

А. Б. Смирнов, И. А. Крушинский

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СХВАТА С РЕЗОНАНСНЫМ ОЧУВСТВЛЕНИЕМ И МИКРОПОЗИЦИОНИРОВАНИЕМ

Рассмотрен миниатюрный пьезоэлектрический схват, позволяющий осуществлять микропозиционирование захватываемых объектов и имеющий ощущение без дополнительных датчиков. Показана возможность применения схвата в составе экспериментального стенда для проведения лабораторных работ. Экспериментально определена зависимость микропозиционирования от управляющего электрического напряжения и исследован метод очувствления схвата путем включения пальца схвата в режиме датчика.

Ключевые слова: пьезоэлектрический схват, биморфный пьезоэлектрический актюатор, микропозиционирование, очувствление, экспериментальный стенд.

Существующие типы схватов — электромеханические, гидравлические, пневматические — предназначены и, как правило, специально разработаны для решения конкретных задач. Однако многие из этих схватов имеют большие размеры и массу, что делает их непригодными для использования в составе микроманипуляторов и мобильных микророботов. Отсутствие адекватных микроманипуляционных систем для широкого спектра задач — от высокоточного монтажа микрокомпонентов в радиоэлектронике до сборки микромеханических устройств — послужило основанием для проведения исследования, результаты которого представлены в настоящей статье.

Для сборки и монтажа микроустройств необходимы микроманипуляторы и микрозахватные устройства, позволяющие обеспечить высокую точность и надежность позиционирования микродеталей. Для решения этих задач разработан пьезоэлектрический схват [1], конструкция которого представлена на рис.1, а. Благодаря изменению управляющего напряжения на пьезоэлектрических пальцах схвата, можно реализовать точные перемещения захваченной детали, не применяя дополнительный привод.

Для изготовления схвата были использованы два биморфных пьезоэлектрических актюатора (БПА), расположенные параллельно и соединенные с несущей алюминиевой консолью. В экспериментальной модели (рис. 1, б) несущая консоль установлена на неподвижную платформу, в рабочих же образцах она должна быть установлена на манипулятор (см. рис. 2).

Технические характеристики пьезоэлектрического схвата, в котором использованы два БПА фирмы ЭЛПА (Москва), представлены ниже.

Размеры биморфа, мм.....	35×2,5×0,6
Масса биморфа, г.....	0,5
Емкость, нФ.....	13
Управляющее напряжение, В.....	±100
Прогиб конца каждого пальца, мм.....	±0,5
Рабочая длина пальца, мм.....	28
Максимальное усилие, Н.....	0,12
Расстояние между пальцами, мм.....	2,25
Масса схвата, г.....	2

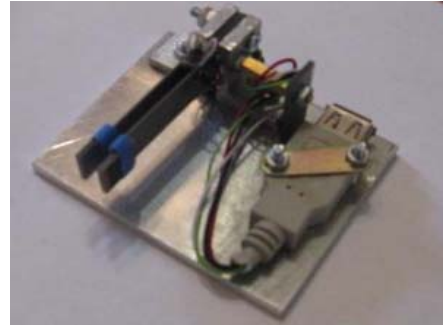
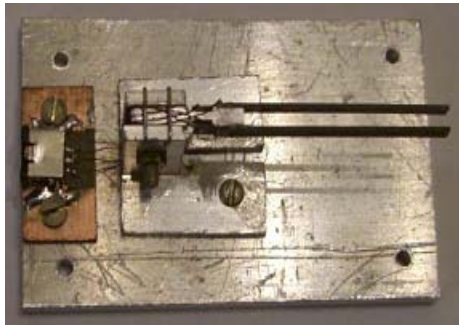
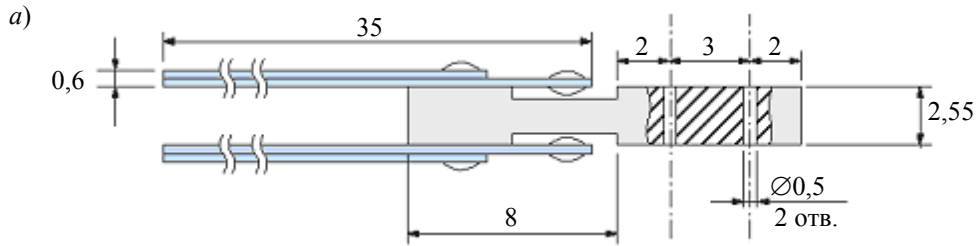


Рис. 1

Концепция использования пьезоэлектрического схвата для микропозиционирования детали схематически показана на рис. 2: грубые перемещения реализуются манипулятором, а точные микроперемещения детали при установке ее на точку монтирования осуществляются схватом. В зависимости от соотношения напряжений, подаваемых на пальцы схвата, деталь может быть зажата по оси схвата, либо смещена в схвате влево или вправо от нее. Для контроля микроперемещений предлагается использовать видеокамеру.

