

системы.

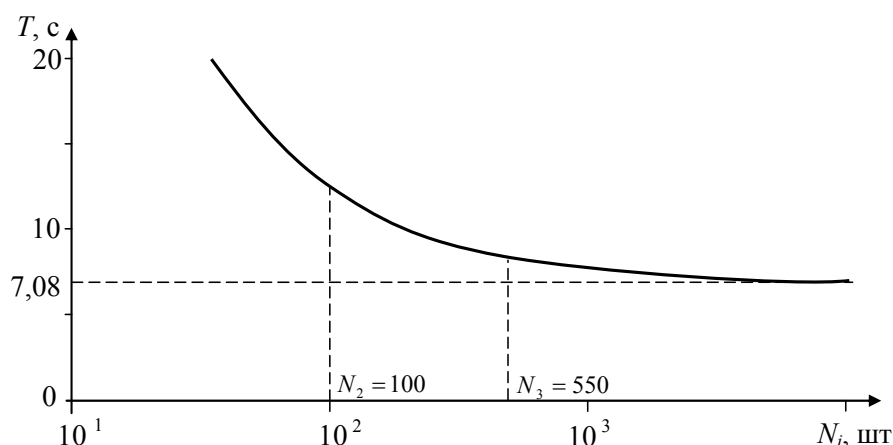


Рис. 4. Влияние величины серии собираемых шаговых двигателей N_i на такт выпуска изделий T посредством спроектированной сборочной системы.

Заключение

Рассмотренная методика позволяет определить эффективность внедрения и использования спроектированной автоматизированной сборочной системы шаговых электродвигателей с точки зрения производительности. В результате выполненных расчетов определено: $N_1 = 6$ шт – количество изделий, которое может быть собрано вручную за время, затрачиваемое на переналадку спроектированной автоматизированной сборочной системы; $N_2 = 100$ шт – величина запускаемой в производство серии изделий, при котором время переналадки спроектированной сборочной системы при переходе к новому изделию становится сопоставимым с временем, затрачиваемым на сборку всей серии; $N_3 = 550$ шт – величина запускаемой в производство серии изделий, при котором время переналадки спроектированной сборочной системы становится сопоставимым со временем на устранение сбоев в ее работе. Таким образом, сборка на спроектированной автоматизированной системе становится эффективной, если величина запускаемой в производство партии изделий одного наименования и типоразмера превышает 550 шт.

