

Гибкие модульные сборочные технологии

к.т.н., доц. Григорьева Н.С.

Луцкий национальный технический университет, Луцк, Украина

Анализ тенденций развития автоматизации технологических процессов в сборочном производстве показывает, что на современном этапе в условиях рыночной экономики наиболее подходящим является гибкая автоматическая модульная сборка разнотипных изделий. Такая сборка наиболее полно отвечает быстрому изменению их номенклатуры, повышению качеств и конкурентоспособности, в которой используется гибкая безлюдная модульная технология и переналаживаемое модульное сборочное оборудование с оснасткой. Специфика современных автоматических технологических сборочных процессов характеризуется особенностями автоматизации, незначительной стандартизацией, недостаточными теоретическими и практическими наработками выполнения отдельных элементов операций, что приводит к низкой автоматической собираемости деталей изделий, технико-экономическим показателям и узким технологическим возможностям. Если основой комплексной автоматизации в многосерийном или массовом производствах были хорошо отработанные автоматические линии и их технологическая оснастка, то в современном серийном производстве такой основой являются гибкие сборочные системы разного уровня интеграции и автоматизации. Причины отсутствия дальнейшего развития гибких сборочных производств кроются не в потенциальных их недостатках, а в неправильном подходе к их созданию, неприменении новых концепций, а в частности модульности, нерешенности ряда проблем, которые существенно тормозят их широкое производственное внедрение, несмотря на ряд потенциальных преимуществ. Одним из направлений последующего развития гибкого сборочного производства, которое обеспечивает существенное повышение эффективности, является использование технологических модульных сборочных процессов и модульного переналаживаемого сборочного оборудования с оснасткой. Такие работы известны [1], но они в основном относятся к механической обработке деталей изделий.

Подтверждение упомянутого можно найти в концепции развития будущего компьютерно-интегрированного производства СИМ, элементом которого фактически и является гибкое модульное сборочное производство. Повысить эффективность гибкой модульной сборки изделий можно за счет применения автоматического проектирования изделий с использованием модульных конструкций, повышения показателей качества, снижения производственных расходов и отпускных цен при соблюдении экологических, энергетических и других требований. Достигается это широким внедрением интегрированных модульных технологий, современного технологического оборудования и оснастки новой генерации с применением элементов искусственного интеллекта, систем организации и управления процессами, которые базируются на концепциях маркетинга, логистики и инноваций. Проблемы гибкой модульной сборки лежат в разных плоскостях, но в первую очередь конструкционной, технологической, организационной и алгоритмической при условии повышения качества и конкурентоспособности изделий и закладке в их основу положений: проще, лучше, дешевле.

Принципы модульности технологий и конструкций при гибкой автоматической сборке изделий обеспечивают наибольший дополнительный технико-экономический эффект за счет формирования гибких технологических процессов из взаимосвязанных технологических модулей, а переналаживаемого сборочного оборудования и оснастки - из конструкционных модулей. Технологические и конструкционные модули имеют ограниченную номенклатуру, что дает возможность при системном подходе и стандартизации создания единой элементной базы на модульном уровне для всего гибкого сборочного производства. Такое построение технологического обеспечения значительно расширяет его возможности, увеличивает эффективность гибкой модульной сборки, повышает качество собираемых изделий, уменьшает расходы и существенно сокращает техническую подготовку производства, что кардинально изменяет сущность гибкой сборки.

Анализ современных конструкторско-технологических решений гибкой автоматической сборки изделий позволяет сделать следующие выводы:

- известные теоретические наработки отдельных вопросов гибкой автоматической сборки достаточно обобщены и фрагментарны, сводятся к анализу реализующих конструкций, принципов действия и носят описательный характер;
- практически отсутствуют теоретические наработки вопросов переналадки, которые были заимствованы и механически перенесены еще из серийного производства, когда гибкая автоматизированная сборка лишь только зарождалась, а потому описанные решения требуют анализа, систематизации, обобщения и унификации;
- известны фактически начала основ автоматизации модульных технологических процессов и то в основном для механической обработки деталей, а теоретические наработки по модульным процессам автоматической сборки полностью отсутствуют, единичные же описания таких процессов весьма общи, фрагментарны и могут рассматриваться лишь как начальные;
- применение модульного принципа при разработке гибких автоматических сборочных технологий, изделий, переналаживаемых конструкций технологического оборудования, оснастки явно недостаточны и требуют значительной проработки.

