

вия, совпадающего с основным сборочным перемещением, заключается в микрорезании вершин выступов контактирующих поверхностей, тогда как при нормальных (поперечных) колебаниях происходит упруго-пластическое деформирование (смятие) выступов. Разнонаправленное силовое воздействие при УЗ сборке приводит к ускоренной приработке (тренировке) поверхностей, причем наибольший эффект достигается, когда характер нагружения в процессе сборки идентичен характеру нагружения изделия в эксплуатации. Изменяя схему введения УЗ колебаний в зону сборки, можно направленно изменять параметры контактного взаимодействия деталей и формировать соединения с заданными характеристиками [5].

Вопросы возбуждения продольных, крутильных, поперечных и комбинированных УЗ колебаний решаются на основе использования магнитострикционных и пьезокерамических преобразователей и соответствующих концентраторов, служащих для формирования требуемых типов колебаний и акустического согласования колебательной системы с нагрузкой.

Таким образом, комбинированное воздействие ультразвуковых и статических нагрузок на соединяемые детали является эффективным средством направленного регулирования основных показателей качества поверхностного слоя, в том числе тонкой кристаллической структуры, деформационного упрочнения и снятия остаточных напряжений, причем отмеченные эффекты характерны как при тангенциальной, так и при нормальной ориентации колебательных смещений относительно поверхностей контактирования. Это поможет создавать условно-неподвижные соединения достаточно надежными и прочными в эксплуатации.

Литература

1. Нерубай М.С., Калашников В.В., Штриков Б.Л., Ярьско С.И. Физико-технологические методы обработки и сборки. – М: Машиностроение-1, 2005.-396 с.
2. Штриков Б.Л., Шуваев В.Г. Информационно-технологическое обеспечение ультразвуковой сборки прессовых соединений // Сборка в машиностроении, приборостроении, 2004, № 9, С. 10-14.
3. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 510 с.
4. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с.
5. Шуваев В.Г. Формирование прессовых соединений гарантированного качества при ультразвуковой сборке // Сборка в машиностроении, приборостроении. «Машиностроение», 2004 г. № 10. С. 28-31.

Высокоэффективное решение проблемы серийной автоматической сборки изделий на основе целенаправленного построения комплекта связей, обеспечивающего многократное увеличение допусков сборочной системы

д.т.н., проф. Гусев А.А., к.т.н., доц. Гусева И.А., к.т.н. Хайбуллов К.А.
МГТУ «Станкин»

В современном мире отечественное машиностроение сможет оставаться на передовых позициях и быть конкурентоспособным, если будут высокоэффективными предприятия, обеспечивающие выпуск новейших изделий стабильного качества в кратчайший срок.

Стабильное качество изделий обеспечивает автоматическое их производство. Окончательное формирование качества изделий осуществляется при сборке.

Опыт передовых промышленно развитых стран свидетельствует, что часто обеспечить автоматическую сборку изделий не удастся даже в условиях массового производства, несмотря на то что трудоемкость сборочных работ в машиностроении составляет 30...40%, а себестоимость достигает 50% от общих затрат на изготовление изделий.

Собрать качественное изделие вручную трудно, тем более при использовании автоматических средств. Поэтому даже в массовом производстве таких стран, как США, Япония, автоматизировано только 12...15% от общего объема сборочных работ. Но и действующее автоматическое сборочное оборудование имеет низкий коэффициент использования. Напри-

мер, два четырехпозиционных автомата фирмы Хюллер (ФРГ) для установки пружинных колец на направляющие втулки головок блоков цилиндров автомобилей имеют коэффициенты использования 0,36 и 0,49.

Часто не может помочь автоматизации сборки применение дорогостоящих промышленных и сборочных роботов, стоимостью в несколько десятков тысяч долларов США. Так, например, сборочные роботы типа Scara (Япония) стоят 20...25 тыс. долларов, промышленные роботы типа Puma (США) – 47 тыс., некоторые из которых могут быть оснащены системами активной и пассивной адаптации стоимостью от 500 долларов до нескольких тысяч долларов США.

Такие системы САУ затрачивают на поиск и захват присоединяемой детали от 1 до 5 секунд и это тогда, когда сборщик на установку простой присоединяемой детали вручную затрачивает лишь 3...6 секунд. К тому же все существующие пассивные и большинство активных САУ пригодны только для конкретных соединяемых деталей и требуют значительных затрат на наладку и подготовку программ, так же как и промышленные роботы. Обычно на составление программы затрачивается не менее 40 часов, а на переналадку сборочного робота – 15–20 минут и до 6...8 часов для сборки простых изделий на сборочной машине «Сигма» фирмы Олливетти (Италия), оснащенной промышленными роботами с адаптивным управлением.

Трудно добиться рентабельности дорогостоящих сборочных систем, от которых в процессе эксплуатации требуется высокая точность, а производительность их мала из-за низкого коэффициента использования системы ввиду значительного числа отказов оборудования, технологической оснастки, их простоев и системы в целом.