Литература

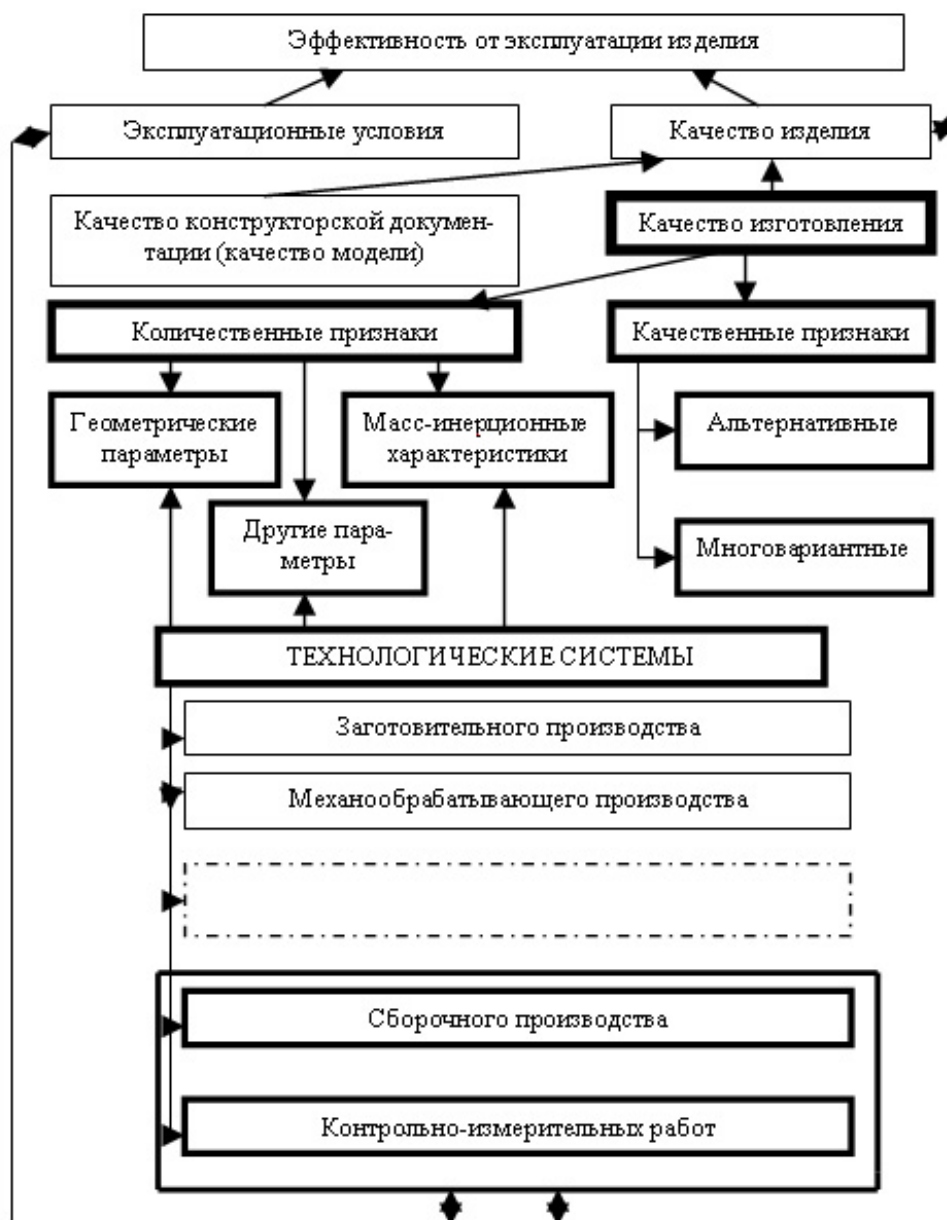
1. Гибкие сборочные системы / Под ред. У.Б. Хегинботам. – М.: Машиностроение, 1988. – 400 с.
2. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Т. III-5: Технология сборки в машиностроении / А.А. Гусев, В.В. Павлов, А.Г. Андреев и др.; Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. 2001. – 640 с.
3. Храбров А.С. Совершенствование процессов автоматизации сборочных работ. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение. 1979. – 230 с.

Технологическое обеспечение качества изделий в сборочном производстве

д.т.н., с.н.с. Медарь А.В.
ФГУП «НПО «Техномаш»

Эффективность функционирования изделия определяется эксплуатационными условиями и качеством самого изделия (рис. 1). Если эксплуатационные условия играют по отношению к изделию роль внешних возмущений в процессе его функционирования, то качество изделия целиком формируется в процессе его производства.

Технико-экономическое понятие «качество изделия» в отличие от философского понятия «качество», охватывает только те свойства изделия, которые связаны с возможностью



На предприятии-изготовителе качество изделия формируется технологическими системами заготовительного, механообрабатывающего, сборочного и других видов производств. В общем случае под технологической системой понимается совокупность функционально связанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей, предназначенных для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов и операций в соответствии с требованиями нормативно-



Рис. 2.

К основным параметрам качества, которые формирует технологическая система сборочного производства, относятся геометрические параметры и масс-инерционные характеристики. На эти группы параметров косвенно влияют практически все технологические системы, однако окончательно их действительные значения формируются в процессе общей сборки изделия. Помимо этих основных параметров технологическая система сборочного производства формирует и другие параметры качества изделия, такие как, например, герметичность узлов и блоков, надежность функционирования систем и агрегатов и т.д., которые сведены в раздел «другие параметры» (рис. 1).

Качественные признаки изделия подразделяются на альтернативные (например, наличие или отсутствие дефекта) и многовариантные (например, способ резервирования) и, как правило, могут влиять на вид функциональной зависимости показателя качества от его параметров.

Следует отметить, что к основным количественным параметрам, характеризующим качество изделия, формируемое в технологической системе сборочного производства, относятся не номинальные значения геометрических параметров и масс-инерционных характеристик изделий, а их отклонения от номинальных в рамках допустимых значений (предельных отклонений), вызванные технологическими погрешностями изготовления и сборки составляющих сборочных единиц и изделия в целом. К ним, прежде всего, относятся непрямолинейности действительных продольных осей, погрешности положений центров масс, геометрические эксцентриситеты центров и закрутки осей базовых сечений изделия, погрешности величины массы и моментов инерции изделия и т.п. величины, называемые выходными параметрами точности изделия.