Предпосылки формирования гибких модульных сборочных систем вытекают из современных тенденций развития производства. Однако главными подходами являются разработка и использование элементов высокоэффективных сборочных технологий типа CALS-technologies, модульности технологий и конструкций, переналаживаемости, адаптивности, интеллектуальности управления, качества и конкурентоспособности автоматически собираемых изделий, унифицированности конструктивно-технологических решений. При этом предусматривается использование достижений различных отраслей наук, таких как теории множеств, матриц, графов, логики, вероятности, электроники, программного управления, теории механизмов и машин и тому подобное. Большое значение имеет общая теория точности, особенно автоматической сборки, надежности и производительности.

При построении гибких модульных сборочных систем следует руководствоваться новой технической политикой, суть которой заключается в следующем. Не должны автоматизироваться лишь ручные движения сборщика или оператора, должен применяться комплексный подход с пересмотром всей сборочной цепочки, принцип необходимости, то есть применение в первую очередь средств автоматизации узких мест, повышения показателей качества и уровня конкурентоспособности, недопустимости распространения недостаточно проработанных малонадежных технических решений. Для кардинального решения задач гибких модульных сборочных систем необходимо широкое использование модульного принципа и системного подхода в первую очередь на уровне модульной технологии, переналаживаемого оборудования с оснасткой, а также собираемых изделий. Такая реализация потребует разработки методов замены объекта сборочного производства множеством модулей, применения общих принципов построения из модулей изделий и средств технологического обеспечения, унификации модулей, достижения эффективности модульного построения изделий и средств их технического обеспечения.

Таким образом, основными принципами построения гибких модульных автоматизированных сборочных систем можно считать системность, модульность, переналаживаемость, концентрацию, моделирование процессов, многокритериальность технологико-конструкционных решений, информационную обеспеченность, повышение качества и конкурентоспособности автоматически собираемых изделий. Это позволяет значительно сократить сроки разработки гибких модульных сборочных процессов и проектирования переналаживаемого модульного сборочного оборудования и оснастки за счет возможности быстрой компоновки их из отдельных технологических и конструкционных модулей, повышения показателей качества и уровня конкурентоспособности, уменьшения всех видов затрат.

Отдельно следует выделить применение принципа модульности для гибкой автоматической сборки, под которым понимается построение технологических сборочных процессов и систем путем их компоновки из взаимосвязанных модулей ограниченной номенклатуры. Модуль является хорошо отработанным оптимизированной сборочной единицей многократного использования с характерными чертами автономности, стыкуемости, связанности, гибкости и избыточности. Под технологическим модулем понимается комплекс элементарных сборочных движений, которые выполняются в заданной последовательности и имеют законченный объем, а конструкционным - функциональная конструкционная его реализация. Технологические модули формируются на основании конструкции сборочных соединений изделия (лучше модульного) и являются тесно связанными с конструкционными модулями переналаживаемого сборочного оборудования и оснастки. Они представляют собой элементарную технологическую единицу с определенным объемом сборочных движений, вытекающих из его гибкости и особенностей модульной автоматической сборки. Модули могут образовывать комплекты и комплексы, в зависимости от степени объединения выполняемых сборочных функций. В общем, технологический модуль может описываться матрицей [2]:

$$TM_i = \begin{bmatrix} d_{o11} & d_{o12} & \cdot & \cdot & \cdot & d_{o1a} \\ d_{e21} & d_{e22} & \cdot & \cdot & \cdot & d_{e2a} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ d_{eb1} & d_{eb2} & \cdot & \cdot & \cdot & d_{eba} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где: d_{oi} , d_{ej} - соответственно, основные и вспомогательные сборочные движения;

a, b - их количество.