В ряде случаев возможно некоторое снижение требований к точности технологической оснастки и оборудования автоматических сборочных систем, повышение их производительности путем изменения формы и размеров заходных фасок, изготовление выточек и скруглений на сопрягаемых поверхностях соединяемых деталей и даже применение специально созданных для автоматической сборки деталей (патент США № 5,209,622 1993г.). Таковы предложения руководящих технических материалов и большинства ведущих отечественных и зарубежных специалистов^{1, 2}.

Эти рекомендации могут облегчить соединение деталей, поскольку позволяют расширить допуски исходных звеньев, а, следовательно, и составляющих звеньев автоматических сборочных систем. Однако усовершенствования заходных сопрягаемых поверхностей соединяемых деталей, как и «ужесточение» требований к их точности, вызывают увеличение затрат на изготовление деталей, которые превосходят эффект (выгоду) от автоматической сборки и поэтому такие рекомендации нерациональны. Кроме того, при некоторых значениях углов заходных фасок возможно заклинивание соединяемых деталей, а на ряде деталей изготовление фасок вовсе невозможно по конструктивному исполнению деталей (тонкостенные детали) либо по служебному назначению изделий (шестерни масляных насосов). Иногда требования по технологичности оказываются противоречивыми, например, для соединения деталей нужны фаски, а для их транспортирования без заклинивания – отсутствие фасок.

Следовательно направление по автоматической сборке изделий на основе совершенствования соединяемых деталей, как и с использованием промышленных роботов, не представляется перспективным даже в условиях массового производства из-за существенного увеличения затрат на изготовление соединяемых деталей.

Сегодня, когда нарушено централизованное производство продукции и специализация предприятий, необходимы автоматические универсальные сборочные системы, пригодные для высокоэффективного многономенклатурного серийного производства изделий стабиль-

¹ Руководящие технические материалы. Расчет норм точности автоматических сборочных машин. Министерство станкостроительной и инструментальной промышленности, М: НИИМаш, 1974г. – 82с.

² Precision assembly with Industrial robots. International manufacturing technology conference. Chicago, USA, 1990.

ного качества с переналадкой технологических средств оснащения в кратчайший срок.

Многолетние зарубежные попытки решения проблемы по автоматизации мелкосерийной сборки изделий с применением первых универсальных машин фирм «Фергюсон» и «Кингсбери» и последних современных сложных дорогостоящих сборочных центров (патенты США 5, 145, 047, 1992 года и Германии DE 3839912, 1990 г.) не дали и не смогли дать положительных результатов. Причины: в невозможности достижения точности, необходимой для соединения деталей собираемых изделий в процессе эксплуатации сложного высокоточного дорогостоящего оборудования. Сложная конструкция сборочных центров требует длительных затрат на переналадку и не позволяет рассчитывать на высокую надежность и производительность их работы, достаточных для их рентабельности.

Тем более не оправдали надежды и созданные экспериментальные гибкие производственные сборочные системы: ГПС «АПАС» (США) для сборки фланцев электродвигателей; для шаговых электродвигателей (Япония), в которой удалось автоматизировать 55% сборочных работ (преимущественно транспортных), предприняты также попытки автоматизации в Германии и Швеции.

Для автоматической серийной сборки изделий нужны принципиально новые универсальные, простые и дешевые технологические средства и высокоэффективные методы автоматического соединения и базирования различных деталей без изменения их качества и повышенных требований к точности оборудования.

Высокоэффективные методы сборки должны обеспечивать заданный выпуск продукции в кратчайшие сроки с минимальной себестоимостью (близкой к себестоимости изделий в условиях массового производства).

Для решения проблемы автоматической серийной сборки изделий требуется решение трех взаимосвязанных и во многом противоречивых проблем: минимальной себестоимости изделий, максимально технически возможной производительности при минимальных капитальных затратах на средства технологического оснащения при достаточно низкой их точности.

Для этого нужно решить по-новому коренную проблему сборки – проблему точности, с принципиально иным научным подходом по сравнению с известными методами и средствами автоматизации.

Это становится возможным только при многократном увеличении допусков всех звеньев технологической сборочной системы.

Тем самым будут созданы предпосылки для создания и реконструкции конкурентно опережающих сборочных автоматических производств с минимальными капитальными и эксплуатационными затратами на новейшее оборудование с универсальной технологической оснасткой.

