

**СЕКЦИЯ «ПРИМЕНЕНИЕ САПР В ЭЛЕКТРОНИКЕ, ФИЗИКЕ,  
РАДИОТЕХНИКЕ И СОВРЕМЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

**APPLICATION OF CAD IN ELECTRONICS, PHYSICS, RADIO  
ENGINEERING AND MODERN INDUSTRY**

DOI: 10.30987/conferencearticle\_5e02820f7a1754.59263377

УДК 681.5.08; 658.562.47

П.А. Акулов, Д.И. Петрешин

(г. Брянск, Брянский государственный технический университет)

А.Д. Сырых (г. Брянск, ООО «КОНСТРУКТОР»)

P.A. Akulov, D.I. Petreshin (Bryansk, Bryansk State Technical University)

A.D. Syrykh (Bryansk, LLC "CONSTRUCTOR")

**НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЕНСИРУЮЩЕГО  
МЕХАНИЗМА В КОНСТРУКЦИИ УСТАНОВКИ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛ  
СОЧЛЕНЕНИЯ-РАСЧЛЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ**

**THE NECESSITY OF APPLICATION OF THE COMPENSATING MECHANISM  
IN THE CONSTRUCTION OF THE AUTOMATED SYSTEM FOR MEASURING  
FORCES OF JOINT AND DISJOINT OF ELECTRICAL CONNECTORS**

*Приведен расчет деформации тензометрического датчика одноточечного типа (Single Point). Обоснована необходимость применения компенсирующего механизма для автоматизированной установки измерения сил сочленения и расчленения электрических соединителей. Разработан механизм, позволяющий передавать во время проведения испытаний тензодатчику силу с учетом его деформации.*

*The calculation of deformation of Single point load cell is given. The necessity of using the compensating mechanism of automated system for measure forces of joint and disjoint of electrical connectors is substantiated. The mechanism has been developed that allows transmitting force to the load cell during testing, taking into account its deformation.*

*Ключевые слова: электрический соединитель, измерительная система, испытания, сила сочленения, сила расчленения.*

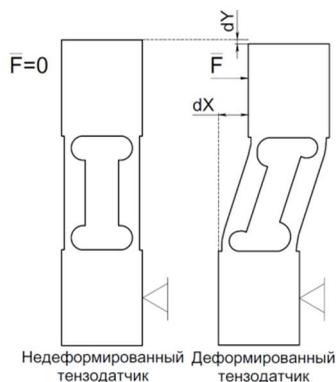
*Keywords: electrical connectors, measuring system, tests, force of joint, force of disjoint.*

В работах [1–3] описана работа установки для автоматического измерения силы сочленения и расчленения электрических соединителей по методике, указанной в соответствующих нормативных документах [4]. Данная установка в своем составе имеет две базовые плиты, одна из которых (подвижная) обеспечивает перемещение испытуемой вилки относительно розетки (или наоборот), а вторая (неподвижная) связана с тензометрическим датчиком, регистрирующим силу сочленения–расчленения. Обе базовые плиты размещены на общих направляющих, что обеспечивает высокую

точность относительного позиционирования плит. Однако следует отметить, что обозначение плиты, связанной с тензодатчиком, как «неподвижной» не совсем корректно, т.к. при приложении силы к тензометрическому датчику, он испытывает деформацию, которая в свою очередь и приводит к появлению сигнала разбалансировки тензометрического моста, и, следовательно, указанная плита смещается из исходного положения на величину деформации тензодатчика. С учетом того, что вышеописанная плита имеет только одну степень свободы (перемещение вдоль оси сочленения–расчленения соединителей), то присоединительный узел плиты с тензодатчиком требует тщательной конструкторской проработки, т.к. он должен обеспечить передачу силы, возникающей при сочленении и расчленении испытываемых электрических соединителей к деформируемому датчику без искажений и ограничений.

В связи с тем, что в выбранном диапазоне регистрируемых сил (0,98–490 Н) используется только одна из возможных конструкций тензометрических датчиков – так называемых тензодатчиков одноточечного типа (англ. – «Single Point»), то ограничимся рассмотрением схемы деформации (рис. 1) только этого типа датчиков [5].

Расчет деформации тензометрического датчика, выполненный в среде САПР SolidWorks, показывает, что при прикладывании силы по оси сочленения–расчленения в тензодатчике кроме деформации  $dX$  возникает так же деформация в перпендикулярном направлении ( $dY$ ).



