

УДК 62-503.55 ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ПРИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СБОРКЕ

В.Г. Грудинин¹, О.Д. Деревянкина²

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены требования к технологичности конструкций деталей и узлов, обусловленные использованием роботов в процессе сборки. Приведены примеры конструкций, обеспечивающих требования распознавания и ориентации деталей. Рассмотрены условия обеспечения эффективной подачи деталей. Приведены примеры механических ориентирующих устройств.

Ил. 5. Библ. 4 назв.

Ключевые слова: технологичность изделия; автоматизированная сборка; ориентация деталей; распознавание деталей; подача деталей; вибрационные питатели; механические ориентирующие устройства.

FEATURES OF COMPONENTS DESIGN IN ROBOTIC ASSEMBLY

V. Grudinin, O. Derevyankina

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, Russia, 664074

The paper deals with the requirements for technological effectiveness of components constructions, arising from the use of robots in assembly process. The article exemplifies the constructions that provide recognition and orientation of parts requirements. It considers the conditions for ensuring effective parts feeding. The paper gives the examples of mechanical orienters.

Illustrations: 5. References: 4.

Keywords: technological effectiveness of the product; automated assembly; orientation of parts; recognition of parts; parts supply; vibrating feeders; mechanical orienters.

Общие требования к технологичности конструкции изделия при сборке. Для обеспечения стабильности и качества роботизированного сборочного процесса к изделиям (узлам и деталям) следует предъявить определенные требования. Согласно ГОСТ 23887-79 технологичность изделия при сборке – совокупность свойств изделия, определяющих его приспособленность к технологической подготовке сборочного производства и сборке, и характеризуемых отношениями затрат труда, средств, материалов и времени на их выполнение, к значениям соответствующих показателей изделий-аналогов в принятых условиях производства.

Для определения этого показателя проводят технологический анализ конструкции изделия при сборке – анализ конструкции изделия с целью применения технологического процесса сборки, обеспечивающего выполнение программы выпуска изделий заданного качества в установленных условиях производства.

Технологичность конструкции оценивается качественно и количественно. Качественная оценка предшествует количественной оценке. Количественную оценку выполняют по принятым показателям технологичности путем расчета их значений.

Требования к технологичности конструкции изделий при автоматизированной сборке. К изделиям, предназначенным для автоматизированной сборки, предъявляют следующие специфические требования по их технологичности [1]:

- простота конструкции;
- отсутствие механической обработки при сборке;
- минимальное число деталей в составе сборочной единицы;

¹ Грудинин Владимир Гарриевич, старший преподаватель кафедры Конструирования и стандартизации в машиностроении, e-mail: grudinin_v60@mail.ru
Grudinin Vladimir, a senior lecturer of Design and Standardization in Mechanical Engineering Department, e-mail: grudinin_v60@mail.ru

² Деревянкина Ольга Дмитриевна, студент гр. АТб 11-1, e-mail: olga_d_igirma@mail.ru
Derevyankina Olga, a student of gr. ATb-11-1, e-mail: olga_d_igirma@mail.ru

- минимальное число соединяемых поверхностей и видов деталей;
- постоянство сборочных баз в течение всего процесса сборки;
- исключение пригоночных работ;
- максимальная свобода доступа сборочных инструментов;
- минимальное число направлений сборки;

отсутствие в составе сопрягаемых компонентов гибких проводов, шлангов, деталей из мягких материалов.

Эти требования предъявляются в первую очередь к сборочным единицам, входящим в состав изделия. К деталям, предназначенным для автоматизированной сборки, предъявляют следующие специфические требования по их технологичности [1]:

- 1) простота конструкции, обеспечивающая удобство складирования, подачи и ориентирования;
- 2) исключение возможности сцепления деталей при выходе из подающего устройства;
- 3) наличие на сопрягаемых поверхностях направляющих элементов (фасок, конусов, проточек) для облечения соединения посредством самоустановки деталей;
- 4) наличие выраженных базовых поверхностей;
- 5) точность расположения базовых поверхностей относительно сопрягаемой поверхности;
- 6) стойкость к повреждениям при воздействии сборочных инструментов;
- 7) возможность подачи деталей и ориентирование их посредством несложных по конструкции питателей;
- 8) использование стандартных деталей.

