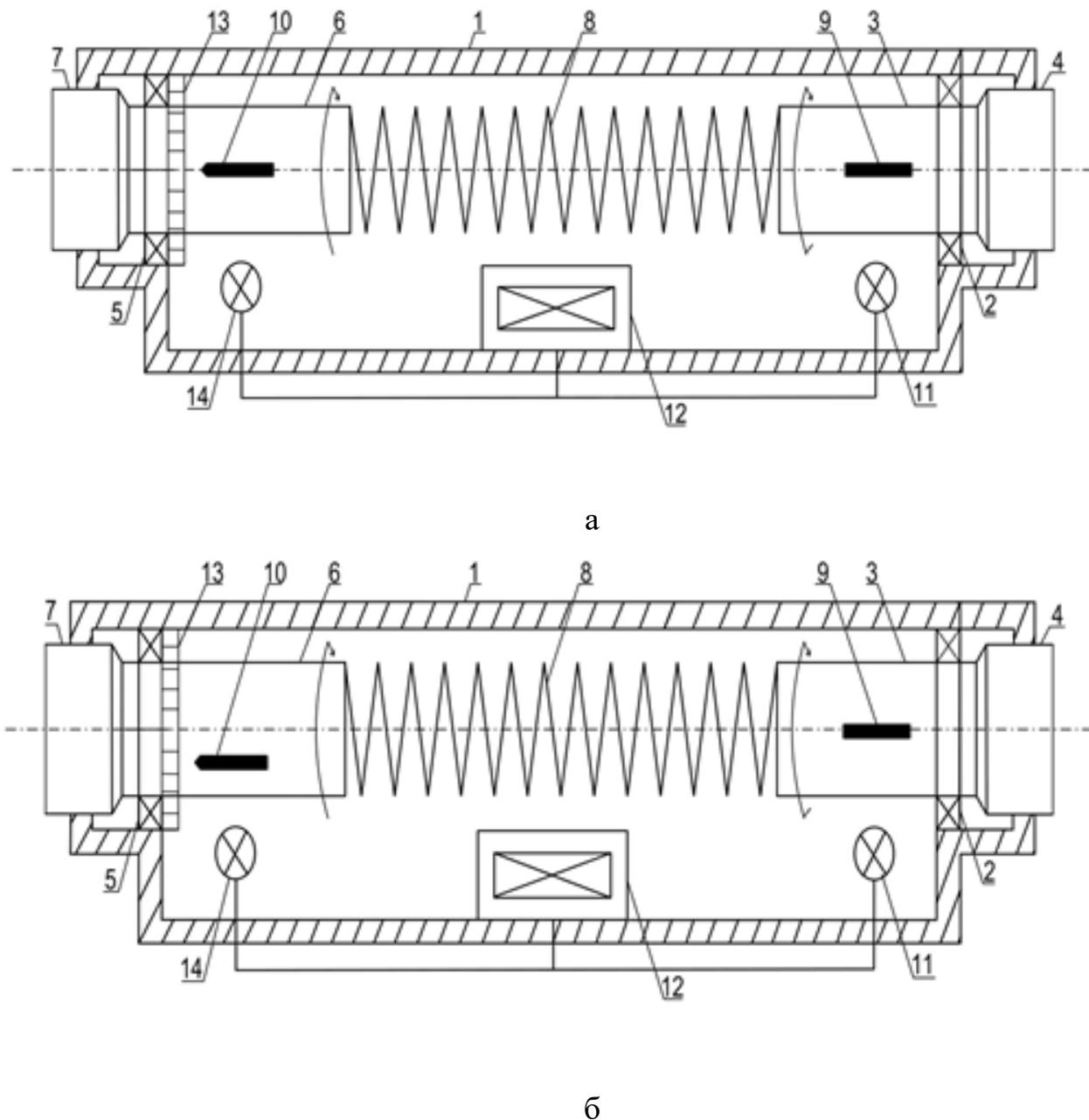


Рис. 1. Бесконтактное устройство для измерения крутящего момента на валу:
 а – без нагрузки, б – с нагрузкой
 1 – корпус; 2 – подшипник; 3 – ведущий вал; 4 – соединительная муфта; 5 – подшипник; 6 – ведомый вал; 7 – соединительная муфта; 8 – упругий элемент; 9 – отражающий элемент; 10 – отражающий элемент; 11 – оптический датчик; 12 – блок управления; 13 – измерительная шкала; 14 – излучатель светового потока

Благодаря стробоскопическому эффекту можно по смещению светотражающего элемента 10 относительно шкалы угломера 13 определить угол закручи-

вания φ . Крутящий момент на валах будет пропорционален углу закручивания и модулю упругости:

$$M \equiv \varphi \cdot G \quad (1)$$

где G – модуль упругости на кручение.