Одной из основных целей производственной деятельности технологических подразделений является повышение надежности технологических систем. Под надежностью, в

свою очередь, понимается свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных показателей качества в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. Критерием отказа технологической системы сборочного производства при оценке ее надежности могут являться: выход показателей качества собираемого изделия за предельные отклонения, установленные в нормативно-технической документации; снижение ритма выпуска изделий ниже определенного уровня, установленного в нормативно-технологической документации; невыполнение установленного объема производства годной продукции в предусмотренные сроки и т.п.

При оценке по показателям качества за критерий отказа должен приниматься выход за заданный уровень только таких показателей качества изделия, значения которых регламентированы конструкторско-технологической документацией и формируются в процессе рассматриваемой технологической операции (процесса). Таким образом, одним из основных критериев оценки надежности технологической системы сборочного производства является вероятность нахождения в допуске выходных параметров точности (показателей качества) изделий.

Условием безотказности технологической системы по j -му показателю качества является выполнение неравенства:

$$\{E_{ij} \leq Y_j(t) \leq E_{sj}\} \text{ в каждый момент времени } t, \quad (1)$$

где: $Y_j(t)$ – значение j -го показателя качества изделия в момент времени t ,

E_{ij} и E_{sj} – соответственно нижнее и верхнее предельные отклонения допустимых значений для j -го показателя качества.

Вероятность выполнения технологической системой своего назначения по j -му показателю качества определяется как:

$$P\{E_{ij} \leq Y_j(t) \leq E_{sj}\} = P_j(t) \quad (2)$$

вероятность обеспечения технологической системой нахождения в допустимых пределах одновременно m показателей качества – как:

$$P\{E_{i1} \leq Y_1(t) \leq E_{s1}; E_{i2} \leq Y_2(t) \leq E_{s2}; \dots E_{im} \leq Y_m(t) \leq E_{sm}\} = P_m(t), \quad (3)$$

если $P_j(t)$ независимы, то $P_m(t) = \prod_{j=1}^m P_j(t)$ с учетом операций контроля - $P_{kj}(t) = 1 - [1 - P_j(t)]\beta_j(t)$,

где: $\beta_j(t)$ – риск потребителя, т.е. вероятность того, что по результатам контроля дефектное по j -му показателю качества изделие будет отнесено к категории годных.

Когда на отдельных сборочных операциях осуществляется последовательно несколько контрольных операций, имеющих различное значение $\beta(t)$, при условии их взаимной зависимости, вероятность выполнения задания технологической системой по j -му показателю качества определяется из выражения:

$$P_{kj}(t) = 1 - [1 - P_j(t)]\beta_{1j}(t)\beta_{2j}(t)\dots\beta_{lj}(t) \quad (4)$$

$$P_{kj}(t) = 1 - [1 - P_j(t)] \prod_{j=1}^l \beta_{ji} \quad (4)$$

В тех случаях, когда контролю подвергается m независимых показателей качества и значения $\beta(t)$ по каждому из них соответственно равны $\beta_1(t), \beta_2(t), \dots, \beta_m(t)$, то вероятность безотказной работы системы по m показателям качества определяется из выражения:

$$P_k = \prod_{j=1}^m \{1 - [1 - P_j(t)]\beta_j(t)\} \quad (5)$$

Аналогично вероятность обеспечения технологической системой сборочного производства заданного ритма выпуска определяется из следующего выражения:

$$P_R = \prod_{i=1}^n P_i(t) \quad (6)$$

$$P_i(t) = P\{E_{ij} \leq X_i(t) \leq E_{si}\}$$

Таким образом, с помощью технологической системы сборочного производства обеспечивается качество изделий по следующим основным количественным показателям – выходным геометрическим параметрам и масс-инерционным характеристикам (выходным параметрам точности изделий). Степень соответствия этих показателей номинальным значениям, заданным в конструкторско-технологической документации, и определяет пригодность изделия к выполнению возложенных на него функций в соответствии со своим назначением.

Повышение надежности технологической системы сборочного производства подразумевает увеличение вероятности обеспечения нахождения численных значений выходных параметров точности изделия в допустимых пределах, указанных в конструкторско-технологической документации в случае оценки по показателям качества, и повышение вероятности завершения сборочных операций в регламентированный промежуток времени при оценке надежности по ритму выпуска.