Применение методов инженерной экономики. Одним из принятых взглядов рассмотрения роботизации, конструкции и управления исполнительными устройствами является целевой анализ рабочей задачи. При транспортировании и ориентировании деталей и узлов такой анализ может оказать влияние на конструкцию и возможное изменение конструкции деталей. Этот принятый подход называют *стоимостным анализом*. Он может быть выполнен с учетом того, что роботы используются именно при перемещении и ориентировании деталей и узлов.

Такой анализ может привести к значительному уменьшению стоимости процесса и изделия, и числа деталей, особенно при выполнении сборочных операций. Логическим завершением изложенного является то, что возможность оптимального перемещения и ориентирования детали должна быть рассмотрена при ее конструировании. Это означает, что предпочтительными являются конструкции, обеспечивающие максимально возможное число степеней свободы при позиционировании и ориентировании деталей и узлов.

Опыт работы с роботами показывает, что захватные устройства (при отсутствии чувствительных элементов) не подходят для определения и идентификации произвольно ориентированных деталей и узлов. Из этого следует, что для эффективной работы робота необходимо использовать средства идентификации и ориентирования деталей и узлов, установку на рабочих местах дополнительного оборудования. Это приводит к дополнительным затратам, которые будут зависеть от того, насколько легко будет идентифицировать, перемещать и ориентировать детали. Простое изменение конструкции позволит выполнить эту задачу быстро, легко и с минимальными затратами.

Принципы конструирования. Примеры изменения конструкции деталей для сборочной операции приведены на рис. 1.

Применение узла (рис. 1, а) снижет число элементов с четырех до двух. Этот случай показывает, что относительно простая в реализации операция клепания предпочтительнее для роботизации в сравнении с более сложной операцией сборки деталей. Решение на рис. 1, б устраняет необходимость подачи и позиционирования шайбы при завинчивании винта.

Симметричные детали и узлы уменьшают необходимость точной идентификации и ориентации [2]. При использовании несимметричных деталей следует обеспечить характерное расположение, ориентацию или наличие отличительного признака. Такой подход может быть эффективным и простым. Четыре примера приведены на рис. 2.