Технологический модульный сборочный процесс может быть записан некоторой совокупностью стыкуемых модулей:

$$TMPI_i = \bigwedge_{i=1}^a MTK_i \left[\bigwedge_{j=1}^b MK_j \left(\bigwedge_{k=1}^c TM_k \right) \right]_{onm}, \quad (2)$$

где: $TMPI_i$ - i -й технологический модульный сборочный процесс;

a, b, c - оптимальное количество модульных технологических комплексов (МТК), комплектов (МК), технологических модулей (ТМ).

В таком модульном сборочном автоматическом процессе каждый технологический модуль связан с предыдущим и последующим, а также модулями управления конструктивными техническими параметрами. Поскольку в основе технологических и конструктивных модулей лежат сборочные движения, то определение закономерности их формирования нуждается в моделировании таких модульных сборочных процессов.

Оптимизационная модель гибкой модульной автоматической сборки разнотипных изделий отличается от других модульным принципом ее построения, корректностью математического описания, широкой универсальностью, оптимизационной сущностью, особенностями и отличиями процессов совмещений при модульной сборке, возможностью достыковки новых модулей и программируемостью. Модель гибкой автоматической сборки состоит из отдельных состыкованных модулей: определения занимаемого положения деталей, формирования оптимальных траекторий их перемещения во время модульной сборки, построения функции цели, ее градиента, выбора метода минимизации функции цели, ограничения формы собираемых деталей и элементов технологического оборудования и оснастки, программной реализации модульного сборочного процесса. Процесс гибкой модульной сборки базовых и присоединяемых различных деталей изделий рассматривается, как совмещение в пространстве двух пар векторов, которые определяют их положение, одного осевого (\bar{r}, \bar{l}) и

второго - углового (\bar{k}, \bar{t}) . Построенная из позиций системного анализа программа оптимизации на модели отображает пространственно-временные связи и раскрывает сущность всех элементов гибкой модульной сборки.

Положения базовых и присоединяемых деталей (рис. 1) определяются координатами и тремя числами, пропорциональными направляющим косинусам в неподвижной системе координат:

$$T_{1A} = \cos \alpha_{X_A} = a_{X_A} / T_A, \quad T_{2A} = \cos \alpha_{Y_A} = a_{Y_A} / T_A; \quad T_{3A} = \cos \alpha_{Z_A} = a_{Z_A} / T_A, \quad (3)$$

$$T_A = \sqrt{a_{X_A}^2 + a_{Y_A}^2 + a_{Z_A}^2},$$

где: X_A, Y_A, Z_A – координаты вектора;

$a_{X_A}, a_{Y_A}, a_{Z_A}$ - числа, которые полностью определяют положение детали в принятой системе.

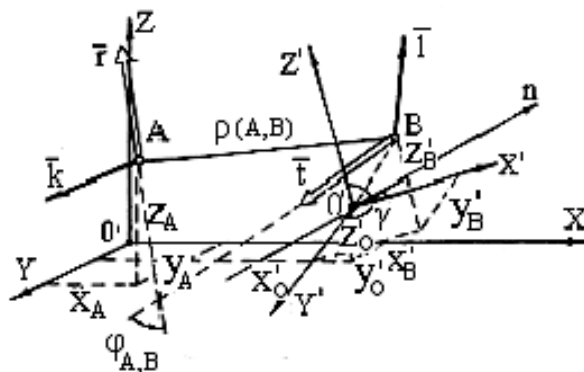


Рис. 1. Векторная интерпретация пространственного положения деталей при модульной сборке.