Высокую производительность при установке и запрессовке деталей в процессе сборки изделий в серийном и массовом производстве обеспечивает использование универсальных самопереналаживающихся автоматических сборочных устройств. Автоматические машины, снабженные такими сборочными устройствами, требуют минимальных затрат на их создание и эксплуатацию, поскольку имеется возможность использовать типовые исполнительные и транспортные устройства с низкой точностью позиционирования (0,5 – 1 мм). Сборочные устройства могут базировать и выверять перед сборкой относительное положение соединяемых деталей различной конфигурации и размеров и обеспечивают их загрузку. Адаптивный принцип работы сборочных устройств, базирующие элементы которых изменяют свое положение в зависимости от конфигурации и размеров поступающих на сборку деталей, позволяет осуществлять автоматическую переналадку оборудования на сборку различных изделий.

Такие универсальные автоматические сборочные устройства были созданы в Мос-
станкине [А. с. СССР 465863, 483222, а также патенты США № 3906607, Великобритании № 1467279, Франции № 7430606, Японии № 980893]. Универсальность загрузочно-

транспортных средств достигается применением на выходе из лотков упругих отсекаателей 3 (рис. 1, а), образующих призму, обеспечивающую центрирование и размещение по плоскости симметрии лотка 4 присоединяемых деталей 6 различных диаметральных размеров. Для обеспечения установки в изделия различных по конфигурации и размерам соединяемых деталей исполнительные устройства автоматической сборочной машины должны быть выполнены в виде набора элементов 2, диаметральные и другие размеры которых соответствуют диапазону размеров устанавливаемых деталей 6. Наибольшей универсальностью обладают исполнительные устройства с цилиндрической формой поверхностей, поскольку такого вида поверхности могут обеспечить охват по наружному и внутреннему контуру большого числа по конфигурации деталей, кроме того, устройства цилиндрической формы проще в изготовлении. Если на деталях исполнительных устройств предусмотреть направляющие конусные поверхности, то можно повысить точность базирования и установки соединяемых деталей посредством их центрирования. Однако обязательным условием является независимая работа всех элементов набора исполнительных устройств автоматической сборочной машины.

Сборочные устройства, пригодные для транспортирования любым транспортным устройством замкнутого типа с непрерывным и периодическим движением собираемых изделий, имеют приспособления 7 для загрузки и относительной ориентации соединяемых в изделия деталей и загрузочно-транспортные лотки 4 и 13 (рис. 1, б-д). Каждое приспособление 7 выполнено в виде корпуса 1 с размещенным в нем набором независимых друг от друга подпружиненных цилиндрических оправок с заходными поверхностями с уклоном 10-15°. Можно в приспособлении 7 вместо пружин 10 использовать сжатый воздух.