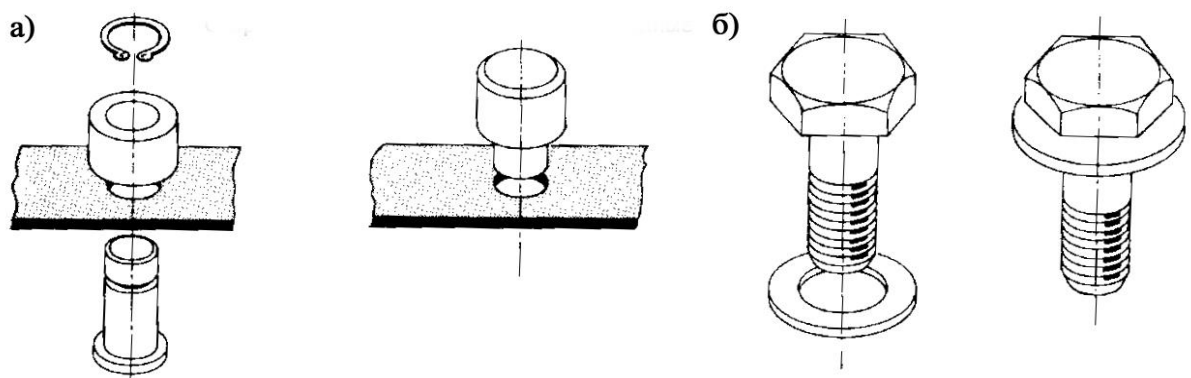


Рис. 1. Изменение конструкции деталей для сборочной операции

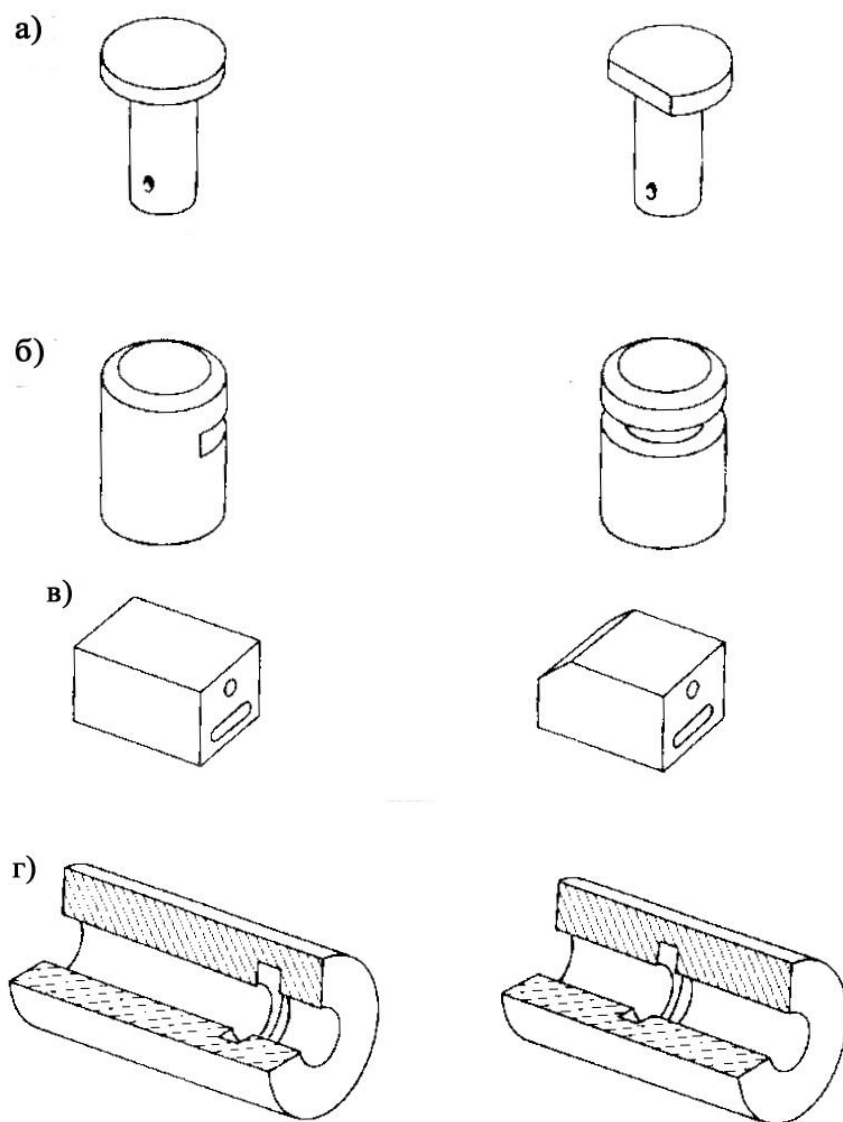


Рис. 2. Отличительные конструктивные признаки для ориентации и распознавания деталей

Приведенные примеры характеризуют следующее:

- 1) положение отверстия на стержне винта обеспечено фланком на головке винта (рис. 2, а);
- 2) кольцевая проточка (а не отверстие) обеспечивает место для установочного винта независимо от угла его поворота (рис. 2, б);
- 3) простой конструктивный признак обеспечит ориентацию симметричной детали (рис. 2, в);
- 4) простое изменение положения внутреннего элемента приведет к симметричности конструкции (рис. 2, г).

При этом работоспособность детали должна сохраняться при внесении любого изменения в её конструкцию.

Подача деталей. Подача деталей и узлов – это производственная прикладная функция по обеспечению доставки участвующих в процессе деталей и узлов к роботу в определенном положении, в определенной ориентации, в определенное время, с определенной скоростью. Детали и узлы могут быть как отдельными изделиями, которыми манипулирует робот, так и изделиями, которые должны быть зафиксированы для того, чтобы робот мог выполнять работу над ними и с ними посредством инструментов, отличных от захватов. Применение роботов для подачи узлов и деталей позволяет автоматизировать процесс. Для эффективной подачи деталей должны выполняться три условия:

- 1) конструкция детали должна обеспечивать простоту её изготовления;
- 2) детали могут быть изготовлены с определенным допуском;
- 3) необходима непрерывная доставка деталей.