Подобно определяются перемещаемые собираемые детали в подвижной системе координат $X' Y' Z'$ со своими координатами центра сопряжения деталей x'_B, y'_B, z'_B и тремя числами $a_{X'_B}, a_{Y'_B}, a_{Z'_B}$. Текущее расстояние между заданными точками составляет $\rho(A, B)$. Процесс гибкой модульной сборки в общем заключается в том, что точка B деталей, которые перемещаются в сборочном пространстве, должны быть совмещены с точкой A неподвижных базовых деталей. Направления векторов, на которых лежат указанные точки, должны быть противоположными. Сборочная траектория подвижной детали будет определяться движением начала координат системы $X' Y' Z'$, то есть точки O' . Потому перемещение точки B собираемой детали учитывается как изменение положения точки O' . Для однозначной связи ориентации точки O' с осями подвижной системы $X' Y' Z'$ предполагается, что углы прямой $O' n$, что проходит через точку O' , равны, а $\cos \gamma = 0,577$.

Функция цели представляется в нормируемом виде по отношению к метрике пространства, в котором определяется расстояние между собираемыми разнотипными деталями. В этом случае в качестве оптимальной функции цели целесообразно использовать пространственное квадратичное выражение от метрики пространства – расстояние между элементами и углами отрезков, которые соединяют эти элементы. Если считать элементами пространства функции цели, которые определяют сборочное перемещение деталей по отноше-

нию к базовым, то в общем случае это будет отвечать пространству $\int_a^b |x(t)|^p dt$ и сущест-

вует в смысле Лебега ($p = 1, 2, \dots$), а функция цели определяется как

$$K = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\left(\int_a^b |x_A(t) - x_B(t)|^p dx \right)^{1/p}}{x_A(t_0) - x_B(t_0)} + (1 + \cos(A, B))^2 \right\} \quad (4)$$

где расстояние между координатами векторов определяется метрикой пространства

$$\rho(A, B) = \left[\int_a^b |X_A(t) - X_B(t)|^p dx \right]^{1/p}, \text{ а угол между этими векторами описывается } \cos(A, B).$$

Запрещенные пространства могут быть заданы размерами геометрических фигур, например, шара, то есть на функцию цели налагается ограничение $\rho(A, B) \geq R + r$, где R, r - радиусы шаров запрещенных пространств. Поскольку расстояние между точками определяется как функция времени изменения координат, то, имея дифференциальные уравнения движения, можно оптимизировать функцию цели и в динамическом процессе. На основании проведенных теоретических исследований получены аналитические зависимости оптимизационной модели гибкой модульной сборки разнотипных деталей, которые позволили сформулировать принципиальные положения, подходы, связи и закономерности для разработки гибких модульных технологий и переналаживаемого модульного сборочного оборудования с оснасткой.

При рассмотрении модульных сборочных систем как объекта с определенными взаимосвязями и совокупностью необходимых функций и реализующих целевых модулей, их взаимодействия, для выбранных критериев разработана их классификация. Классификация имеет возможность расширения по новым критериям и углубления за счет ее детализации. Классификация описана с помощью матриц и может быть запрограммированной.

На основании установленных взаимосвязей гибкой модульной автоматической сборки получены типовые схемы структур гибких модульных сборочных систем, которые могут быть представлены комплексным орграфом. Выявленные закономерности развития структур дают возможность осуществлять целенаправленный переход от нужных требований, предъявляемых собираемым деталям к оптимальной структуре гибких модульных сборочных систем, модульных технологий, компонок переналаживаемого модульного сборочного оборудования и оснастки.

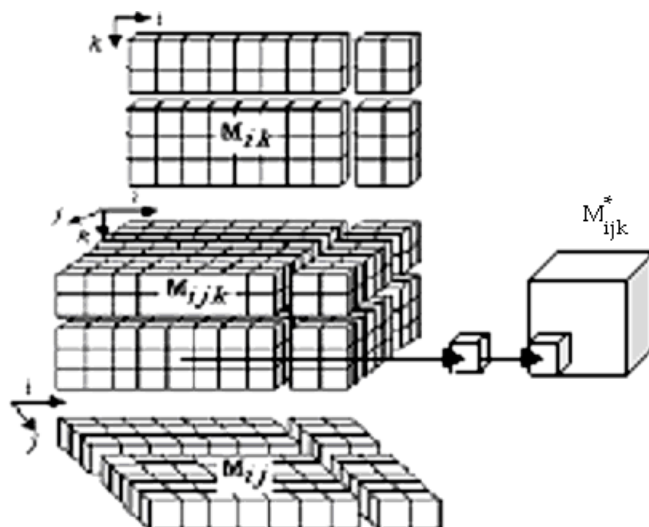


Рис. 2. Схема формирования объемной матрицы параметров сборочных модулей.