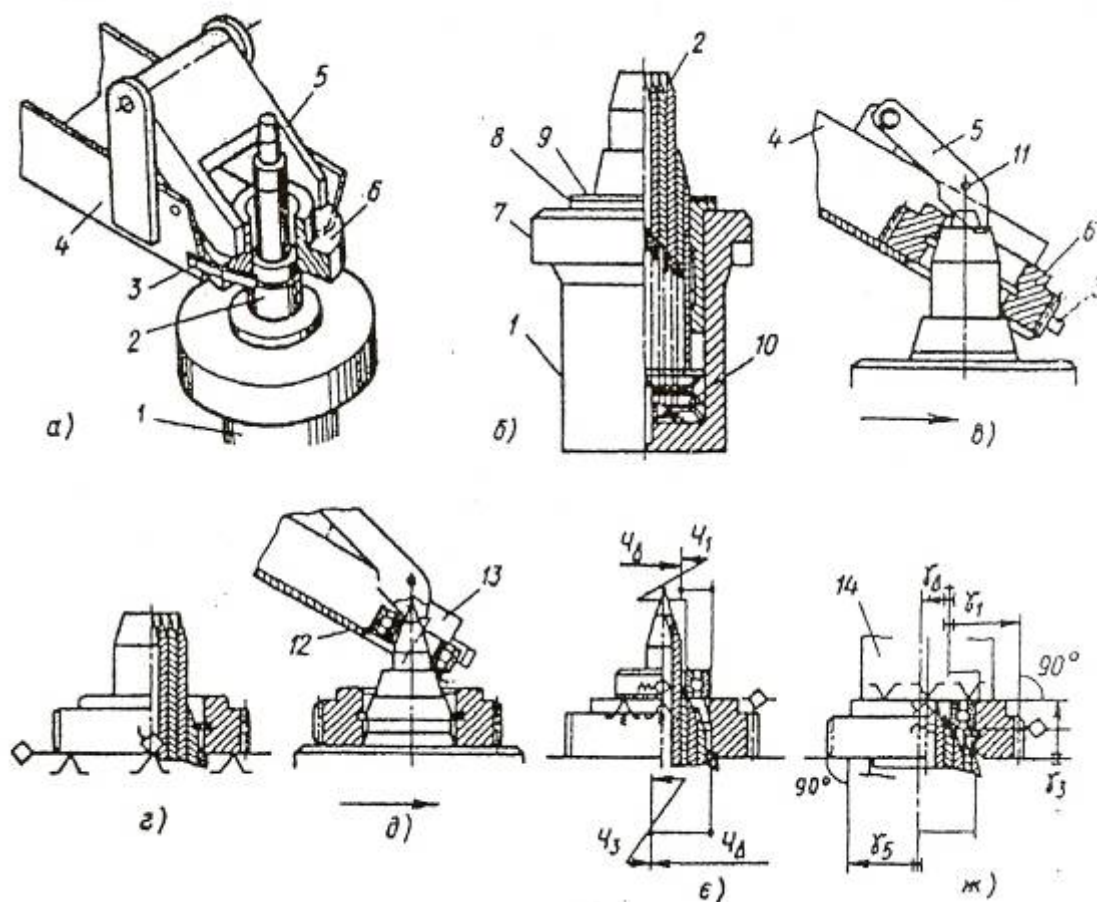


Рис. 1. Последовательность установки и запрессовки деталей с применением универсальных самоперенастраивающихся автоматических сборочных машин.

При перемещении к лотку 4 установленного на транспортном устройстве приспособ-

ления 7 с деталями-шестернями 6 набор подпружиненных оправок 2, размещенных в корпусе 1, утапливается нижней частью этого наклонного лотка. При дальнейшем движении транспортера с приспособлениями 7 некоторые из оправок 2 под действием ранее сжатых пружин 10 войдут через щель лотка 4 в отверстие детали 6, сконцентрированной отсекателями 3 и поджимаемой сверху грузом 5, покачивание которого ограничивается упором 11.

Шестерня 6 вместе с приспособлением 7, преодолевая сопротивление подпружиненных отсекаателей 3 и груза 5, перемещается дальше. Ее базирование по торцу 9 втулки 8 приспособления 7 осуществляется под действием собственной силы тяжести, а для легких деталей еще и сил магнетизма или разрежения. Шестерня 6 центрируется конусной частью одной из оправок 2. В таком положении шестерня 6 поступает к лотку 13 с подшипниками 12 (рис. 1, д). При загрузке базирование подшипников 12 осуществляют только те оправки 2, которые ранее прошли в отверстие шестерни 6. В остальном последовательность работы приспособления 7 и лотка 13 происходит аналогично тому, как это совершалось при загрузке и центрировании шестерни 6. Лоток 13 расположен выше лотка 4 для обеспечения свободного продвижения под ним самой высокой из ранее установленных деталей 6.

По окончании установки подшипника 12 одна из оправок 2, которая ранее прошла в отверстие шестерни 6, сцентрирует подшипник 12 и выверит его положение относительно оси посадочного отверстия шестерни 6 (рис. 1, д). В таком положении соединяемые детали вместе с приспособлением 7 поступают под пуансон прессы 14 (рис. 1, е, ж), где подшипник 12 запрессовывается в шестерню 6.

ГПС для многономенклатурной сборки пяти типоразмеров механических узлов магнитофонов предназначена для соединения и закрепления около 20 присоединяемых деталей: стоек, кронштейнов, которые монтируются на базовые детали: шасси, корпуса и рычаги. Такт работы ГПС 2-6 с, т.е. значительно выше, чем линий, оснащенных промышленными роботами. Оборудование ГПС связано цепным транспортером и обеспечивает выполнение следующих технологических переходов: соединение деталей и закрепление их методами запрессовки, развальцовки, осадки, а также путем свинчивания деталей. Каждый сборный модуль работает «независимо» от других (рис. 2).

