

3. Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбалов В. С. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – 525 с.
4. Трение, изнашивание и смазка: Справочник. В 2-х кн. / Под общей редакцией И. В. Крагельского, -М.: Машиностроение., 1978, Кн.1, -400с.
5. Добронравов В. В., Никитин Н. Н. Курс теоретической механики. - М.: Высшая школа, 1983, -575с.
6. Политов И. В., Кузнецов Н. А. Вибрационная обработка деталей машин и приборов. -Л.: Лениздат, 1965.
7. Пинегин С.В. Контактная прочность в машинах. - М., 1965.
8. Solid lubricant mass contact transfer technology usage for vacuum ball bearings longevity increasing. В Arzymatov and E Deulin. Journal of Physics: Conference Series, Volume 729, 23rd International Conference on Vacuum Technique and Technology 7–9 June 2016, St. Petersburg, Russia Citation B Arzymatov and E Deulin 2016 *J. Phys.: Conf. Ser.* 729 012027 DOI 10.1088/1742-6596/729/1/012027

УДК: 621.979.134

Джомартов А. А., Тулешов А. К.,
Камал А. Н., Абдураимов А. Е.
legsert@mail.ru

Институт механики и машиноведения
им. У. А. Джолдасбекова, Казахстан

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА

В работе рассмотрена тензометрическая система измерения для экспериментального исследования кривошипного пресса. Тензометрическая система измерения построена на базе интеллектуальных цифровых датчиков, простых в применении и в монтаже на конструкцию кривошипного пресса. Тензометрическая система измерения позволяет осуществить замеры следующих параметров: перемещение, силы, деформации и напряжения в звеньях кривошипного пресса. Тензометрическая система измерения была использована для экспериментального исследования кривошипного пресса. Для измерения напряжений в шатуне и ползуне кривошипного пресса применялись фольговые тензорезисторы. Сигналы с тензорезисторов обрабатывались тензометрической системой измерения. Экспериментальные исследования кривошипного пресса показали, что максимальное значение реакции на направляющих ползуна может достигать 14.2% от максимальной силы на ползуне. Полученные экспериментальные результаты подтвердили простоту и удобство использования тензометрической системы измерения для определения сил возникающих в звеньях кривошипного пресса.

Ключевые слова: кривошипный пресс, цифровой тензодатчик, тензорезистор напряжение, сила.

Джомартов А. А., Тулешов А. К.,
Камал А. Н., Абдураимов А. Е.
legsert@mail.ru

У. А. Джолдасбеков ат. Механика жана
машинаанауу институту, КазаКстан

КРИВОШИПТҮҮ ПРЕССТИ ЭКСПЕРИМЕНТТИК ИЗИЛДӨӨЛӨР

Эмгекте кривошиптүү прессти эксперименттик изилдөө үчүн ченөөлөрдүн тензометриялык системасы каралган. Ченөөнүн тензометриялык системасы кривошиптүү пресстин конструкциясына колдонууга жана монтаждоого оңой болгон интеллектуалдык санариптик датчиктердин базасында түзүлгөн. Ченөөнүн тензометриялык системасы төмөнкү параметрлерди өлчөөгө мүмкүндүк берет: кривошиптүү пресстин звенолорундагы жылышуу, күч, деформация жана чыңалуу. Ченөөнүн тензометриялык системасы кривошиптүү прессти эксперименттик изилдөө үчүн колдонулду. Кривошиптүү пресстин шатунундагы жана жылып жүргүчүндөгү чыңалууну ченөө үчүн фольга тензорезисторлору колдонулду. Тензорезисторлордун сигналдары ченөөнүн тензометриялык системасы менен иштетилип чыкты. Кривошиптүү прессти эксперименттик изилдөөлөр көрсөткөндөй, жылып жүргүчтүн багыттоочуларына болгон реакциянын эң чоң мааниси жылып жүргүчтөгү эң чоң күчтөн 4.2%га жетиши мүмкүн. Алынган эксперименттик натыйжалар кривошиптүү пресстин звенолорунда пайда болгон күчтү аныктоо үчүн тензометриялык системаны колдонуу оңой жана ыңгайлуу экенин ырастады.

Өзөктүү сөздөр: кривошиптүү пресс, санариптик тензодатчик, тензорезистор чыңалуу, күч.