Принцип действия предлагаемого устройства основан на измерении угла закручивания ведомого вала под действием момента трения.

Рассмотренное бесконтактное устройство измерения крутящего момента на валу было изготовлено для контроля момента трения уплотнительных устройств.

Перед проведением исследований проводилась калибровка датчика моментов трения (рис. 2).

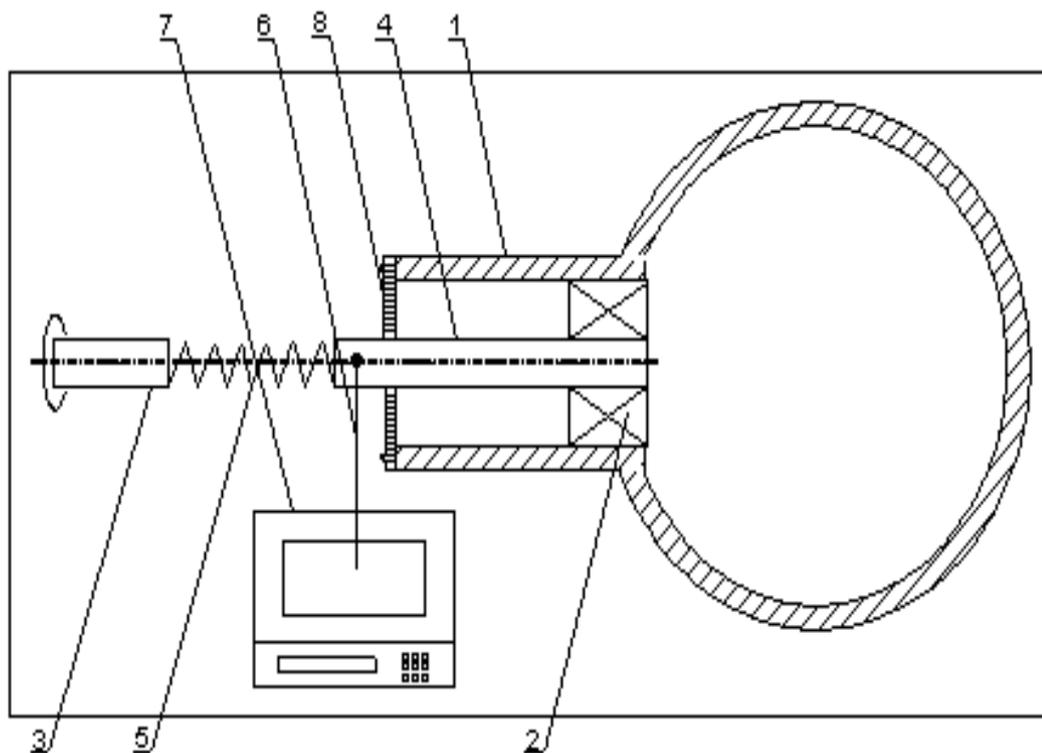


Рис. 2. Схема калибровки датчика моментов трения:
 1 – корпус бака, 2 – подшипник, 3 – ведущий вал, 4 – ведомый вал, 5 – пружина, 6 – стержень, 7 – лабораторные весы, 8 – измерительная шкала

Процесс калибровки датчика момента трения заключался в следующем. Ведомый вал 4 с подшипником 2 жестко устанавливались в корпус бака 1, на центральную часть оси вала крепился стержень 6, состоящий из полимерного материала.

Длина стержня 6 составляла 95,50 мм, а толщина 1 мм. Свободный конец стержня 6 давил на лабораторные весы 7 фирмы Cubis 324S. Торцевой конец ведущего вала 3 и торцевой конец ведомого вала 4 соединены пружиной 5.

Ведущий вал 3 поворачивался на заданный угол, который отслеживался на измерительной шкале 8 жестко закрепленной в корпусе бака 1.