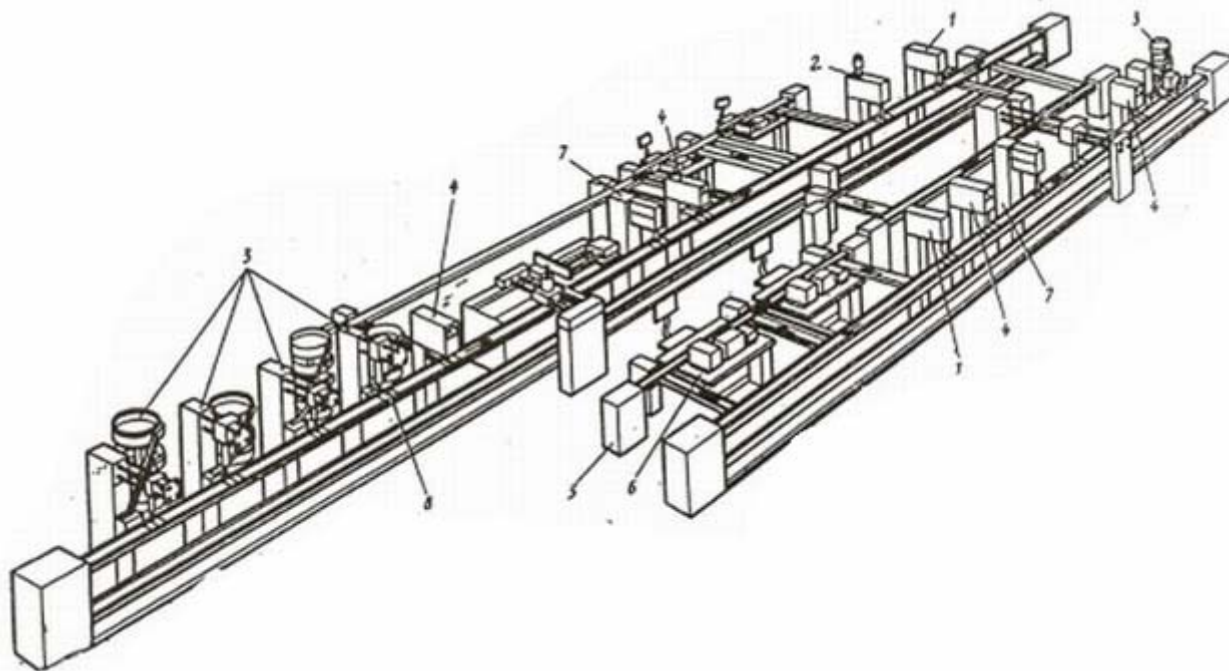


Рис. 2. ГПС для сборки механических узлов.

В соответствии с технологическим процессом предусмотрены загрузочные модули 3 для подачи в приспособление трех подшипников, пяти одних и четырех других стоек; кон-

трольный 4 модуль для проверки наличия деталей и их положения; специальный 7 модуль, исполнительные устройства которого осуществляют посадку базовой детали, - шасси на ранее установленные в приспособлении детали. Контрольный 4 модуль производит проверку сборки комплекта. Модуль 2 обеспечивает подачу заклепок в два отверстия каждого подшипника и их запрессовку, а модуль 1 осуществляет развальцовку стоек. Далее производится транспортирование к механизированному рабочему месту 6 для визуального контроля под собранного комплекта и устранение обнаруженных дефектов.

После установки присоединяемых деталей собираемое изделие посредством переключателя кантуется, и аналогичным путем производится установка других стоек и их закрепление.

Конструкция прессовых 2 и вальцовочных модулей позволяет изменять режимы сборочного процесса – осевой силы и величину рабочего хода. Модули 1 и 2, помимо общей системы управления, снабжены автономной системой.

Загрузочные модули 3 имеют вибрототки и вибробункеры с питателями, а также манипуляторы. Их подналадка и переналадка осуществляются заменой и регулировкой сменных элементов.

Технологическая оснастка 8 включает и паллеты для транспортирования сменных приспособлений, обеспечивающих базирование деталей. Все другие варианты не могли обеспечить их установку из-за чрезвычайно малых значений зазоров в соединении, а следовательно, и допустимых смещений и поворотов соединяемых деталей.

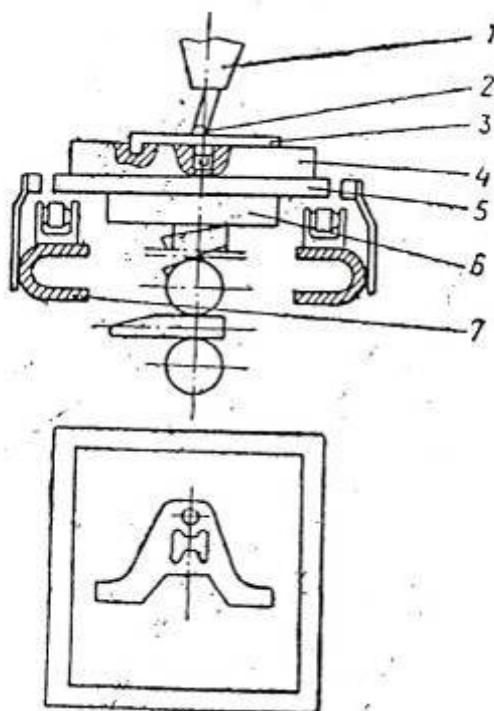


Рис. 3. Вальцовочный модуль:

**1 – вальцовочная головка; 2 – ось; 3 – рычаг; 4 – приспособление; а 5 – паллета;
6 – подъемное устройство; 7 – транспортное устройство**

Перемещение паллет между модулями осуществляет транспортное устройство 5. Оно состоит из отдельных секций, включающих цепной транспортер с приводной и натяжными станциями. Длина транспортного устройства 5 обычно 15-20 м. Между отдельными модулями предусмотрены накопители для паллет, обеспечивающие «независимую» их работу. Транспортное устройство 5 имеет автономную систему управления, позволяющую осуществить ее пуск, наладку и работу.