Jomartov A. A., Tuleshov A. K.,
Kamal A. N., Abduraimov A. E.
Institute of Mechanics and Engineering Science.
U. A. Dzholdasbekov, Kazakhstan
e-mail: legsert@mail.ru

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE CRANK PRESS

The paper considers a tensometric measurement system for the experimental study of a crank press. The tensometric measurement system is built on the basis of intelligent digital sensors that are easy to use and easy to install on the crank press structure. The tensometric measurement system allows measuring the following parameters: displacement, forces, deformations and stresses in the links of the crank press. A tensometric measurement system was used for the experimental study of the crank press. Foil strain gauges were used to measure the stresses in the connecting rod and slider of the crank press. The signals from strain gauges were processed by a strain gauge measurement system. Experimental studies of the crank press showed that the maximum value of the reaction on the slider guides can reach 14.2% of the maximum force on the slider. The obtained experimental results confirmed the simplicity and convenience of using the tensometric measurement system to determine the forces arising in the links of the crank press.

Keywords: crank press, digital load cell, strain gauge voltage, force.

1. Введение

Для экспериментального исследования механизмов, машин, роботов широко используются тензодатчики и тензорезисторы [1]. Тензодатчик – это устройство, которое используется для измерения механической деформации узла машины. В тензодатчике механическая деформация преобразуется в изменение электрического сопротивления. Сопротивление тензодатчика изменяется пропорционально величине деформации в узле [2-5]. Для измерения деформаций и напряжений в звеньях механизмов, машин, роботов, широко применяются фольговые тензорезисторы [6]. Тензометрирование механизмов, машин, роботов необходимо для оценки напряженно-деформируемого состояния их элементов и узлов при различных режимах работы. При этом исследуются: условия реальной работы деталей, узлов и несущей конструкции для проверки и оптимизации расчетных схем; определения фактических внешних статических и динамических нагрузок; проверка соответствия напряженно-деформируемого состояния расчетным данным; определение количественных показателей надежности узлов и деталей машины при различных режимах работы [7].

2. Тензометрическая система измерения, для экспериментального исследования кривошипного пресса

В Институте механики и машиноведения г. Алматы разработана тензометрическая система измерения (ТСИ), для экспериментального исследования механизмов, машин, роботов. ТСИ построена на базе интеллектуальные цифровых датчиков серии ZETSENSOR с интерфейсом CAN, производства компании «Электронные технологии и метрологические системы» (ZETLAB) [8]. ZETSENSOR - семейство интеллектуальных миниатюрных и простых в применении устройств, разработанных для встраивания в корпуса всевозможных датчиков. централизованных схем измерений [8]. ТСИ позволяет осуществить замеры следующих параметров: перемещение, силы, деформации и напряжения в звеньях механизмов, машин и роботов. Сигналы с тензодатчиков и тензорезисторов обрабатываются измерительными модулями ZET 7111, которые передают измеренные значения через шину CAN 2.0 преобразователю интерфейса ZET 7174 и далее к компьютеру по интерфейсу USB 2.0.

Цифровые датчики с интерфейсом CAN 2.0 подключаются последовательно. При помощи интерфейса ZET 7174 измерительная цепочка из цифровых датчиков, подключается к компьютеру. На рисунке 1 показана ТСИ, построенная на базе интеллектуальные цифровых датчиков серии ZET 7111 с преобразователь интерфейса ZET 7174.

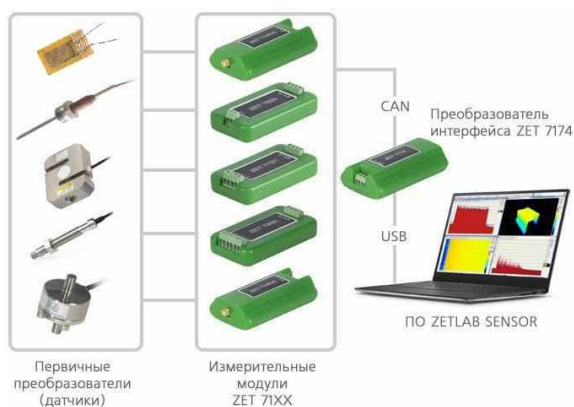


Рисунок 1. ТСИ на базе ZET 7111 с интерфейсом ZET 7174

3. Экспериментальное исследование кривошипного пресса

Разработанная ТСИ применялась для экспериментального исследования кривошипного пресса. Испытания проведены на кривошипном прессе JB23-10Т со следующими характеристиками: номинальное усилие -100 кН; ход под номинальным усилием – 4 мм; ход ползуна 50 мм; количество ходов - $1 \div 145 \text{ мин}^{-1}$; скорость электродвигателя – 960 об/мин; мощность электродвигателя -1.5 кВт.

На рисунке 4 показан стенд для экспериментального исследования кривошипного пресса построена на базе ТСИ. Стенд позволяет осуществить замеры напряжений в шатуне и ползуне кривошипного пресса. Для измерения напряжений в шатуне и ползуне кривошипного пресса, в качестве первичных преобразователей, применяются фольговые тензорезисторы. Тензорезисторы наклеиваются на шатун и ползун исполнительного механизма кривошипного пресса, в которых необходимо определить напряжения возникающие в процессе работы. Эти сигналы обрабатываются ТСИ.