Основными элементами модульной сборочной технологии являются технологические

и конструкционные модули, которые математически записываются объемной матрицей, скомпонованной из обычных составляющих матриц (на рис. 2 составляющие матрицы показаны прямоугольниками). Объемная матрица M_{ijk} описывает общую классификацию сборочных модулей по выбранным критериям в трех направлениях. Передняя вертикальная матрица M_{jk} описывает разновидности модулей по типу сборочного соединения (направление j) и формой соединяемых поверхностей (k). Любой элемент этой матрицы, например соединение с цилиндрическими поверхностями, уточняется по двум другим критериям, размеру и точности, образуя верхнюю горизонтальную матрицу M_{ij} , а ее элемент является началом боковой вертикальной матрицы M_{ik} , которая конкретизирует способ сборки и производительность. Таким образом, каждый элемент объемной матрицы может быть сколь угодно расширенным. Объемная матрица записывается как

$$M_{ijk} = M_{ij} \cap M_{ik} \cap M_{jk}, \quad (5)$$

где: M_{ij} , M_{ik} , M_{jk} - составляющие объемной матрицы, что является ее пересечением;

\cap - логическое произведение „ \cap ”.

В зависимости от глубины конкретизации можно в дальнейшем оперировать операциями над множествами, достигая конкретных оптимальных решений.

Вначале модули следует классифицировать по функциональным элементам сборочной операции. Это модули загрузки, подачи, базирования, установки, пространственного и взаимного ориентирования, сопряжения, фиксации, снятия собранных изделий, транспортировки, контроля, диагностирования и управления. Определены конструкторские и технологические факторы, обуславливающие структуру сборочных модулей: рабочие и базовые поверхности, характер соединения, точность сборки, закрепления, базирования, сборочные движения и тому подобное.

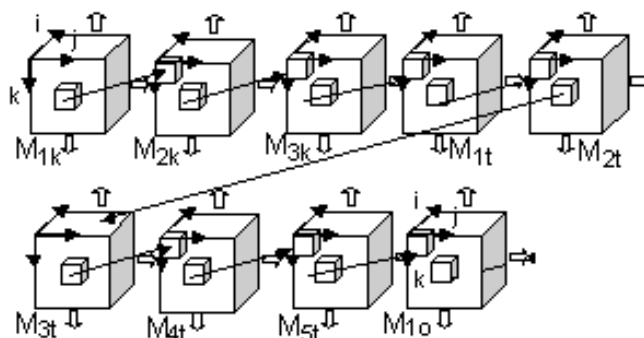


Рис. 3. Схема способа описания технологического модуля сборочного узла.

С использованием разработанного подхода методика описания технологического модуля сборочного узла (рис. 3) предусматривает использование матрицы соединяемых поверхностей деталей M_{1k} , которая описывает сопряжение поверхностей, разновидность соединения и предъявляемые к нему требования. Уточняя соединение поверхностей, следующая матрица макрогеометрии сборочного соединения M_{2k} конкретизирует вид функциональных перемещений, размеры и жесткость собранного узла. Матрица точности M_{3k} раскрывает метод достижения точности соединения, отклонения формы и взаимных перемещений. На этом описание конструкторских параметров заканчивается, хотя при необходимости может быть продолжено. Технологические параметры описывают матрицы структур M_{1t} (производительность, способ сборки, структура процесса), сборочных движений M_{2t} (основные, вспомогательные, разновидности), базирования M_{3t} (способ базирования, технологические базы, число одновременно собираемых деталей), ориентирование M_{4t} (пространственное, взаимное, способ ориентирования), сопряжения M_{5t} (характер сопряжения, фиксации, контроля), сборочной оснастки M_{6t} (оборудование, инструмент, приспособление) и режимов сборки M_{7t} (сила, способ приложения, подача). Матрица организации сборки M_{1o} имеет те же три направления

расширения, что и в предыдущих случаях: организационную форму сборки, межоперационные перемещения, транспортное оборудование. Предложено подобное описание собираемых деталей изделий.