Такие автоматизированные гибкие сборочные линии внедряются на ряде заводов

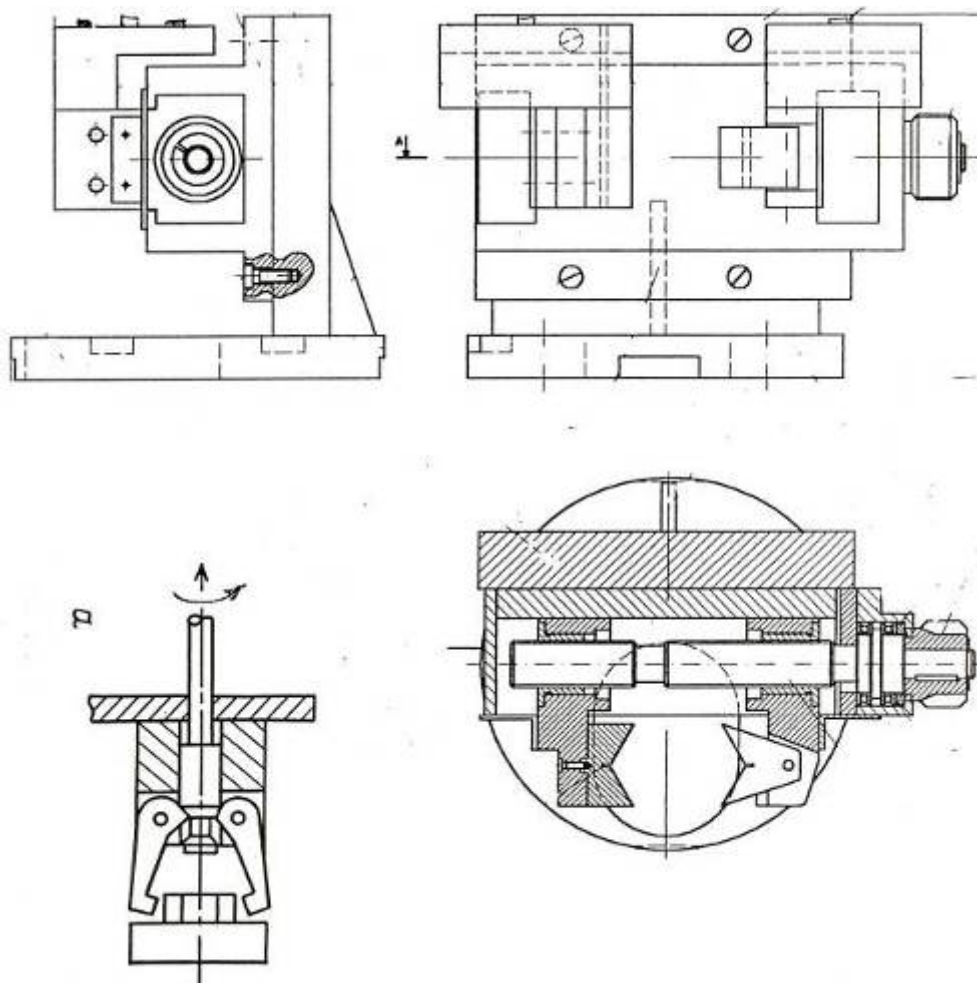


Рис. 5. Патрон.

Рис. 4. Самоцентрирующиеся тиски.

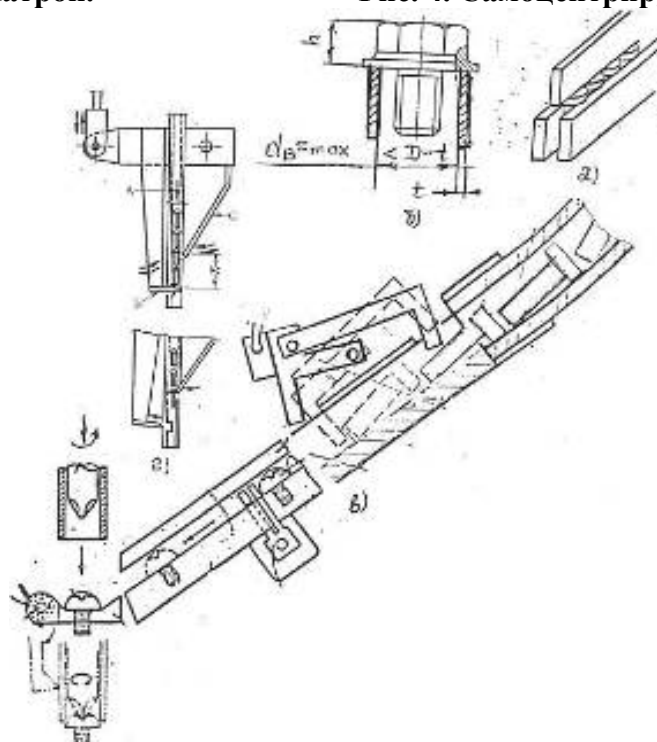


Рис. 6. Загрузочно-транспортное устройство.

