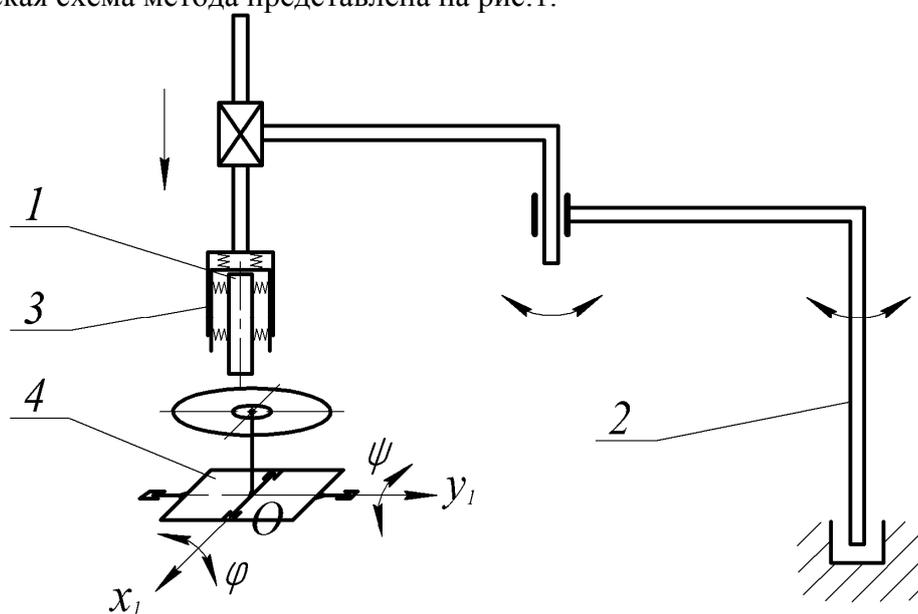


**Экспериментальная установка для роботизированной сборки на основе пассивной адаптации и низкочастотных колебаний**

проф., д.т.н. Божкова Л.В., проф., д.т.н. Вартанов М.В., Кольчугин Е.И.  
МГТУ «МАМИ»

В настоящее время в роботизированной сборке для соединений типа «вал-втулка» с использованием манипуляторов с большой погрешностью позиционирования применяют активную и пассивную адаптацию взаимного положения собираемых деталей. Активная адаптация предполагает устранение ошибки за счет систем обратной связи, для создания которых требуется дорогостоящее оборудование. Также активную адаптацию трудно применять для массивных деталей. Альтернативой являются методы пассивной адаптации, действие которых основано на наличии в кинематике процесса сборки элементов направленной жесткости, деформация которых приводит к возникновению упругих сил, компенсирующих погрешность взаимной ориентации собираемых деталей. Таким образом, оборудование на основе пассивной адаптации по сравнению с активной значительно дешевле, легко переналаживается, и может применяться для деталей большой массы.

Предлагаемый метод роботизированной сборки относится к пассивной адаптации. Кинематическая схема метода представлена на рис.1.



**Рис. 1. Кинематическая схема метода РС с применением пассивной адаптации и НЧ колебаниями базовой детали: 1 - устанавливаемый вал; 2 - промышленный робот; 3 - пассивный адаптивный схват; 4 - вибрационное устройство с установленной в нем базовой деталью.**