*Рис. 1. Схема деформации тензодатчика типа Single Point*

При необходимости смещение  $dX$  может компенсироваться дополнительным перемещением неподвижной плиты по направляющим. Но, в случае «жесткого» крепления тензометрического датчика к неподвижной плите деформацию  $dY$  скомпенсировать нельзя. Кроме того, в таком случае, зарегистрированная во время проведения испытаний сила, будет отлична от реальной за счет сужения диапазона деформаций  $dX$  и  $dY$ . Соответственно, для того, чтобы

обеспечить высокую точность при регистрации действительных значений сил, возникающих при сочленении и расчленении электрических соединителей необходимо обеспечить еще одну степень свободы по оси  $Y$  (компенсировать  $dY$ ). Это возможно благодаря применению в конструкции крепления неподвижной плиты с тензодатчиком компенсирующего механизма.

Итак, данный механизм должен:

- компенсировать деформацию тензодатчика по осям X и Y за счет смещения некоторого подвижного элемента на величину  $dX$  и  $dY$ ;
- не вносить дополнительных погрешностей на результаты измерения и погрешности при перемещении базовых плит, т.е. все шарнирные соединения должны быть практически беззазорными.

В качестве механизма, способного выполнять описанные ранее функции, могут быть применены стандартные шарнирные наконечники (рис. 2), однако с целью минимизации размеров измерительной установки [1–3] необходима разработка собственной конструкции.



а) б)  
 Рис. 2. Внешний вид стандартных шарнирных наконечников: а – шаровой шарнир модели POS; б – шаровой шарнир модели GY

По мнению авторов данной статьи наиболее простым решением в данном случае является использование трехзвенного шарнирного механизма, соединенного осями. При этом компенсация деформации тензодатчика на величину  $dX$  и  $dY$  будет осуществляться за счет поворота кулисы

и ответной части тензодатчика на определенный угол. На рис. 3 представлена схема работы разработанного кулисного механизма, а на рис. 4 – его конструкция. Все элементы данного компенсирующего узла должны быть выполнены из легированной термообработанной стали необходимой твердости с обеспечением требуемых конструкторской документацией параметров качества рабочих поверхностей, воспринимающих основные нагрузки в процессе проведения испытаний электрических соединителей.

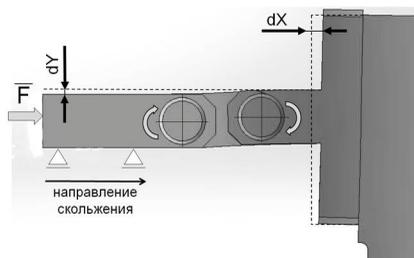


Рис. 3. Разработанный кулисный механизм со схемой отклонений, вызванных деформацией тензодатчика

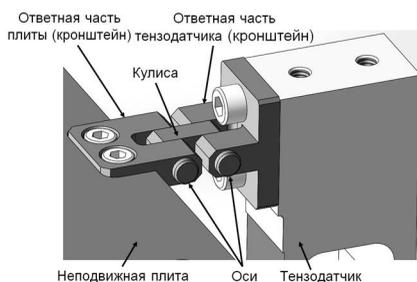
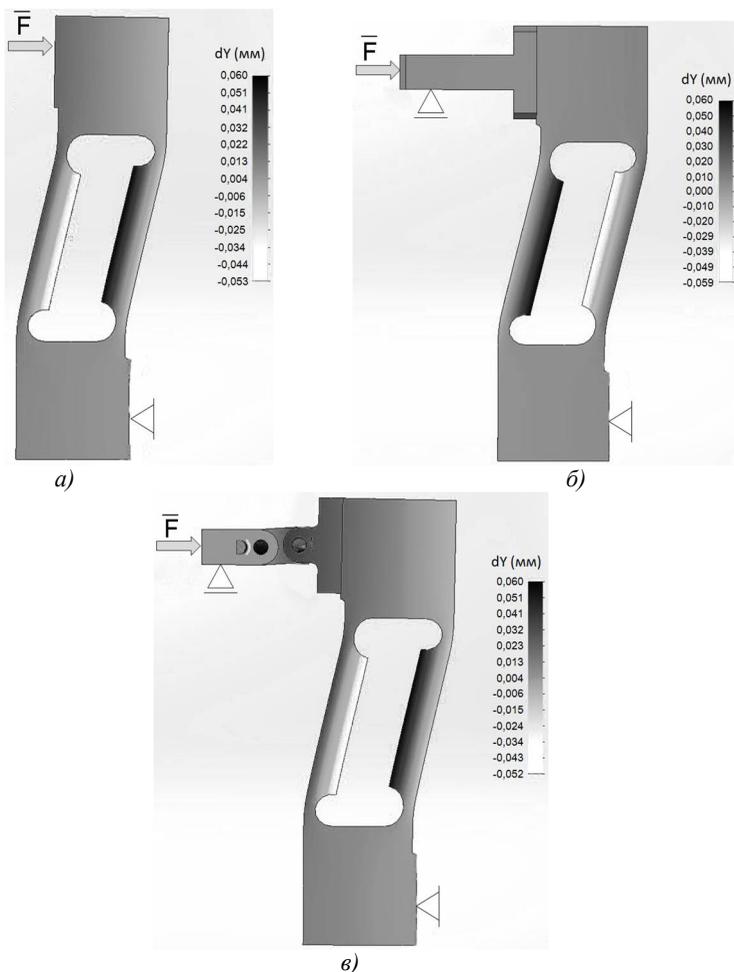