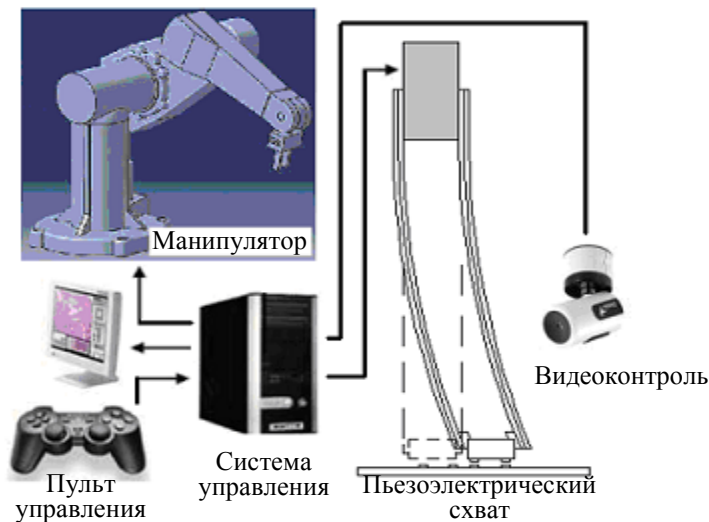


Рис. 2

Для проведения исследований был собран лабораторный стенд (рис. 3), состоящий из следующих основных частей:

- блок питания Б5-60 на 140 В;
- двухканальный блок управления напряжением;
- микроскоп МБС-10 с подсветкой;
- видеокамера: микротеленасадка МТН-222 для микроскопа МБС-10;
- монитор аналоговый черно-белый для микроскопа МБС-10;
- 2 мультиметра DT-830В;
- пьезоэлектрический микросхват;
- двухканальный USB PC осциллограф PCSU 1000 (на рисунке не показан).

Необходимо отметить, что при проведении экспериментов к стенду подключался пьезоэлектрический микросхват (рис. 1, б), а при проведении лабораторных работ следует использовать более крупный пьезосхват (рис. 1, в).

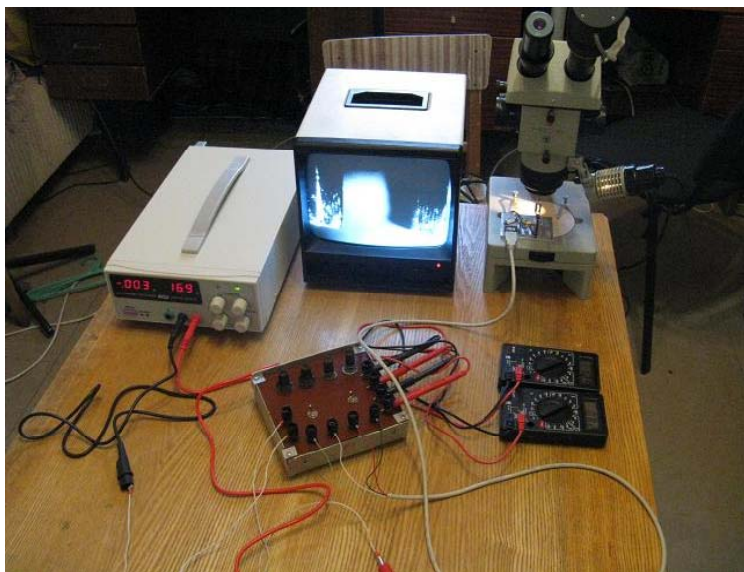


Рис. 3

В ходе эксперимента схват устанавливался в фокус микроскопа, затем подключался к устройству управления напряжением и блоку питания. При подаче напряжения на пальцы схвата они изгибаются, и на экране монитора отображаются перемещения концов пальцев схвата. Для измерения величины их перемещения используется штангенциркуль при известной кратности микроскопа и видеокамеры.