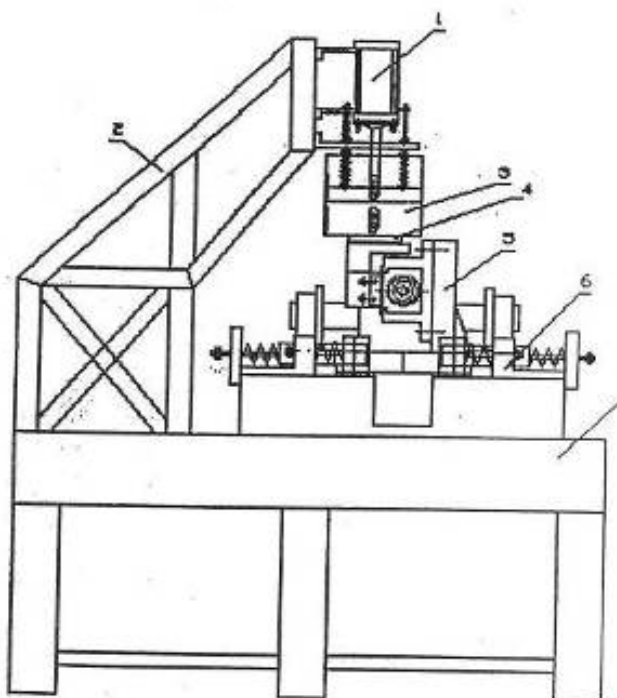


Рис. 7. Широкоуниверсальный автоматический самопереналаживающийся сборочный центр.

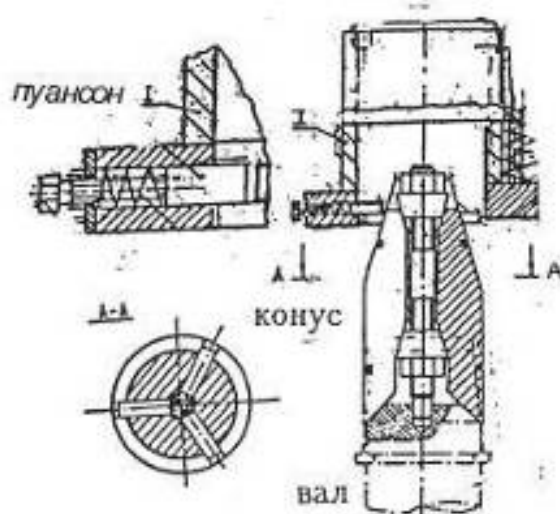


Рис. 8. Универсальная технологическая оснастка для автоматической установки на валы присоединяемых деталей.



Рис. 9. Универсальные переналаживаемые модули для установки пружинных колец и других присоединяемых деталей.

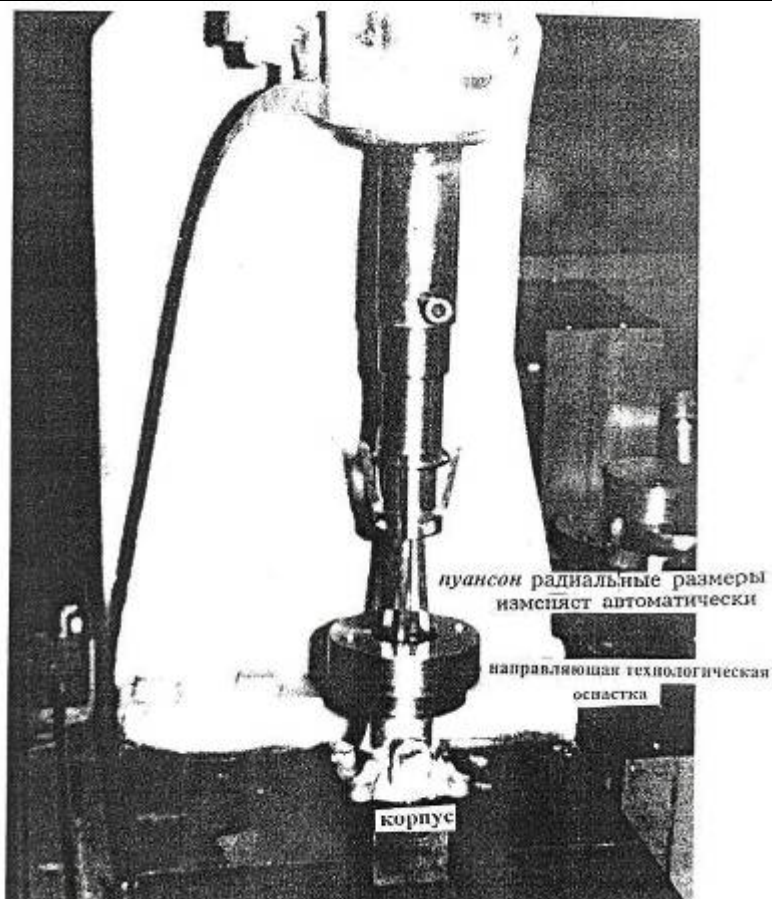


Рис. 10. Широкоуниверсальный автоматический самопереналаживающийся сборочный центр.