С учетом взаимосвязей и закономерностей между сборочными переходами на основе теории структур предложен новый подход к формированию типовых структур модулей и гибких технологических процессов модульной сборки изделий, которые оцениваются оперативным временем и производительностью. В зависимости от степени совмещения основных и вспомогательных переходов получено по три класса и групп с подгруппами вспомогательных модульных процессов. Сформирована 51 типовая структура модулей и технологических модульных процессов. Методика выбора конкурирующих вариантов структуры проводится путем вычисления ее производительности и последующего сравнения с требуемой с дальнейшей оптимизацией. Выявлено также по три класса и групп структур, шесть подгрупп, которые образуют 18 типовых структур переналадки. Далее варианты структур модулей или модульных сборочных процессов сравниваются по критериям технологической себестоимости, устанавливается рациональная, которая уточняется и оптимизируется. Оптимизация технологических модульных процессов гибкой сборки решается в многоцелевой постановке за комплексным критерием, сущность которого состоит в определении характеристики распределительной функции, стратегии и режимов управления с точки зрения минимизации принятого показателя эффективности. Более просто, но менее точно установить оптимальную структуру процесса гибкой модульной сборки можно с применением теории графов, отображая оргграф структур или других элементов гибкой сборки, который в общем случае описывается системой матричных уравнений. Решение находится с помощью известных алгоритмов и программ, как определение минимального или максимального пути в таком графе.

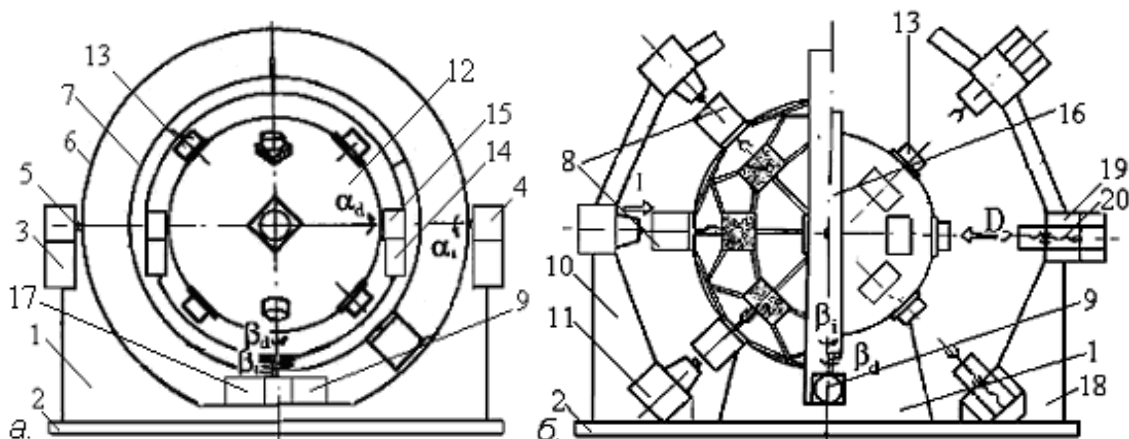


Рис. 4. Кинематическая схема сферического модульного сборочного центра:
а - вид спереди; б - вид сбоку

