

Введение В различных отраслях техники в т.ч. и в практике исследования рабочих процессов землеройных, строительных и дорожных машин, бурового оборудования часто приходится измерять такие величины как вес, давление, силы, действующие на рабочий орган, силы сопротивления передвижению, силы сопротивления копанию, резанию и т.д. Для этого конструируются промежуточные чувствительные тензометрические элементы с размещаемыми на них по определенным схемам тензометрическими датчиками сопротивления, соединенными в блоки мостом или полумостом [1]. В основе работы тензодатчиков, лежит явление тензоэффекта, заключающееся в изменении активного сопротивления проводников при их механической деформации. Перед проведением экспериментальных замеров производят поверку или тарировку тензометрических элементов. Тарировка тензоэлементов необходима для лабораторной обработки диаграмм усилий и определения действительного значения величин, записанных на регистрирующем устройстве, т.е. для определения масштаба записанной величины на диаграмме. Запись, хранение и обработка значений усилий может осуществляться измерительным комплексом (ИК), компонентами которого, кроме тензоэлемента являются тензометрический усилитель, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), программный продукт, обеспечивающий работу АЦП и персональный компьютер с монитором [5, 6]. Для реализации наиболее простого и точного метода поверки, называемого эталонным, используют эталонные грузы, динамометры растяжения, динамометры сжатия, прессы, имеющие силоизмерительную шкалу и т.п. Тарировка осуществляется при помощи нагружающего устройства, обеспечивающего последовательное ступенчатое нагружение тензоэлемента в статическом режиме до определенной величины и последующую ступенчатую его разгрузку. Заданная в системных единицах силы величина шага нагружения и разгрузки контролируется при помощи эталонного прибора. Тензоэлемент, эталонный прибор и нагружающее устройство должны быть собраны в единую кинематическую цепь (КЦ). Определенную сложность для исследователей представляет создание специальных устройств для размещения этой кинематической цепи. Данная задача дополнительно осложняется тем, что программой исследований зачастую предполагается одновременное измерение нескольких составляющих контролируемого усилия, например, горизонтальной, боковой и вертикальной [6]. В этом случае, тензоэлемент, оснащенный тремя блоками тензодатчиков необходимо протарировать по каждой из трех составляющих. Для тарировки одного и того же тензоэлемента по разным составляющим исследователям приходится разрабатывать специальные тарировочные устройства или приспособлять для этих целей известное в технике оборудование, например, прессы, динамометрические ключи и т.п. [2 – 6]. При этом в зависимости от направления приложения нагрузки к тензоэлементу необходимо использовать и различные эталонные приборы,

например, для тарировки вертикальной составляющей – динамометр сжатия, для тарировки горизонтальной составляющей – динамометр растяжения [3]. Сказанное свидетельствует о том, что тарировка тензоэлемента, являющаяся лишь одним из подготовительных этапов экспериментальных исследований, зачастую требует значительных затрат труда и времени. Экспериментальная часть При выполнении работ по исследованию процессов взаимодействия дискового режущего инструмента со льдом при его механическом разрушении [6], авторами использован лабораторный стенд [7], оснащенный тензоэлементом (рис. 1), представляющим собой полую балку 1 закрепленную шпильками 2 между двумя щеками 3 и 4. К балке 1 снизу, четырьмя болтами крепится кронштейн 5, в котором на валу 6 устанавливается режущий инструмент 7. На балку 1 наклеены проволочные тензодатчики сопротивления. Тензоэлемент в составе ИК обеспечивает измерение горизонтальной, вертикальной и боковой составляющих усилия резания льда дисковым режущим инструментом. Для тарировки тензоэлемента по каждой из составляющих усилия резания разработан и изготовлен специальный поверочный стенд, конструкция которого, обеспечивает размещение и фиксацию элементов КЦ. Рис. 1 - Тензоэлемент лабораторного стенда: 1 – полая балка; 2 – шпильки; 3, 4 – щеки; 5 – кронштейн; 6 – вал; 7 – режущий инструмент; ВП – направление подачи тензоэлемента