Литература

1. Гусев А.А. Адаптивные устройства автоматических сборочных машин. М., Машиностроение. 1979.
2. Гусев А.А. Автоматизация сборки зубчатых передач. М., ВИННИТИ. 1990.
3. Машиностроение. Энциклопедия./Ред. Совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Т III-5/ А.А. Гусев, В.В. Павлов, А.Г. Андреев и др. Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. 2001-640с.
4. Проектирование технологии автоматизированного машиностроения. Учеб для машиностроит. спец. вузов. Баранчукова И.М., Гусев А.А., Ю.Б. Караменко и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева.: Высшая школа. 1999-406 с.
5. Проектирование технологии. Учеб. для машиностроит. спец. вузов. / Баранчукова И.М., Гусев А.А., Ю.Б. Караменко и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева М.: Машиностроение. 1990-406 с.
6. Гусев А.А. Расчет норм точности автоматических сборочных машин. М. НИИМАШ. 1974-64 с.
7. А.А. Гусев Основные принципы построения сборочных гибких производственных систем. М. Машиностроение 1990-52 с.
8. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем, справочник-учебник в 3-х т. Т 3. Проектирование станочных систем / Под общей А.С. Проникова М.; Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана; Изд-во МГТУ «Станкин», 2000-584 с.
9. Качество машин: Справочник. В 2 т. Т1/А.Г. Суслов, Э.Д. Браун, Н.А. Виткевич и др. – М.: Машиностроение. 1995-256 с.
10. Промышленные роботы в машиностроении. Альбом. Ю.М. Соломенцев, К.П. Жуков,

Ю.П. Павлов, Гусев А.А. и др./ Под ред. Ю.М. Соломенцева. М. Машиностроение. 1988-140 с.

11. Промышленные роботы. Справочник. Козырев. М.: Машиностроение. 1980.
12. Гусева И.А. Обеспечение автоматической сборки изделий в серийном многономенклатурном производстве. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2000, №2.
13. Гусева И.А. Условия автоматической сборки конических зубчатых передач. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2002, №3.
14. Гусева И.А. Условия автоматической сборки зубчатых передач с применением адаптивной направляющей технологической оснастки. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2001, №9.
15. Гусев А.А., Гусева И.А. Режимы автоматической установки упругих деталей. Автоматизация и современные технологии. 1999, № 2.

Геометрическая классификация деталей при анализе сборок с пространственными допусками

к.т.н., доц. Гаер М.А., Шабалин А.В.

Иркутский государственный технический университет,

Современное машиностроение невозможно представить без автоматизированного проектирования. Несмотря на огромные достижения, сделанные за последние годы в развитии САД систем, методы моделирования и представления структуры сборок до сих пор остаются несовершенными: создаваемые модели сборок имеют номинальные размеры и не поддерживают математическое описание допусков, что делает невозможным проведение полноценного размерного анализа [3].

Модули проектирования сборок, имеющиеся во всех системах высокого уровня не обладают возможностями трёхмерного представления допусков как части компьютерной модели. Предлагаемое нами представление сборки является универсальным, позволяя моделировать и анализировать сборки и контактные состояния с любой геометрией. Алгоритмы представления и анализа сборок с учетом допусков разработаны с использованием трехмерных моделей различных видов допусков. Метод различает допуски детали и допуски сборки, что адекватно отражает реальную процедуру проектирования [5]. Кроме того, разделение этих понятий играет важную роль в формировании конфигурационных пространств деталей в отдельности и сборок в целом, что позволяет реалистично моделировать сборки с учётом допусков. Введем некоторые определения геометрических характеристик деталей.

Одной из важнейших классификаций деталей машиностроения является их классификация по функционально-геометрическим характеристикам [5] (конструктивной форме).

Согласно этой классификации различают следующие типы деталей:

- корпусные (корпусы механизмов, кожухи, крышки, стойки, кронштейны и т.д.);
- плоские (пластины, рейки, ползуны, шпонки, клинья и т.д.);
- рычажные (рычаги, педали, шатуны);
- листовые и профильные;

- тела вращения $L > \frac{D}{2}$ (валы, втулки, и т.д.);

- тела вращения $L \leq \frac{D}{2}$ (шкивы, маховики, барабаны, и т.д.).

Основываясь на представленных выше группах деталей, была разработана классификация, объединяющая детали по топологическим свойствам, влияющим на сборку, например, таким как наличие сквозных или несквозных отверстий, их количеством и т.д.

Рассмотрим несколько представителей вышеописанных классов деталей (рис. 1). Вал ступенчатый, односторонний (рис. 1 а) не имеет отверстий, его поверхность с точки зрения