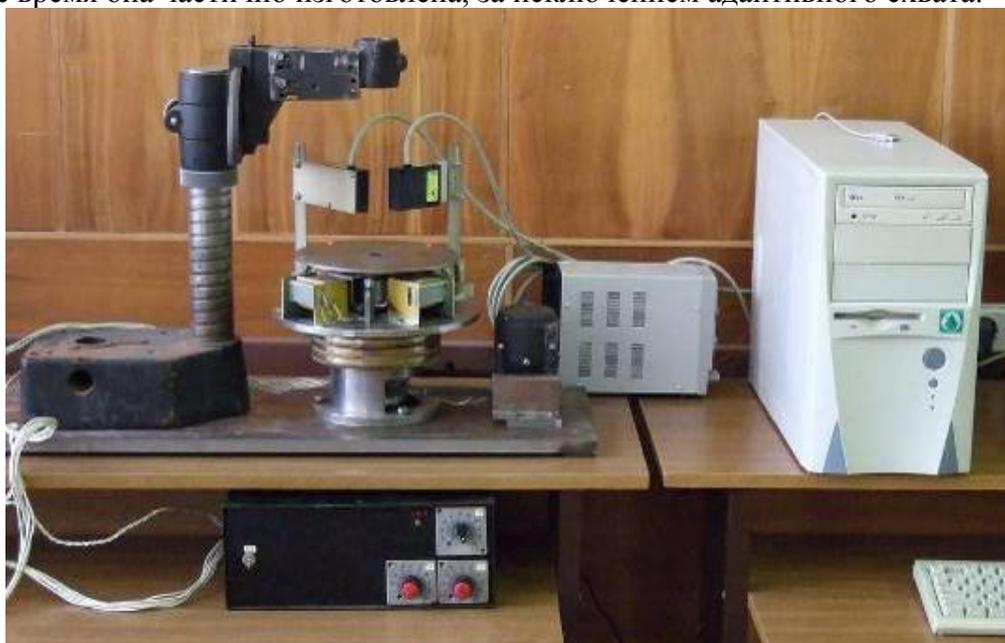
Вал базируется в схвате манипулятора и имеет возможность упругих перемещений в вертикальной плоскости по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Втулка установлена в ориентирующем диске, жестко связанном со вторым звеном вибрационного устройства. Вибрационное устройство представляет собой двухзвенный манипулятор, каждое звено которого приводится в движение от отдельного привода и совершает низкочастотные вибрационные колебания по гармоническим законам вокруг взаимно перпендикулярных осей.

Было сделано предположение, что данный метод сборки обеспечит направленный характер движения центра присоединяемой детали к центру базовой детали в плоскости, перпендикулярной оси базовой детали. Также ожидалось, что использование виброопоры позволит исключить влияние на процесс сопряжения взаимного перекоса осей деталей, что является причиной заклинивания.

С целью проверки этих предположений была построена математическая модель динамики относительного движения центра масс устанавливаемой детали (вала) по отношению к базовой детали (втулке) для случая их одноточечного контакта. Основой при построении указанной математической модели стало дифференциальное уравнение движения центра масс вала по отношению к неинерциальной системе координат, жестко связанной с вибрирующей базовой деталью [1]. Также был проведен численный эксперимент [2]. Получена траектория движения центра масс вала относительно центра масс втулки в проекции на плоскость диска вибрационного устройства и исследовано влияние различных параметров на протекание процесса. Результаты компьютерного эксперимента подтвердили наличие эффекта направленного движения вала к центру втулки в указанной плоскости, выделены области оптимальных значений параметров.

Задачей следующего этапа исследования является проведение физического эксперимента с целью проверки результатов численного эксперимента, а также выяснения степени влияния вибрации базовой детали на взаимный перекося осей собираемых деталей и их заклинивание.

Для этого была разработана лабораторная экспериментальная установка (рис. 2). В настоящее время она частично изготовлена, за исключением адаптивного схвата.



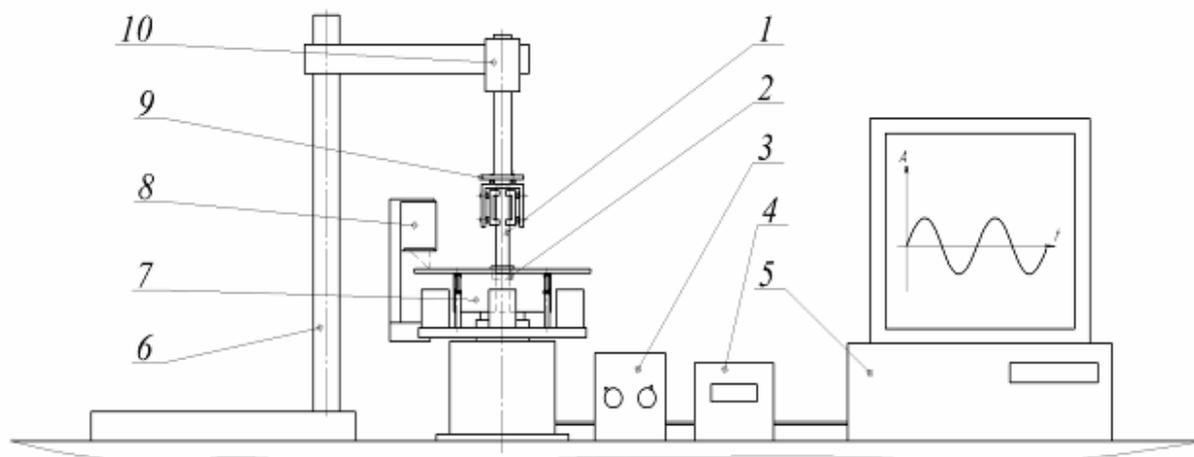
**Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки.**