Тензоэлемент может быть закреплен на раме данного стенда в трех пространственных положениях, в каждом из которых, нагружающим устройством обеспечивается нагружение тензоэлемента в направлении действия одной из трех соответствующих составляющих усилия резания, а также последующая разгрузка. В качестве эталонного прибора использован динамометр растяжения ДПУ-500. В качестве нагружающего устройства – талреп 0,8 ГУ – ОШ ГОСТ 9690 – 71. Для крепления элементов КЦ на раме поверочного стенда предусмотрен комплект крепежных деталей и соединительных элементов. Поверочный стенд (рис. 2) включает раму, состоящую из опоры 1, стойки 2, балки 3, выполненных из швеллера № 10, а также укосин 4. На боковых полках швеллера в нижней части стойки 2 и передней части балки 3 выполнены отверстия 5 и 6. На горизонтальных поверхностях опоры 1 и балки 3 выполнены отверстия 7 и 8, расположенные на одной оси. Тензоэлемент 9 (рис. 2а) с закрепленным на нем кронштейном 10 посредством пластин 11 и шпилек 12, установленных в отверстиях 5 и отверстиях несущей плиты 13 тензоэлемента жестко крепится на стойке 2. На свободном конце балки 3 снизу посредством болта 16 вставленного в отверстие 8 и зафиксированного гайкой, закреплена вилка 17, в отверстиях которой установлен болт 18, продетый через верхнюю серьгу 19, несущую динамометр 20. Нижняя серьга 21 динамометра 20 посредством шарнирного переходника 22 и двух болтов с гайками, соединяет динамометр 20 с ушком талрепа 23, как 24 которого находится в зацеплении со стержнем 25, вставленным в отверстия

кронштейна 10. а б в Рис. 2 - Размещение элементов КЦ на поверочном стенде: а – при тарировке горизонтальной составляющей усилия резания; б – при тарировке вертикальной составляющей усилия резания; в - при тарировке боковой составляющей усилия резания Для тарировки горизонтальной составляющей усилия резания все компоненты стенда размещаются на его раме в порядке, описанном выше (рис. 2а). При этом все элементы КЦ располагаются вдоль линии действия горизонтальной составляющей усилия резания, приведенной к оси вращения режущего инструмента, при испытаниях размещаемого на валу в отверстиях кронштейна 10. Для тарировки вертикальной составляющей усилия резания (рис. 2б), вилка 17 устанавливается на опоре 1 и крепится посредством болта 16, вставленного в отверстие 7 и зафиксированного гайкой. Тензоэлемент 9 с закрепленным на нем кронштейном 10 устанавливается несущей плитой 13 на горизонтальной поверхности балки 3 и жестко крепится на ней посредством пластин 11 и шпилек 12, установленных в отверстиях 6 и отверстиях несущей плиты 13. На свободных концах стержня 25 вставленного в отверстия кронштейна 10 навешаны тяги 26 и 27 имеющие на нижних концах отверстия, в которые вставлен стержень 28 находящийся в зацеплении с гаком 24 талрепа 23. На поверхности стержней 25 и 28 для предотвращения их осевого смещения, соскальзывания тяг 26 и 27 и смещения гака 24 талрепа 23 выполнены кольцевые проточки соответствующей ширины (на чертеже не показаны). Ушко талрепа 23 посредством шарнирного переходника 22 и двух болтов с гайками соединено с верхней серьгой 19, несущей динамометр 20. Нижняя серьга 21 посредством продетого через нее болта 18 соединена с вилкой 17. Таким образом, все элементы КЦ располагаются вдоль линии действия вертикальной составляющей нагружающего усилия, приведенной к оси вращения режущего инструмента. Для тарировки боковой составляющей усилия резания (рис. 2в) тензоэлемент 9 с закрепленным на нем кронштейном 10 посредством двух шпилек 12, установленных в отверстиях несущей плиты 13 и отверстиях дополнительных кронштейнов 29 жестко крепится в нижней части стойки 2 рамы поверочного стенда, при этом ось отверстий в кронштейне 10 совпадает с осью отверстий 7 и 8. Вилка 17, динамометр 20 и талреп 23 размещены на раме в порядке аналогичном порядку, описанному для тарировки горизонтальной составляющей усилия резания. В нижнем резьбовом отверстии муфты талрепа 23 вместо гака 24 установлена шпилька 30 пропущенная через отверстия кронштейна 10 и зафиксированная снизу гайкой 31 упирающейся в шайбу 32. Таким образом, все элементы КЦ располагаются вдоль линии действия боковой составляющей усилия резания, приведенной к оси вращения режущего инструмента. Во всех трех случаях, пошаговое ступенчатое нагружение тензоэлемента до заданной величины и последующая его ступенчатая разгрузка с тем же шагом осуществляются вращением муфты талрепа 23 в соответствующем направлении. Величина шага

нагрузки и разгрузки контролируется по показаниям динамометра 20. Запись значений усилий на тензоэлементе, задаваемых при помощи нагружающего устройства осуществляется ИК. Конструкция поверочного стенда позволяет произвести поверку тензоэлемента по трем составляющим усилия резания с минимальными затратами труда и времени, используя только один эталонный прибор.