Подача деталей обычно состоит из двух операций: ориентации деталей и перемещения деталей. В непрерывных процессах, где присутствуют мелкие детали, обе эти операции могут быть выполнены в подающем устройстве. Выбор способа подачи обусловлен следующими факторами:

- размер, форма и вес деталей;
- форма поставки деталей;
- требуемая производительность подачи;
- режим подачи деталей;
- хрупкость деталей;

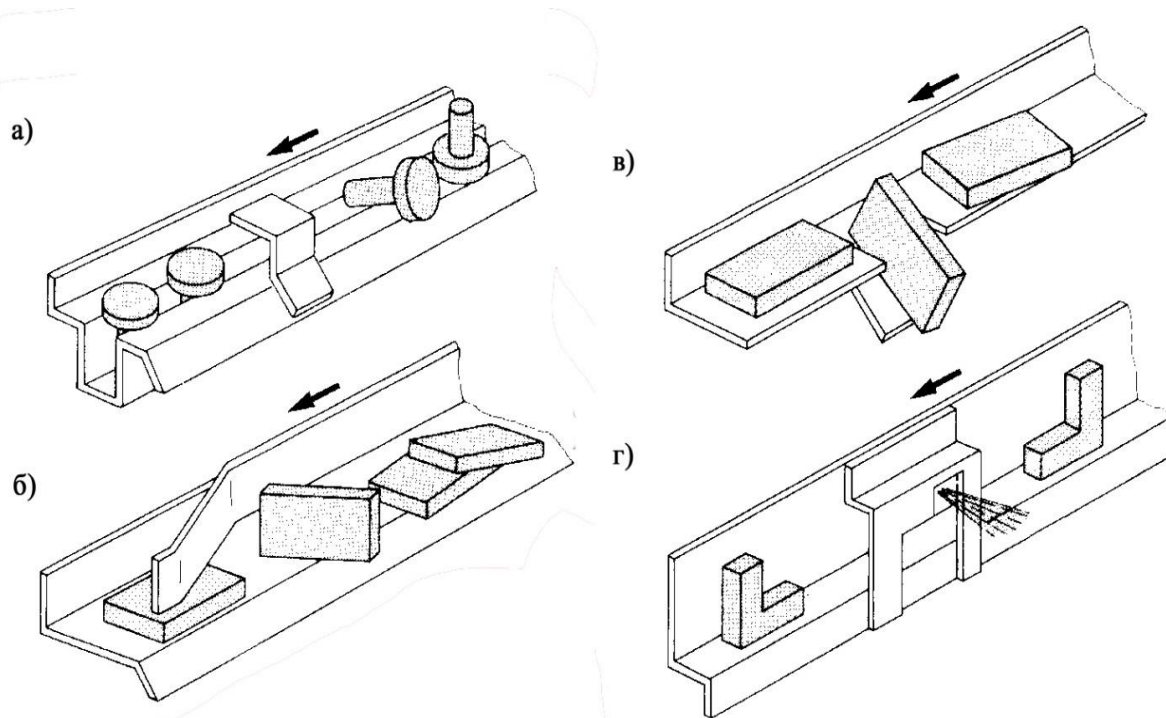
стоимость и экономическая эффективность предлагаемого решения.

Важными факторами при рассмотрении комбинированных систем, и подачи, и ориентирования компонентов являются необходимый объем и режим поставки. Например, части могут подаваться непрерывно, но в непостоянном темпе, или по запросу от робота или какого-либо другого устройства с рабочего места. Обычно системы включают следующее:

1. Транспортирующие устройства:
 - транспортирующие устройства возвратно-поступательного типа;
 - транспортирующие устройства вибрационного типа;
 - конвейеры;
 - подъемники;
 - транспортирующие устройства вращательного типа;
 - желоба;
 - трубы.
2. Подающие устройства магазинного типа:
 - раздаточные устройства (диспенсеры);
 - устройства типа «патронташ»;
 - устройства ленточного типа.
3. Паллеты:
 - стеллажи;
 - коробки;
 - поддоны.
4. Ориентирующие-загрузочные устройства бункерного типа.

Ориентация деталей и узлов малых размеров обычно выполняется механическими устройствами. Некоторые из этих устройств представлены на рис. 3.