С использованием полученных закономерностей, взаимосвязей и предложенной методики проектирования получен ряд конструкций переналаживаемого модульного сборочного оборудования и оснастки, которые отличаются от известных новизной и новым положительным эффектом. Спроектирована оригинальная конструкция сферического модульного сборочного центра [3] (рис. 4), в котором на стойках 1 основания 2 установлены приводы точного 3 и быстрого 4 вращения. На их осях 5 смонтировано кольцо 6 вращения α_i инструментальной сферы 7 с инструментальными позициями 8 сборочных модулей и инструмента. Привод 9 обеспечивает второе вращение сферы 7 - β_i . Напротив инструментальных позиций 8 на неподвижной стойке 10 размещены накопители 11 сборочного инструмента, которые загружаются в направлении стрелки I. Такие же накопители 11 собираемых деталей имеют собственные накопители и модули разгрузки-загрузки. Внутренняя подвижная сфера 12, которая несет сборочные позиции 13 арочной сотовой конструкции, установлена на приводах

точного 14 и ускоренного 15 вращения α_d , которые смонтированы на подвижном кольце 16, установленном на верхнем и нижнем валах привода 17 вращения β_d . На стойке 18 напротив мест возможного расположения позиций 13 установлены накопители деталей 19, загружаемые в направлении стрелки D .

При работе центра сборочные позиции 13, размещенные на внутренней подвижной сфере 12, при вращении на α_d и β_d устанавливаются напротив накопителей деталей 19, и собираемые детали загружаются через межпозиционное пространство арочной конструкции сферы 7. Подобно выполняется загрузка инструментальных позиций 8. После этого по команде программы управления сборочные позиции 13 подвижной сферы 12 по очереди уставляются напротив требуемых инструментальных позиций 8, осуществляется их самоустановка и фиксация. На каждой позиции выполняется сборка согласно технологическому модульному процессу. Сущность нового подхода в создании сборочных центров заключается в использовании ряда подвижных сфер с многими сборочными и инструментальными позициями, самоустановкой и саморазгрузкой конструкции. На этой основе был создан подобный модульный обрабатывающий центр [4].

Обеспечение качества и конкурентоспособности изделий в гибком модульном сборочном производстве достигается за счет проведения опережающей их оценки, которая проводится при проектировании на компьютере виртуальных конструкций, гибкой модульной сборочной технологии, ее «прокрутке» по эксплуатации [5]. Применение виртуализации позволило значительно повысить эти показатели, увеличить количество высокоэффективных конструктивно-технологических решений, отбросить непригодные, значительно уменьшив сопроводительные расходы и увеличив эффективность применения конкурентоспособных изделий. Такая методика может быть рекомендуемой как обязательная перед окончательным принятием конструктивно-технологических решений. К преимуществам такой методики можно отнести возможность анализа и формирования конкурентоспособности на любом уровне. Поскольку модульная сборка является лишь частью изготовления изделий, то с целью упрощения вполне можно ограничиться определением технологической себестоимости за известными зависимостями.

Выводы

Теоретическими подходами формирования научных основ автоматизации модульных технологий гибкого сборочного производства можно считать принципы технологии типа CALS. Гибкость модульной сборочной системы обеспечивается на конструкционном, технологическом и алгоритмическом уровнях с использованием матриц времени сборки и переналадки, которые подлежат анализу и синтезу. Впервые предложен новый подход представления и описания модулей объемной матрицей их характеристик. Согласно принципам построения различных объектов из модулей, действующих закономерностей и их взаимосвязи, разработана методика построения технологических и конструкционных модулей, которые формируются параллельно. Предложена методология разработки гибких технологических автоматизированных модульных процессов и переналаживаемого сборочного оборудования, оснастки. Впервые разработана методика опережающей оценки конструктивно-технологических решений гибкого модульного сборочного производства, которая позволяет еще на предпроектной стадии выбрать лучшие варианты, подлежащие дальнейшей разработке и исключить неперспективные. Таким образом, для получения наибольшей эффективности при организации модульного автоматизированного сборочного производства необходимо полностью переходить на модульную основу, то есть все конструкции изделий, технологической оснастки, гибкой технологии сборки, управления и организации должны быть модульными. Построение производственного процесса должно осуществляться по принципам гибкой модульной автоматизированной технологии. При частичном решении этих вопросов эффективность принципа модульности при гибкой автоматической сборке снижается.