Общая методология обеспечения качества изделий в процессе технической подготовки их производства включает комплекс организационно-технических мероприятий, направленных в процессе технологического проектирования на формирование наиболее рациональной, с точки зрения обеспечения требуемых численных значений выходных параметров точности (ВПТ), технологии сборки и контроля и реализующих их средств технологического оснащения (СТО), а также на соблюдение заданных количественных норм точности при изготовлении СТО и реализации рабочих технологий в производстве.

Укрупненно данный комплекс мероприятий предусматривает:

- формирование, в соответствии с направлениями технологического прорыва, массива исходных данных для проектирования технологии и оборудования;
- выбор и обоснование, в соответствии с особенностями технологического проектирования для конкретных изделий и предприятий-изготовителей, стратегии и методов проектирования;
- математическое (статистическое, алгоритмическое и др.) физическое, имитационное моделирование объекта исследований;
- точностной анализ системы «изделие-технология-оборудование» и технологический синтез рабочих технологических процессов (ТП) и СТО;
- авторский надзор разработчика за внедрением технологии и оборудования в производство и корректировка конструкторско-технологической документации.

Научно-техническое развитие любой области знаний обычно проходит последовательно стадии наблюдения и эксперимента, теоретических исследований, организации производственных процессов. При этом важное место занимает моделирование как замещение объекта исследований другим, с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели. В технологическом проектировании при синтезе оборудования и технологий производства сложных и, как правило, уникальных изделий машиностроения к моделированию приходится прибегать довольно часто.

Из двух известных методов моделирования объектов исследований – физического и математического – первый, основанный на геометрическом подобии, или подобии процессов и структур, часто ограничен в применении. Гораздо большими возможностями обладает способ исследования процессов и явлений, имеющих разную природу, но описываемых одинаково с точки зрения математики – математическое моделирование. В этом случае модель является математическим отображением наиболее существенных сторон описываемого яв-

ния и представляет собой совокупность уравнений и ограничений. В результате проведенных в этом направлении исследований установлено, что зависимость структуры модели от задачи, для решения которой она строится, с одной стороны, и существование объективных противоречий между трудоемкостью и адекватностью модели реальному объекту, с другой, определяют подход к синтезу модели и степень детализации ее описания. Установлено, что в сборочном производстве общая структура описания объекта моделирования (с позиций системного подхода) базируется на тесной взаимосвязи и неразрывности физики процесса, технологии и оборудования (физических преобразований объекта, технологических процессов, обуславливающих эти преобразования и средств технологического оснащения, обуславливающих практическую реализацию данного технологического процесса), образующих в совокупности единую многоуровневую иерархическую систему (рис. 3).

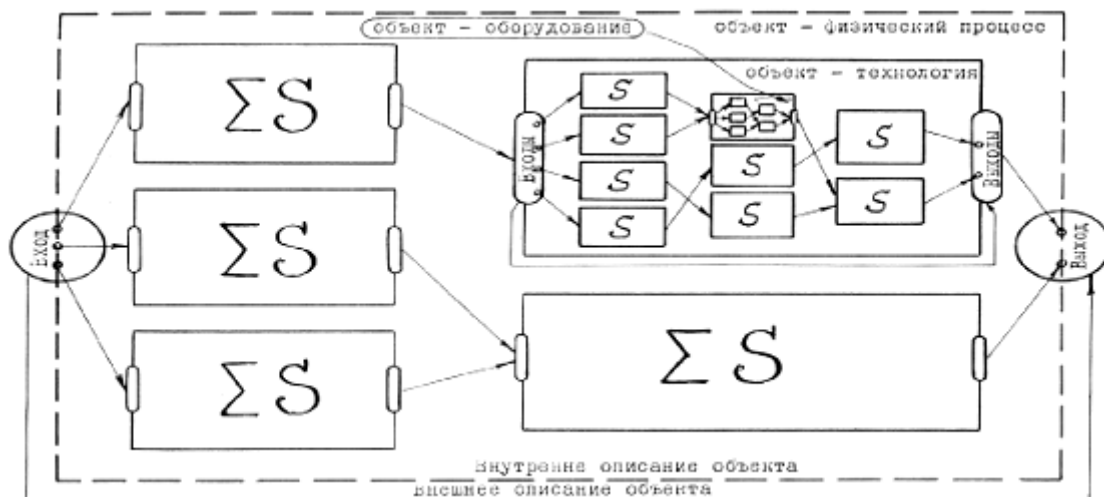


Рис. 3.