Рис. 4. Конструкция кулисного механизма

На следующем рисунке представлены результаты моделирования деформации по оси Y в САПР SolidWorks с приложением силы  $F=480$  (Н) для различных вариантов крепления тензодатчика.

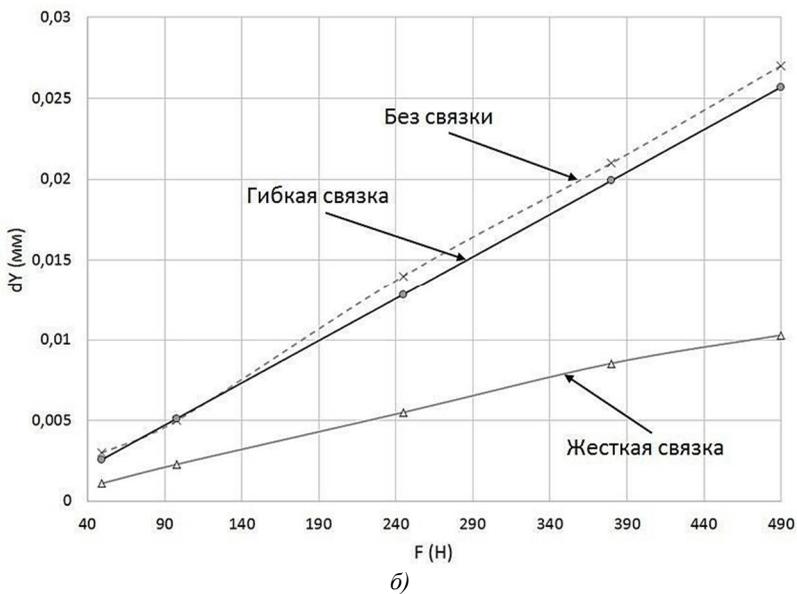
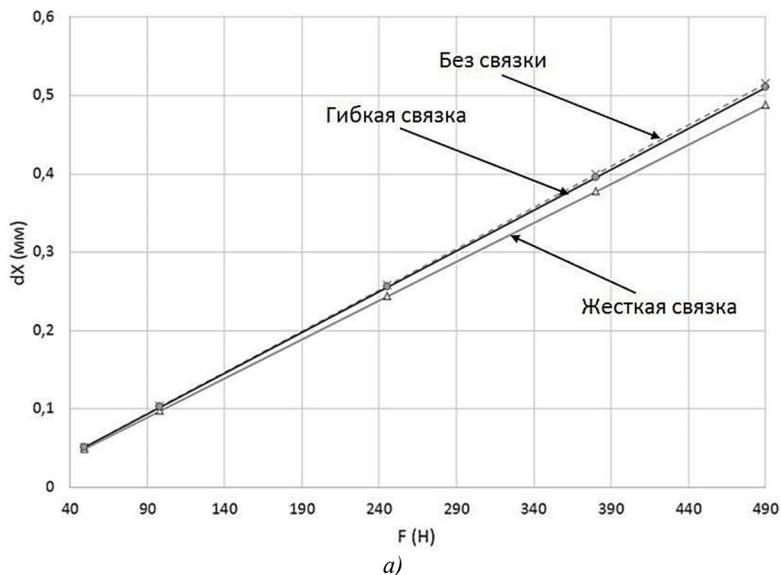