Литература

1. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении. -М.: Машиностроение, 2001 368 с.
2. Григор'єва Н.С., Божидарнік В.В., Шабайкович В.А. Автоматичне складання виробів. Вид-во „Надстир'я”, м. Луцьк, 2005, - 382 с.
3. Патент України № 55715 А, МКИ В25J9/08. Складальний центр./ Шабайкович В.А., Григор'єва Н.С., Марчук В.І., Поліщук О.С. Заявл. 22.5.02; Опубл. 15.04.03. Бюл. № 4. - 5 с.:іл.
4. Патент України № 63128 А, МКИ В25J9/08. Оброблювальний центр. / Шабайкович В.А., Григор'єва Н.С., Марчук В.І. Заявл. 09.12.02; Опубл. 15.01.04. Бюл. № 1. - 5 с.:іл.
5. Grigorjeva N. Scientific Foundation of Module Technologies for Flexible Assembling Production. Magazine „Akta Mechanika Slovaca”, Košice, ročník 12. 2-A/2008, -P. 225-231.

Обеспечение качества сборки узла штуцера тепловых подогревателей

Дмитриев А.В., д.т.н., проф. Рыльцев И.К.

Самарский Государственный Технический Университет

Начиная с 1995 года инвестиции по Самарской области ООО «Адверс» вкладываются в технологию изготовления предпусковых тепловых подогревателей (ПТП) двигателей грузовых автомобилей. Существенную долю в себестоимости ПТП составляют затраты на металлорежущее оборудование механической обработки деталей. В технологии крупного бизнеса точность неподвижных разъемных соединений обеспечивается методом полной взаимозаменяемости (ПВЗ). Конкурентоспособность малого бизнеса гарантируется методом регулировки (МР) при замене метода ПВЗ в технологии изготовления ПТП. Для предприятий малого бизнеса МР позволяет разработать энергосберегающую технологию, исключая механическую обработку ненормализованных деталей ПТП.

Цель исследования - разработать конкурентоспособную технологию малого бизнеса, исключая операции механической обработки ненормализованных деталей ПТП. Перераспределением технологического потенциала механической обработки между заготовительными и сборочными операциями решается задача - повышения эксплуатационных параметров ПТП на этапе сборки МР. Реализация МР предусматривает разработку методики структурно упорядоченной сборки (СУС), которая включает раскрытие свойств эксплуатационной стабильности в зависимости от качества сборки. Методика СУС сборки ПТП обеспечивает эффективное распыление топливоздушной смеси в камере сгорания, следовательно, уменьшает расход топлива. По методике СУС определяются предельные значения экономической точности сборки МР узла штуцера ПТП. Кроме того, оценивается стабильность круговой и угловой симметрий распыления топливоздушной смеси.

Общий вид узла штуцера ПТП представлен на рис. 1.

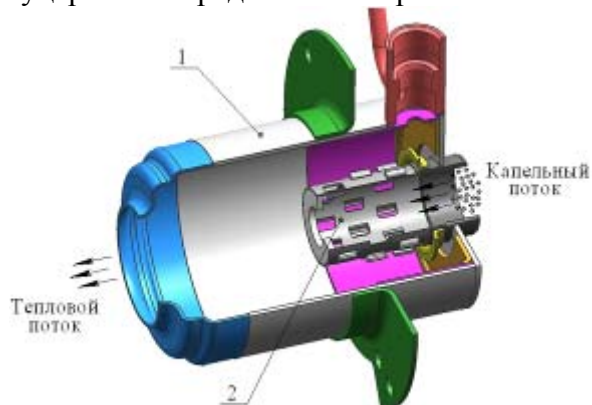


Рис. 1. Сборочные компоненты камеры сгорания предпускового теплового подогревателя: 1 – стакан, 2 – штуцер.