По показаниям представленных на циферблате весов 7 отслеживалось возникающее усилие, определяющееся жесткостью пружины 5.

Результаты калибровки зависимости датчика моментов трения от угла поворота ведущего вала, представлены на рис. 3.

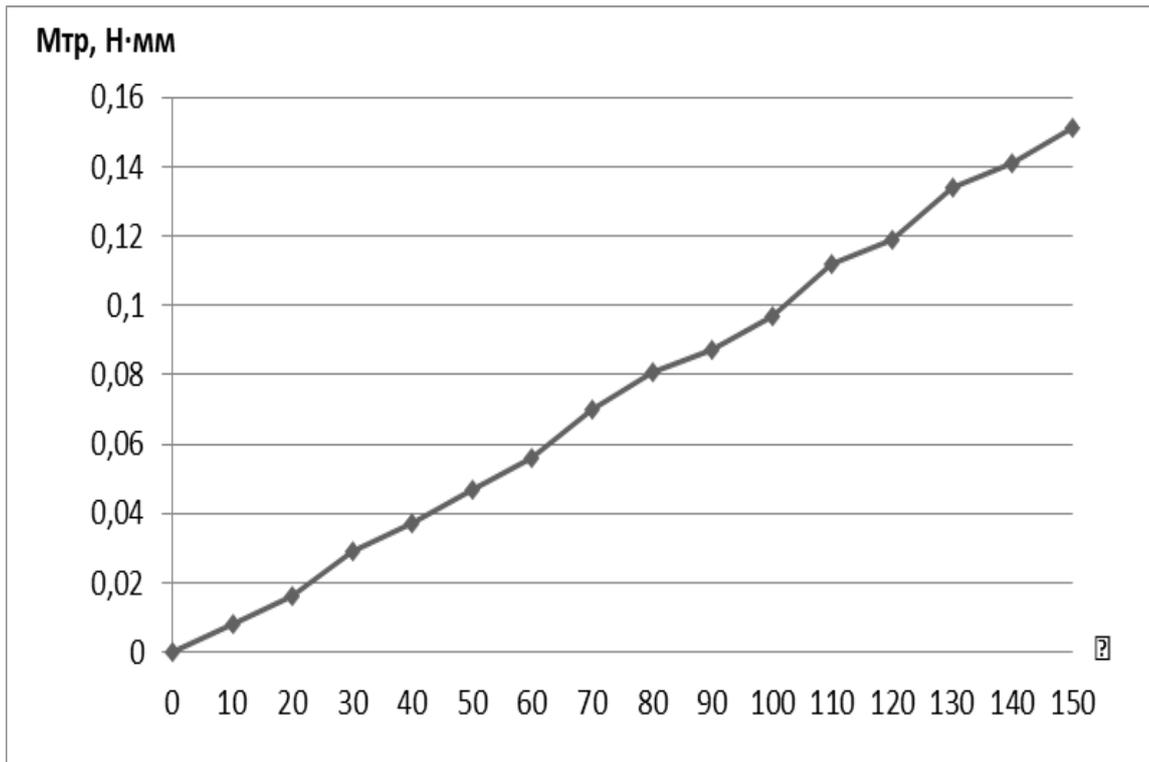


Рис. 3. Тарировочный график момента трения от угла поворота ведущего вала

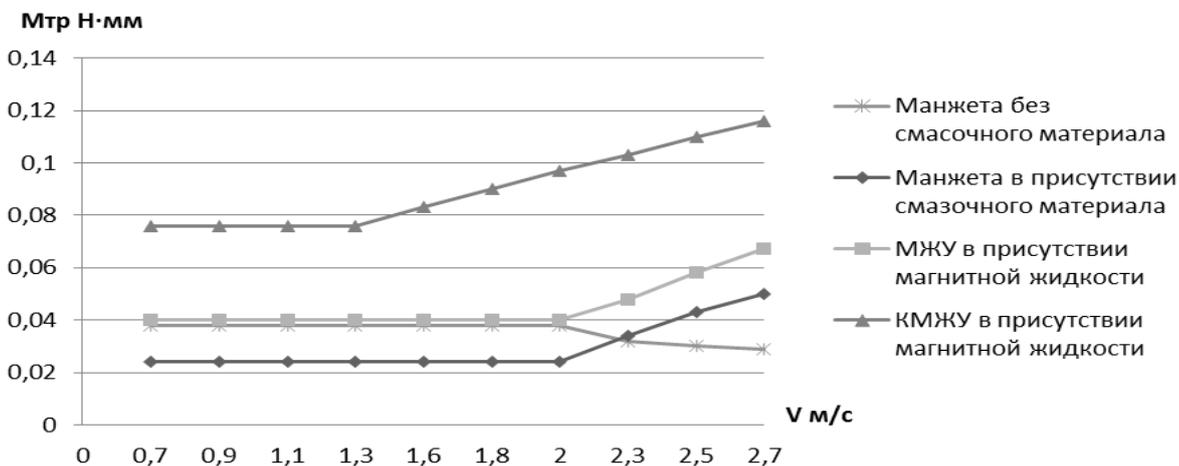


Рис. 4. График зависимости момента трения от скорости скольжения

После калибровки датчика моментов было проведено исследование зависимости момента трения уплотнительных

устройств от скорости скольжения вала. Эксперименты проводились для манжетного, магнитожидкостого и комбиниро-

ванного уплотнения. Перед проведением испытания каждое уплотнение монтировалось в корпус бака.

В ходе исследования включалось питание приводного электродвигателя, и устанавливалась определенная частота вращения вала. С помощью измерительной шкалы датчика моментов контролировался момент трения в уплотнениях.

Показания, полученные в ходе эксперимента, были выражены на графике, представленного на (рис. 4).

Таким образом, используя предложенное устройство можно определить момент трения уплотнительных соединений. Изготовленный экспериментальный образец бесконтактного устройства для измерения крутящего момента на валу по результатам экспериментальных исследований показал работоспособность предложенной конструкции

В ходе дальнейшего исследования при помощи рассмотренного устройства

бесконтактного измерения крутящего момента на валу планируется проведение эксперимента, целью которого является определение момента трения в зависимости от давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гапонов В.Л., Гуринов А.С., Дудник В.В. измерение крутящего момента на вращающихся валах // Вестник Донского государственного технического университета. № 1-2 (62). 2012. С. 25-32.