Компоновка экспериментальной установки представлена на рис. 3 (условно не показан второй датчик, установленный на оси, перпендикулярной первому).

Методика проведения эксперимента. Устанавливаемый вал 1 удерживается адаптивным схватом 9, консольно закрепленным через механизм вертикальной подачи 10 на стойке 6. Втулка 2 установлена в центре диска виброопоры 7. Вибрации опоры обеспечиваются генератором низкочастотных колебаний 3. Их частота контролируется с помощью электронного частотомера 4, а фактическая амплитуда колебаний второго звена виброопоры отслеживается бесконтактными лазерными датчиками 8. Все сигналы собираются и обрабатываются компьютером 5. Вследствие этого на всем протяжении эксперимента обеспечивается непрерывный контроль и необходимая корректировка текущих значений технологических параметров.

После достижения вибрационной установкой требуемого режима колебаний, осуществляется подача вала в зону сборки с некоторой несоосностью относительно втулки и контакт его с плоскостью диска второго звена виброопоры. Предполагается, что под воздействи-

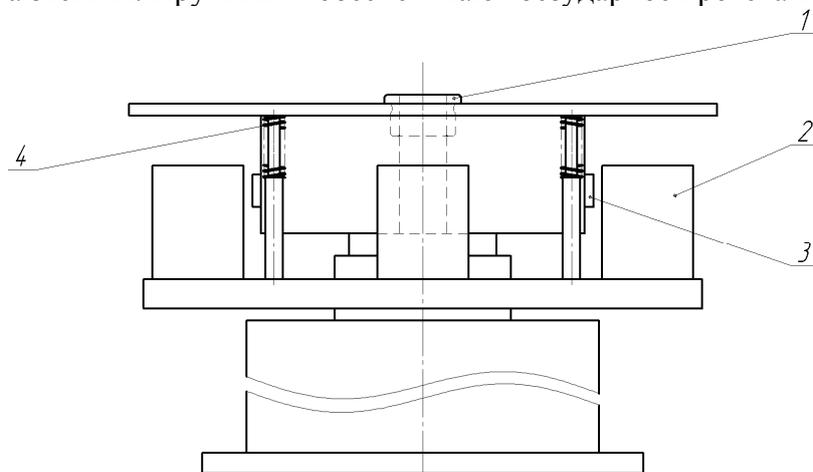
ем вибрации и за счет упругих элементов схвата оси деталей должны быть совмещены и процесс сборки успешно завершен.



**Рис. 3. Компоновка экспериментальной установки:**

**1 - устанавливаемая деталь (вал), 2 - базовая деталь (втулка), 3 - генератор низкочастотных колебаний, 4 - электронный частотомер, 5 - ЭВМ, 6 - стойка, 7 - виброопора базовой детали, 8 - лазерные датчики расстояния, 9 - адаптивный схват, 10 - механизм вертикальной подачи схвата.**

Вибрационная установка (рис. 4) представляет собой двухзвенный манипулятор. Базовая деталь 1 установлена в центре диска второго звена. Каждое звено имеет одну степень свободы – вращение. Оси вращения звеньев расположены в одной горизонтальной плоскости (в статике) и взаимно перпендикулярны. Звенья приводятся в движение четырьмя электромагнитами 2, по два на каждое звено, за счет их взаимодействия с постоянными магнитами 3, закрепленными на звеньях. Пружины 4 обеспечивают безударное протекание процесса.