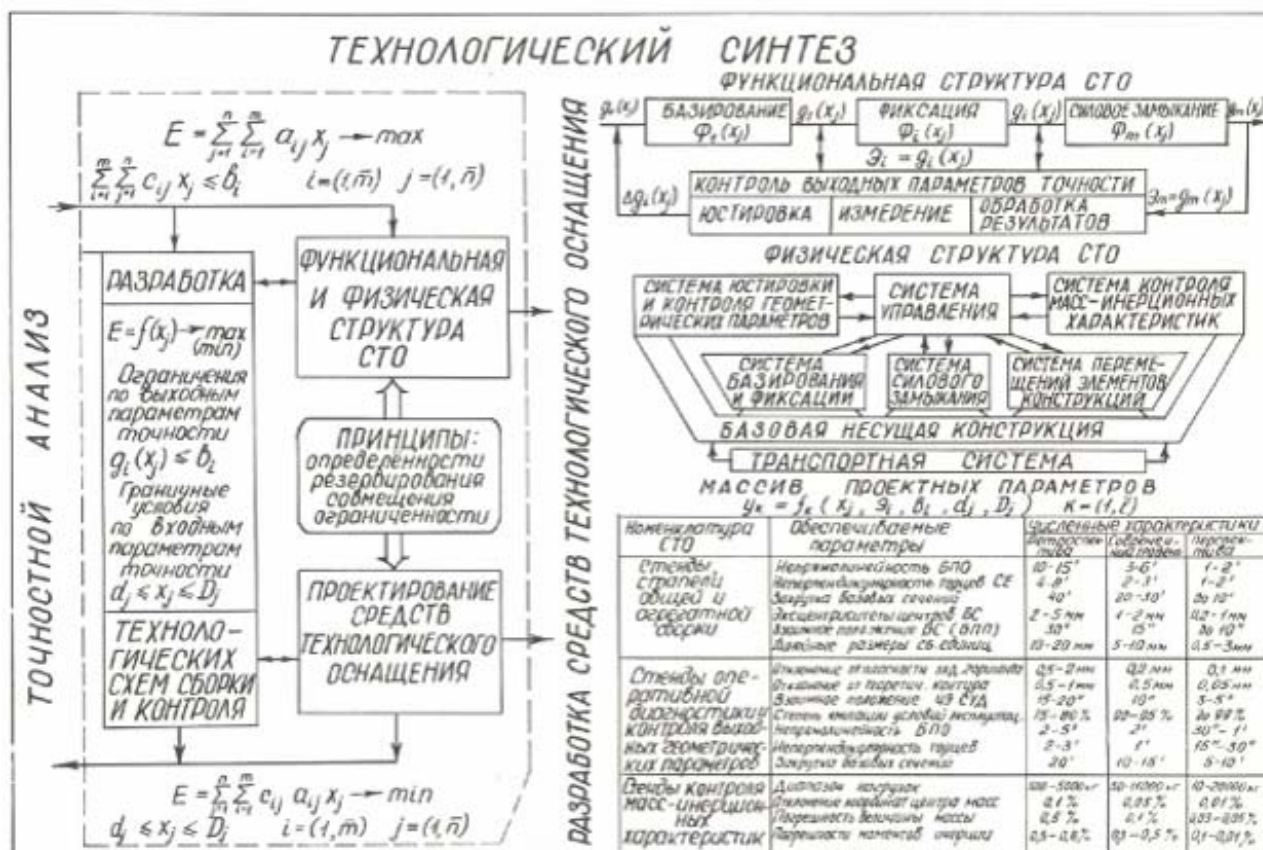
Степень детализации описания и конкретный вид модели зависят от этапа технологического проектирования и задач, стоящих перед разработчиками технологии и оборудования на данном этапе.

Технологическое проектирование является, прежде всего, прикладной наукой, но имеющей значительную теоретическую основу в части учения о типизации технологических процессов, о путях повышения производительности и экономичности технологии и оборудования, теории точности, размерного анализа, автоматизированного проектирования и других теоретических разделов.

В научных исследованиях, как правило, преобладает элемент анализа, а при создании новой технологии (техники) – элемент синтеза. Синтез ведет к потенциально новым возможностям дальнейшего анализа, так как обеспечивает разработчиков новыми средствами, а целенаправленный (ведущийся в конкретном, обоснованном направлении) анализ способствует увеличению разнообразных синтезированных технологий и реализующих их СТО. В связи с этим с известной степенью условности технологическое проектирование можно разбить на два взаимосвязанных этапа – этап точностного анализа и этап технологического синтеза (рис. 4).