*Рис. 5. Результаты моделирования смещения  $dY$  для тензодатчика: а – без узла крепления с неподвижной плитой (свободный конец, воспринимающий силу); б – с применением однозвенного кронштейна (жесткая связка); в – с применением трехзвенного компенсирующего механизма (гибкая связка)*

Для определения влияния конструкции узла крепления неподвижной плиты с тензодатчиком на результаты проводимых испытаний были построены графики (рис. 6) зависимости смещения  $dX$ ,  $dY$ , а так же величины полной деформации ESTRN (которая прямопропорциональна величине изменения сопротивления тензорезисторов, а, следовательно, и значению регистрируемой силы) от величины прикладываемой силы  $F$ .

Анализ полученных данных показывает, что погрешность регистрируемой силы с применением в конструкции вышеописанной

автоматизированной установки компенсирующего механизма будет составлять 1 % относительно идеализированной ситуации, когда второй конец тензодатчика (воспринимающий силу) не закреплен. В то время как в случае «жесткого» типа крепления погрешность составляет 18 %.



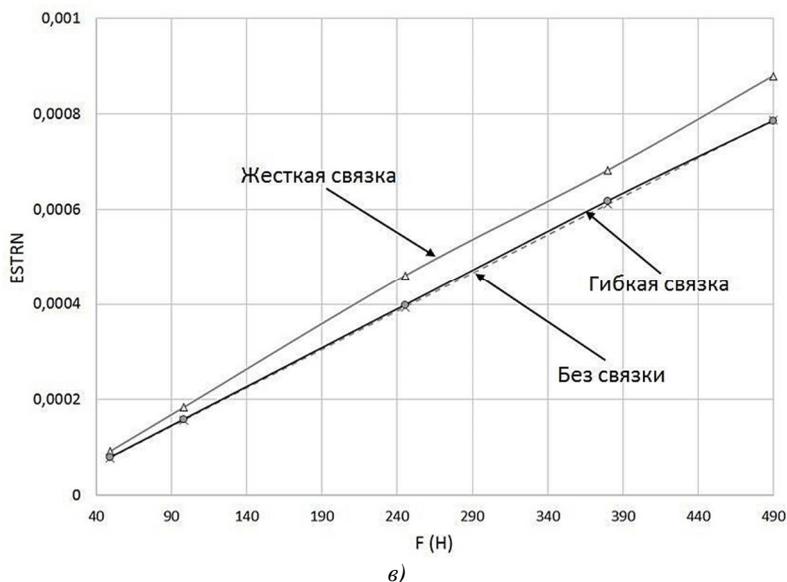


Рис. 6. Влияние типа крепления тензодатчика с неподвижной плитой на результаты проводимых испытаний: а – график зависимости смещения  $dX$  от  $F$ ; б – график зависимости смещения  $dY$  от  $F$ ; в – график зависимости деформации  $ESTRN$  от  $F$

Таким образом, была обоснована необходимость применения специализированного устройства, способного компенсировать величину деформации тензометрического датчика по осям  $X$  и  $Y$ . Кроме того, была разработана конструкция кулисного механизма, обеспечивающего проведение испытаний электрических соединителей на автоматизированной установке [1–3] с высокой точностью при значениях регистрируемой силы сочленения–расчленения до 490 Н.

### Список литературы

1. Акулов, П.А. Автоматизация испытаний электрических соединителей / П.А. Акулов, Д.И. Петрешин, А.Д. Сырых // Автоматизация и измерения в машиноприборостроении. – 2018. – № 3 (2018). – С. 100–106.
2. Акулов, П.А. Автоматизированная установка контроля усилия сочленения и расчленения электрического соединителя / П.А. Акулов, А.Д. Сырых // Автоматизация в промышленности. – 2019. – № 1. – С. 48–51.
3. Патент РФ № 177529. Установка для измерения усилия сочленения и расчленения соединителей / Сырых А.Д., Акулов П.А.; заявка 2017130135, 25.08.2017.
4. ГОСТ 23784-98. Соединители низкочастотные низковольтные и комбинированные. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск: ЗАО «Эрбуни», 2003. – 24 с.
5. Датчик L6N. Технические характеристики / Zemic. – URL: <http://www.zemic.ru/catalog/rasd1/detail.php?ID=1156> (дата обращения 10.09.2019).

Материал поступил в редколлегию 11.10.19.