**Рис. 4. Эскиз вибрационного устройства: 1 - базовая деталь (втулка), 2 - электромагнит, 3 - постоянный магнит, 4 - пружина сжатия.**

Триангуляционные лазерные датчики применены для контроля текущей амплитуды колебаний второго звена виброопоры. Выбор этого типа датчиков был обусловлен следующими факторами:

- отсутствие воздействия на динамику процесса, т.е. бесконтактный способ измерения;
- точность измерения порядка 0,1 мм или точнее;
- частота обновления данных не менее 1 кГц;
- неиндуктивный принцип работы датчика из-за наличия в приводе вибрационного устройства электромагнитов.

Адаптивный схват разрабатывался в соответствии с математической моделью, которая предполагала возможность упругих поступательных перемещений вала в вертикальной плоскости по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Упрощенный эскиз схвата представлен на рис. 5.

Таким образом, после окончательного монтажа и настройки экспериментальной установки будет проведена серия опытов с целью проверки результатов численного эксперимента и дальнейшего исследования предложенного метода сборки.

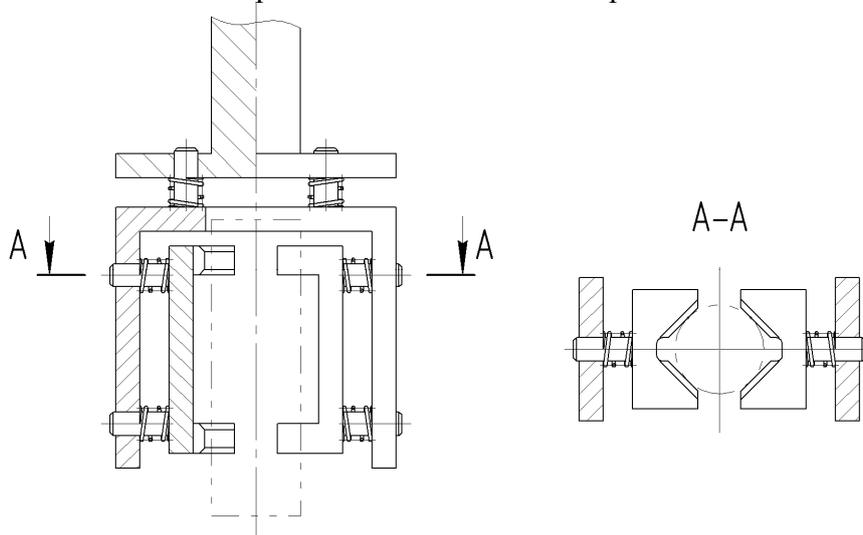


Рис. 5. Эскиз адаптивного схвата.

#### Литература

1. Божкова Л.В., Вартанов М.В., Чуканова О.В., Кольчугин Е.И. Метод роботизированной сборки с использованием вибрационных колебаний. Журнал "Сборка в машиностроении, приборостроении". - М., "Машиностроение", №9, 2006 г., стр. 62-67
2. Божкова Л.В., Вартанов М.В., Кольчугин Е.И. Компьютерное моделирование метода роботизированной сборки на основе пассивной адаптации с использованием виброколебаний. Известия МГТУ «МАМИ». Научный рецензируемый журнал. - М., МГТУ «МАМИ», №2(4), 2007. 316с. с.147-152

#### Четырёхшпиндельный гайковёрт

к.т.н. Воркуев Д.С.

ОАО «Завод им. В.А. Дегтярёва», г. Ковров

Для управления процессом автоматизированной групповой сборки резьбовых соединений нет необходимости на каждом шпинделе завинчивающего устройства устанавливать датчики обратной связи, если кинематическая схема на каждые два шпинделя будет снабжена дифференциальными механизмами (ДМ), которые с большой чувствительностью реагируют на изменение моментов на своих выходных осях. При возрастании момента на одной из осей ДМ она останавливается, в то время как вторая ось будет вращаться с большей частотой. Вращение оси возобновится только в случае выравнивания моментов сопротивления на обеих осях.

Но использование ДМ связано с появлением случаев, когда одна из резьбовых деталей не будет завинчиваться, если случайно повреждена резьба в отверстии, либо на соединяемой детали, либо возник мгновенный перекося осей соединяемых деталей.

Для исключения такого явления необходимо осуществлять вращение шпинделя от второй тихоходной, но высокомоментной ветви вращения завинчивающего устройства.

Это ещё раз доказывает, что завинчивающее устройство должно иметь две кинематически связанные ветви вращения – быстроходную, но маломоментную, и тихоходную – но