Первый из этих разделов – точностной анализ как метод научного исследования включает комплекс мероприятий по выявлению закономерностей и исследованию процессов формирования параметров качества изделий, а также разработку наиболее оптимальных (с точки зрения поставленной цели исследований) распределений точностных требований к изделию, технологическому процессу и реализующим последний СТО.

Второй этап проектирования – технологический синтез процессов и оборудования – включает комплекс мероприятий по разработке на базе точностного анализа технологических процессов, функциональных и физических структур оборудования и, в конечном счете,



Более подробно состав разделов, общие закономерности и методология проведения точностного анализа и технологического синтеза изложены в следующих работах [1-2].

В соответствии с принципом непрерывности формирования количественных характеристик качества изделия, в процессе взаимодействия трех основных компонентов технологической системы сборочного производства «изделие-технология-оборудование» должна реализоваться концепция системного подхода, включающего декомпозицию - анализ процесса формирования выходных параметров точности изделия по сборочным операциям – и последовательную композицию - синтез технологических процессов сборки, функциональных и физических структур, конструктивно-компоновочных схем средств технологического оснащения (ТП и СТО сборочного производства). Такой подход создает предпосылки для формирования единой теоретической основы технологического проектирования на базе точностного анализа и единой практической основы на базе технологического синтеза, направленных на решение задач создания рациональных по временным и материальным затратам методов и средств технологического обеспечения качества изделий в сборочном производстве[3-4].

1. Медарь А.В. Влияние технологических погрешностей производственного процесса на выходные массовые характеристики космических летательных аппаратов // Производственно-технический опыт, 1984, №3. с.19-27.
2. Медарь А.В. Методология технологического синтеза // Технология машиностроения, 2008, №4. с. 57-60.
3. Медарь А.В. Обеспечение качества изделий в сборочном производстве.- М.: ГОНТИ-2, 1988.- 58с.

4. Медарь А.В. Технологическое обеспечение качества изделий машиностроения.- Федерация космонавтики России. Научно-технические технологии производства. Сборник научных трудов, вып.2, 2004.-с.101-105.

Оптимизация метода индивидуального подбора для многозвенных размерных цепей

д.т.н., проф. Непомилуев В.В., Майорова Е.А.

ГОУ ВПО «Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П.А. Соловьева», кафедра ОП и УК

Современное машиностроительное производство характеризуется частой сменяемостью и большим разнообразием выпускаемых изделий, применяемых материалов, технологических процессов изготовления и сборки. Для того чтобы в этих условиях оставаться конкурентоспособным, оно должно быстро и гибко реагировать на изменение рыночного спроса, последние достижения техники и технологии, постоянно поддерживая высокое качество выпускаемой продукции.

Одним из способов достижения конкурентоспособного качества изделия является использование метода индивидуального подбора деталей при сборке сложных изделий. Этот метод позволяет в значительной степени взаимно компенсировать погрешности изготовления деталей.

Ранее авторами были рассмотрены способы осуществления и возможности метода индивидуального подбора деталей для простейших размерных цепей, состоящих из 2 составляющих и 1 замыкающего звена [1]. Были разработаны соответствующие оптимальные алгоритмы подбора.

Метод индивидуального подбора деталей реализуется с помощью компьютера и основан на рассмотрении различных возможных вариантов соединения деталей. От количества рассмотренных вариантов зависит достигаемое качество сборки и трудоемкость подбора. В результате компьютерного моделирования определяется наилучший вариант соединения деталей. Перед осуществлением реального процесса сборки сборщик получает указания, какие именно конкретные детали из имеющихся в его распоряжении необходимо соединить в данном комплекте. Таким образом, управляемость процесса сборки в этом случае обеспечивается введением выполняемой на компьютере дополнительной операции комплектации перед сборкой.

При использовании метода индивидуального подбора деталей для многозвенных размерных цепей задача существенно усложняется, поскольку количество возможных вариантов существенно увеличивается. В связи с этим необходимо разработать новые алгоритмы подбора, позволяющие при приемлемой трудоемкости получать «хорошие» результаты. «Хорошими» будут считаться варианты, когда достигаемая погрешность незначительно больше минимально достижимой, а трудоемкость осуществления подбора существенно ниже.



Рис. 1. «Хорошие» варианты алгоритмов.