Рисунок 2. Стенд для экспериментального исследования кривошипного пресса

3.1 Результаты экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводились на кривошипном прессе при следующих параметрах: мощность двигателя 1.8 кВт, скорость вращения кривошипа 150 об/мин. Осуществлялась вырубка штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм и 1.6 мм. Операция вырубки проводилась на одиночном ходе кривошипного пресса.

Для измерения скорости вращения кривошипа использовался датчик измерения оборотов UT372 (рисунок 3).



Рисунок 3. Датчик измерения оборотов UT372

1) Для определения напряжения в шатуне кривошипного пресса на него был наклеен тензорезистор (рисунок 2). Размер сечения шатуна в месте наклейки тензорезистора 6.5х6.5 см.

На рисунке 4 показан экспериментальный график напряжения в сечении шатуна при вырубки штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм. Максимальное напряжение при вырубки равно $P = 4.95$ МПа. Площадь сечения шатуна в месте измерения равна $4.225 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, тогда сила в данном сечении равна $F_{\text{ш}}^{\text{max}} = 20914$ Н. Вырубка отверстия в стальном листе происходит в окрестности нижней мертвой точки и максимальная сила на ползуне F_n^{max} приблизительно равна максимальной силе в сечении шатуна $F_{\text{ш}}^{\text{max}}$ т.е. $F_n^{\text{max}} \approx F_{\text{ш}}^{\text{max}} = 20914$ Н.

На рисунке 5 показан экспериментальный график напряжения в сечении шатуна при вырубки штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 1.6 мм. Максимальное напряжение при вырубки равно $P = 12.75$ МПа. Площадь сечения шатуна в месте измерения равна $4.225 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, тогда сила в данном сечении равна $F_{\text{ш}}^{\text{max}} = 53869$ Н. Вырубка отверстия в стальном листе происходит в окрестности нижней мертвой точки и максимальная сила на ползуне F_n^{max} приблизительно равна максимальной силе в сечении шатуна $F_{\text{ш}}^{\text{max}}$ т.е. $F_n^{\text{max}} \approx F_{\text{ш}}^{\text{max}} = 53869$ Н.

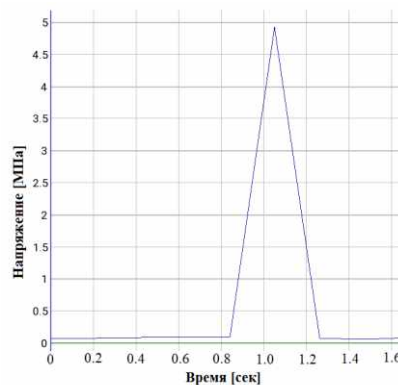


Рисунок 4. Экспериментальный график напряжения в сечении шатуна при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм

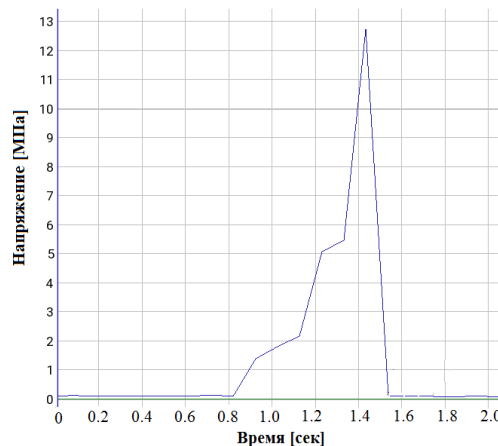


Рисунок 5. Экспериментальный график напряжения в сечении шатуна при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 1.6 мм

При увеличении толщины стального листа с 0.8 мм до 1.6 мм, сила необходимая для вырубке штампом кривошипного прессы отверстия диаметром 11 увеличивается в 2.58 раз.

2) Для определения реакции в направляющих ползуна кривошипного прессы, на ползун перпендикулярно был наклеен тензорезистор (рисунок 2) перпендикулярно направлению его движения. Размер сечения ползуна в месте наклейки тензорезистора 14.5x14.5 см.

На рисунке 6 показан экспериментальный график напряжения в направляющих ползуна кривошипного прессы при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм. Максимальное напряжение при вырубке равно $P = 0.141$ МПа. Площадь сечения ползуна в месте измерения равна 0.021 м², тогда сила в данном сечении равна $F_t^{max} = 2961$ Н. Считается, что данная сила равна

максимальной реакции R_t^{max} со стороны направляющих ползуна кривошипного пресса.