Описание процесса микропозиционирования детали с помощью схвата приведено в работе [1]. В начальный момент при захвате детали схват подводится к ней таким образом, чтобы между губками схвата и деталью оставался зазор примерно 0,25 мм. Далее, подается одинаковое напряжение 70 В на оба БПА, в результате чего они изгибаются навстречу друг другу и деталь зажимается. Изменяя по отдельности напряжение на каждой губке, добиваются перемещения центра детали относительно корпуса схвата в ту или иную сторону. Математическая модель, описывающая процесс микропозиционирования детали с помощью схвата, приведена в работе [2].

График зависимости величины (L) микроперемещения детали, зажатой в схвате, от разности напряжений питания (ΔU) на пальцах схвата приведен на рис. 4.

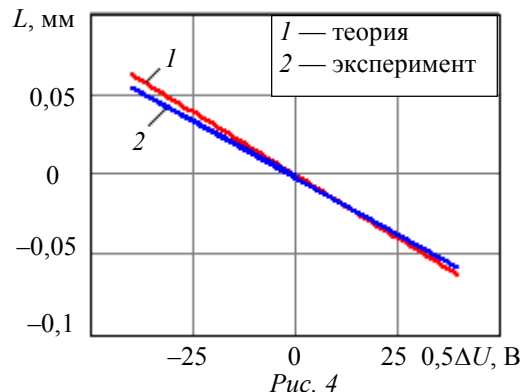


Рис. 4

Анализ графика показывает, что расчетная линия 1 имеет больший угол наклона, чем экспериментальная кривая 2, и при максимальной разности напряжений расхождение кривых составляет 10 %, а при минимальной разности — 2 %. Погрешность микропозиционирования можно объяснить неточностью экспериментальных измерений и неучтенными параметрами математической модели [2].

Для пьезосхвата, который служит рабочим органом автоматической системы для установки микрокомпонентов на печатные платы, необходимо знать момент захвата детали.

В исследуемом схвате используются БПА, в которых проявляется как прямой, так и обратный пьезоэффект, поэтому для очувствления схвата авторами предложена следующая схема включения — один из пальцев схвата включается в качестве привода, а второй выполняет роль датчика. Затем измеряются амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и показания датчика при колебании пальца привода в схвате с деталью и без нее. Для определения возможности очувствления и оценки быстродействия схвата важно на начальном этапе исследовать АЧХ свободных пальцев схвата и при микропозиционировании зажатой в схвате детали [3]. Эксперимент по частотному резонансному очувствлению схвата описан в работе [4], а теоретические расчеты для построения АЧХ схвата до захвата детали и после него приведены в работе [1]. Соответствующие графики представлены на рис. 5.

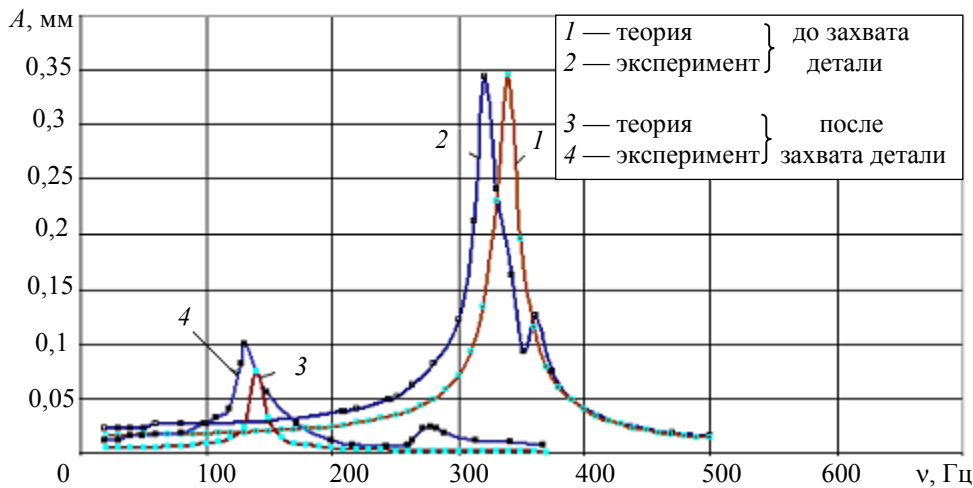


Рис. 5

Из анализа графиков следует, что при захвате детали резонансная частота ν уменьшается, локальный минимум расширяется и перемещается в интервале частот от 200 до 250 Гц. Амплитуда A резонансных колебаний уменьшается в 3,5 раза. Таким образом, по смещению резонансной частоты и уменьшению амплитуды колебаний можно судить о наличии детали в схвате.