Такую ориентацию деталей применяют в широко распространенных непрерывно подающих механизмах (питателях) вибрационного типа. Такие механизмы действуют по принципу непрерывной подачи деталей от, скажем, дна чаши по спиралевидной траектории к точке назначения на вершине чаши. По пути вверх компоненты преодолевают множество направляющих механических устройств, остановок, сбрасывателей, разрывов и т. д., сконструированных так, чтобы ориентировать детали желаемым образом.



**Рис. 3. Механические устройства ориентирования деталей при их непрерывной подаче:
а – мост; б – сбрасыватель; в – разрыв; г – лекало**

Детали, ориентация которых была приведена в соответствии механическими устройствами, в конечном счете, достигают точки выхода в правильном положении. Те, что нет (большинство), отсеиваются и попадают в ёмкость деталей, предназначенных для последующей подачи. Принцип вибрационного перемещения подробно рассмотрен в работе [3]. Механическим колебательным системам вращательного типа посвящена работа [4].

Так как процесс подачи является непрерывным, постоянная поставка – это бесперебойная подача деталей по сложному пути. Эти устройства доказали необыкновенную продуктивность в поддержании постоянной поставки правильно сориентированных компонентов. Подающий механизм типа «вибрационная чаша» представлен на рис. 4.

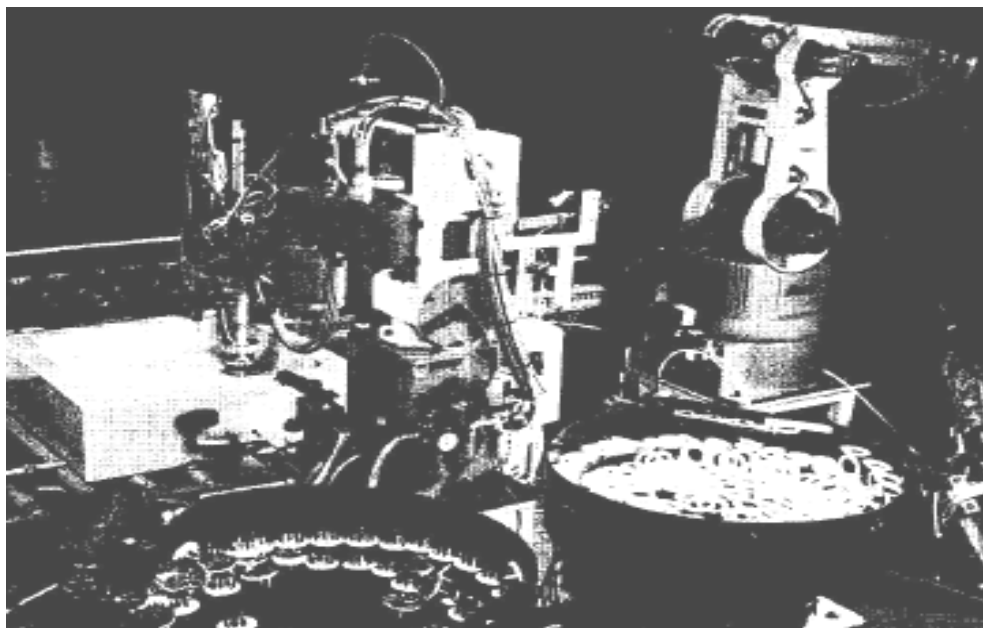


Рис. 4. Применение подающего механизма типа «вибрационная чаша»

Когда применяются закупаемые детали, очевидным решением является вступить в переговоры с поставщиком о том, чтобы поставляемые детали упаковывались в специальном порядке расположения и с упаковочным материалом, для простоты перемещения роботом. Это преимущество встроенной ориентации, обеспеченной поставщиком, позволит выполнять операции разгрузки и подачи одновременно.

Если детали имеют большие размеры или не пригодны для вышеуказанного оборудования, необходимо разработать другие методы. Система технического зрения, включающая распознавание, – это область непрерывного анализа ориентации случайно поданных частей.

Типичный метод обращения с габаритными деталями и несимметричными деталями – использование манипуляторов. Они обычно применяются при сварке. В этом смысле манипулятор является фиксирующим приспособлением, обеспечивающим управляющее механическое движение. Зачастую проще использовать манипулятор, чтобы перемещать и поворачивать деталь определенным образом, и применять робот для перемещения по относительно простой траектории. Таким образом, два простых управляемых движения могут быть объединены в одно сложное движение, которое выполнял бы один робот.