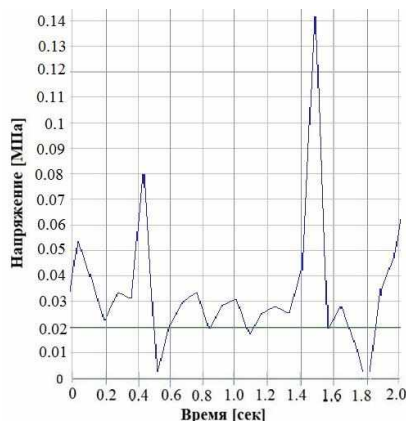


Рисунок 6. Экспериментальный график напряжения в направляющих ползуна кривошипного пресса при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм

По сравнению с максимальной силой на ползуне $F_n^{max} = 20914$ Н необходимой для вырубке отверстия в стальном листе диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм, максимальная реакция $R_t^{max} = 2961$ Н со стороны направляющих ползуна кривошипного пресса составляет 14.2% от максимальной силы на ползуне.

На рисунке 7 показан экспериментальный график напряжения в направляющих ползуна кривошипного пресса при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 1.6 мм. Максимальное напряжение при вырубке равно $P = 0.305$ МПа. Площадь сечения ползуна в месте измерения равна 0.021 м², тогда сила в данном сечении равна $F_t^{max} = 6405$ Н. Считается, что данная сила равна максимальной реакции R_t^{max} со стороны направляющих ползуна кривошипного пресса.

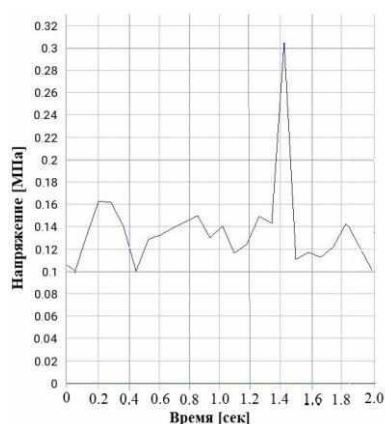


Рисунок 7. Экспериментальный график напряжения в направляющих ползуна кривошипного пресса при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 1.6 мм

По сравнению с максимальной силой на ползуне $F_n^{max} = 53869$ Н необходимой для вырубке отверстия в стальном листе диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм, максимальная реакция $R_t^{max} = 6405$ Н со стороны направляющих ползуна кривошипного пресса составляет 11.2% от максимальной силы на ползуне. При увеличении толщины стального листа с 0.8 мм до 1.6 мм, максимальная реакция R_t^{max} со стороны направляющих ползуна кривошипного пресса, при вырубке штампом кривошипного пресса отверстия диаметром 11, увеличивается в 2.16 раз.

Выводы

Разработана тензометрическая система измерения на базе интеллектуальных цифровых датчиков, для экспериментального исследования кривошипного пресса. Система измерения позволяет определить перемещения, силы, деформации и напряжения в звеньях кривошипного пресса. Алгоритм обработки информации, и визуализация измеренных сигналов осуществляется при помощи программного обеспечения ZETLAB SENSOR. Важным преимуществом тензометрической системы измерения является удобство использования, без сложных настроек и конфигураций и самое главное мобильность и простоту монтажа датчиков. Тензометрическая система измерения применялась для экспериментального исследования кривошипного пресса, и подтвердила простоту и удобство ее использования для динамических измерений. Экспериментальные исследования кривошипного пресса показали, что максимальное значение реакции на направляющих ползуна может достигать 14.2% от максимальной силы на ползуне. Определено, что при увеличении толщины стального листа с 0.8 мм до 1.6 мм, сила необходимая для вырубке штампом кривошипного пресса отверстия диаметром 11 увеличивается в 2.58 раз.

Литература:

1. Hoffman K. An Introduction to Measurements using Strain Gauges, HBM GmbH, Darmstadt, 1989,
2. Richard S. F, Donald E. B. Theory and Design for Mechanical Measurements, 5th ed. 3. John Wiley & Sons, Inc. Chapter 11: pp. 466, 2011.
4. Karl H. An Introduction to Measurements using strain gauges, Germany: Druckerei Drach Press, Alsbach. Pp.1-32, 1987.
5. Hannah R. L., Reed S. E. The Strain Gage Users' Handbook, Elsevier Applied Science, London and New York, 1992.
6. Hoffmann K. Applying the Wheatstone bridge circuit HBM Company, 2001.
7. Макаров М. А. Тензометрия в машиностроении. Справочное пособие. - М., Машиностроение, 1975. - 288 с.
8. Kyowa Electronic Instruments Co. Ltd., 2016 Introduction to Strain Gages Сайт компании ZETLAB - URL: <http://www.zetlab.com> (01.03.2023).