Для схемы, в которой один палец схвата включен в режиме привода колебаний, а второй — в режиме датчика, получены теоретические [1] и экспериментальные [4] графики показаний ЭДС E пальца датчика (рис. 6).

Данные об относительной погрешности δ расчетных (ν_p) и экспериментальных (ν_s) значений частоты резонанса для привода и датчика приведены в таблице.

Сравнение графиков (см. рис. 5, 6) показывает, что изменение частоты резонанса в рассматриваемых случаях оказывается приблизительно одинаковым (около 200 Гц). Поэтому очувствление по схеме с разделением цепей привода и датчика может быть использовано на практике. Важно отметить, что частота резонанса пальца датчика (см. рис. 6) соответствует локальному минимуму АЧХ пальца привода (см. рис. 5). Оба экстремума наблюдаются при $\nu = 350$ Гц, что свидетельствует о подавлении вибраций в приводном пальце схвата, объяс-

няемом поглощением механической энергии пальцем датчика на данной частоте. Это явление может быть принято во внимание при дальнейших исследованиях.

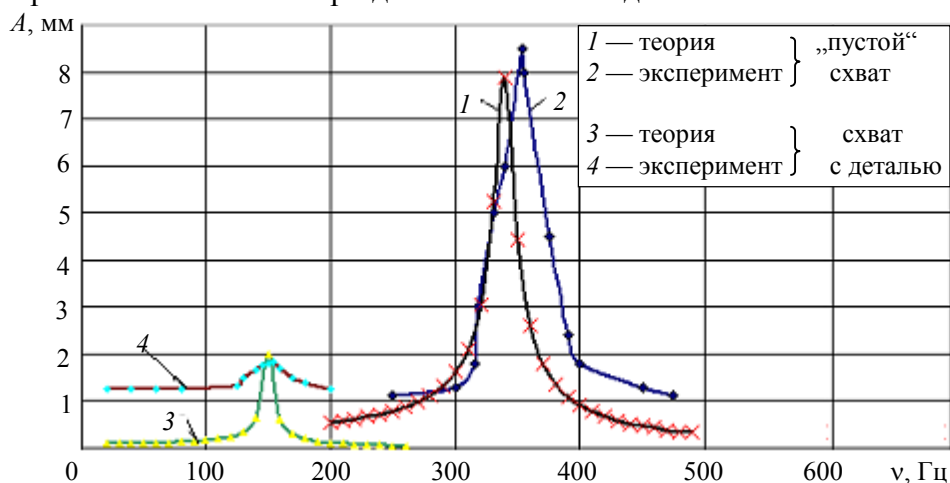


Рис. 6

Устройство	Режим работы	ν , Гц	ν_p , Гц	δ , %
Привод	Свободный схват	321	339	5,31
	Схват с деталью	132	143	7,69
Датчик	Свободный схват	350	339	-3,24
	Схват с деталью	155	150	-3,33

Разработанный пьезоэлектрический схват реализует новую идею об использовании единого привода для захвата, очувствления и микропозиционирования детали, что отличает предлагаемый схват от традиционных схем захватных устройств с отдельными системами очувствления и точного позиционирования на базе дополнительных приводов. Такой подход позволяет повысить точность и надежность системы, благодаря отсутствию передаточных цепей, а также значительно упростить конструкцию микроманипулятора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крушинский И. А. Разработка и исследование мехатронного пьезоэлектрического схвата с микропозиционированием и очувствлением: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб, 2009.
2. Крушинский И. А. Моделирование миниатюрного захватного устройства с пьезоприводом // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. СПб: Изд-во СПбГПУ, 2008. № 4 (63). С. 126—132.
3. Смирнов А. Б. Динамические характеристики упругих систем с пьезоэлектрическими приводами // Научные исследования и инновационная деятельность: Материалы науч.-практ. конф. СПб: Изд-во СПбГПУ, 2006. С. 61—66.
4. Смирнов А. Б., Крушинский И. А. Исследование и применение мехатронных устройств с пьезоприводами // Науч.-техн. вестн. СПбГУ ИТМО. 2009. № 5 (63). С. 55—62.

Сведения об авторах

- Аркадий Борисович Смирнов** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, кафедра автоматов; E-mail: 123smirnov@list.ru
- Илья Александрович Крушинский** — канд. техн. наук; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, кафедра автоматов; E-mail: testing387@mail.ru

Рекомендована кафедрой мехатроники СПбГУ ИТМО

Поступила в редакцию 15.06.09 г.