2. Электротехнический интернет-портал Elec.ru. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elec.ru/articles/izmerenie-momenta-vraschenija-pri-pomoschi-datchik/> (дата обращения: 13.05.20).
3. Великотный М.А., Кауфельдт А.К. Способ измерения крутящего момента и устройство для его реализации патент 98112146 от 10.04.2000.
4. Никитин А.Н., Штумпф Э.П. Устройство для измерения крутящего момента и мощности патент 1234735 от 30.05.1986.

DEVELOPMENT OF A CONTACTLESS DEVICE FOR MEASURING TORQUE ON A SHAFT

D.Yu. Palin, A.V. Toporov, V.E. Ivanov

Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia

The article deals with a contactless device for measuring the torque on the shaft. The advantages of the proposed device are shown and the disadvantages of existing structures are considered. The principle of operation of a contactless device for measuring the torque on the shaft is described. It was found that the developed device can be used to measure the friction moment of sealing joints. Experimental data obtained during the experiment depending on the friction moment of the seal and the sliding speed of the shaft are presented. The tasks and goals of future experiments are outlined.

Keywords: non-contact device for measuring torque, friction moment, sealing joints, sliding speed, twist angle, elastic modulus.

References

1. Gaponov V.L., Gurinov A.S., Dudnik V.V. izmerenie krutyashchego momenta na vrashchayushchihsya valah // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. № 1-2 (62). 2012. S. 25-32.
2. Elektrotekhnicheskij internet-portal Elec.ru. [Elektronnyj resurs]. □ Rezhim dostupa: <https://www.elec.ru/articles/izmerenie-momenta-vraschenija-pri-pomoschi-datchik/> (data obrashcheniya: 13.05.20).
3. Velikotnyj M.A., Kaufel'dt A.K. Sposob izmereniya krutyashchego momenta i ustrojstvo dlya ego realizacii patent 98112146 ot 10.04.2000.
4. Nikitin A.N., SHtumpf E.P. Ustrojstvo dlya izmereniya krutyashchego momenta i moshchnosti patent 1234735 ot 30.05.1986. 13.05.