Рассмотрим работу по производству круговых сварных швов по окружности и в середине трубы. Чаще гораздо проще наладить медленное вращение трубы манипулятором, чем запрограммировать робота на обработку неподвижной трубы. При этом полагают, что вращать деталь удобно, или деталь может быть удобно установлена в манипулирующее устройство. Пример применения манипулятора для вращения трубы показан на рис. 5.

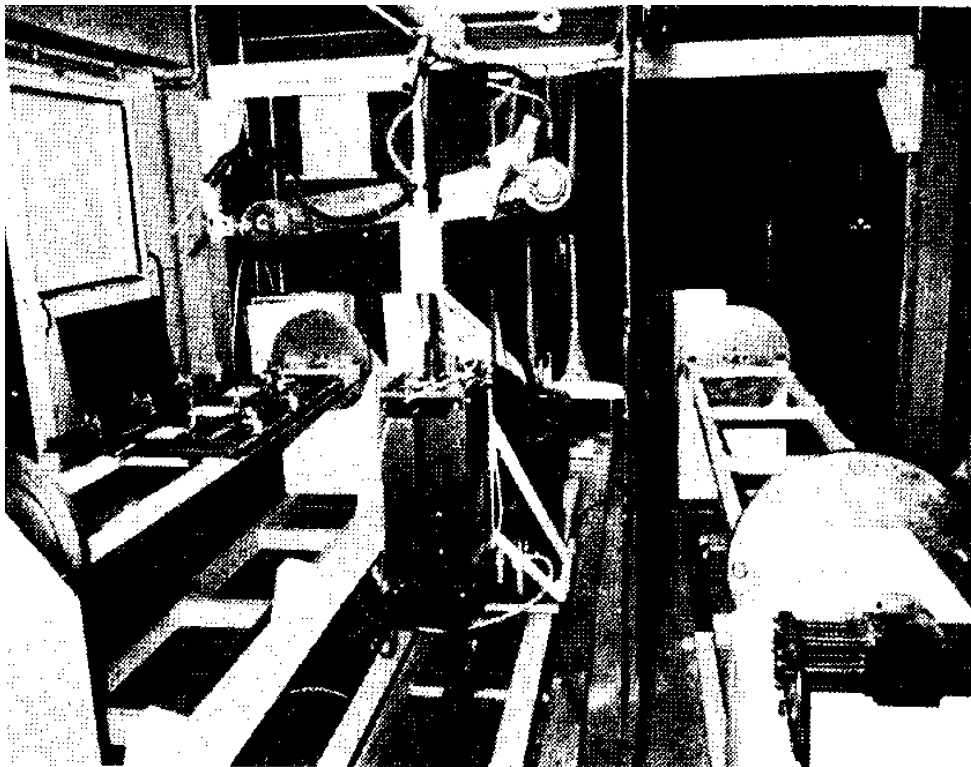


Рис. 5. Применение механического манипулятора

Оптимизация формы деталей может быть достигнута аналитическим методом сопоставления формы деталей с методами подачи деталей и типами исполнительных устройств. Такие методы могут использоваться, скорее, в устранении непригодных сочетаний, нежели в подборе предпочтительных сочетаний. Некоторые возможные категории форм деталей:

Цилиндрические – Призматические – Плоские + Комбинации.

Постоянные – Непостоянные + Комбинации.

Сплошные – Полые – Перфорированные + Комбинации.

Гнездование – Укладка – Взаимное сцепление – Параллельная укладка + Комбинации.

Жесткие – Полужесткие – Нежесткие + Комбинации.

Хрупкие – Чувствительные – Робастные + Комбинации.

Комбинации вышеперечисленных категорий.

Библиографический список

1. Козырев Ю.Г. Программно-управляемые системы автоматизированной сборки: учеб. пособие для студентов вузов. М.: ИЦ «Академия», 2008.
2. Leatham-Jones B. Elements of industrial robotics. Pitman publishing, 1987.
3. Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний. М.: Высш. шк., 1972.
4. Грудинин В.Г. Исследование влияния дополнительных связей в колебательных механических системах вращательного типа // Вестник ИрГТУ. 2011. № 2. С. 34–40.