

Организация структуры комплекса проектных процедур для автоматизации технологической подготовки производства высокоточных узлов

*А.В. Назарьев,
асп. каф. ТМС, alex121989@mail.ru,
П.Ю. Бочкарев,
проф. каф. ТММ, д.т.н., проф., bpy@sstu.ru
СГТУ, г. Саратов*

В статье формируется структура комплекса проектных процедур, который основывается на установлении связи между технологической подготовкой обрабатываемого и сборочного производств. Также в статье рассматриваются математическая модель представления и анализа деталей и сборок (исходными данными являются полученные графы сопряжений сборочной единицы и графы размеров) и подход для автоматизации расчета технологических размерных цепей (исходными данными являются граф технологического процесса и размерные цепи).

In the present paper the discipline of the holistic approach (complex of design procedures) which provide the effectiveness of the realization of the assembly operations is considered. The effective realization of the assembly operations is based on the links between the process design of the manufacturing of the high-precision products and the process design of the assembly production of the high-precision products. Moreover, mathematical models and approaches of realization of the complex are considered in this paper.

Введение

Перед современным производством стоит задача выпуска в короткий срок небольшими партиями изделий высокой функциональной точности. Унификация и организация группового производства позволяют обеспечить выпуск небольших партий изделий в заданные сроки, а требуемая точность достигается при традиционных методах изготовления усложнением технологического оборудования и использованием информационных и измерительных технологий. Но, как только требуемая функциональная точность изделий (приборов и машин) превзошла точность обрабатываемого и сборочного оборудования почти на порядок, возникла проблема достижения заданного качества и точности высокоточных изделий при их изготовлении [1]. Данная проблема решается в большинстве случаев затратными способами в виде многочисленных переборок, доработок и уточнения конструкции, поскольку эти требования в серийном производстве находятся на грани максимально технологически достижимых. Кроме того, значительные трудности, особенно на этапе сборочного производства, создает влияние непознанных и неуправляемых причин, вызывающее непрогнозируемый разброс заданных эксплуатационных характеристик [2-4].

Представленные методы достижения точности сборки не являются универсальными и зависят от типа производства и конструктивных особенностей изготавливаемых изделий. Например, метод селективной сборки обеспечивает требуемое качество изделий из деталей, точность изготовления которых значительно меньше требуемой функциональной; он обеспечивает низкую себестоимость изготовления изделия, но эффективен только в массовом производстве. Кроме того, при сборке высокоточных изделий, в основном, не предусматривается возможность использования методов селективной сборки, индивидуальной пригонки и регулирования, а применяются производственные приемы достижения точности, связанные с доводочными работами, что негативно сказывается на длительности и стоимости сборочного цикла.

Именно поэтому необходимо проведение исследований по созданию комплексного подхода к решению существующих задач в машиностроении, особенно сборки высокоточных изделий, т.к. основными особенностями эффективного функционирования машиностроительных предприятий являются сжатые сроки и высокое качество технологической подготовки производства (ТПП) [3, 4]. На сегодняшний день наблюдаются разрозненные решения отдельных задач этой проблемы, таких как повышение качества и точности собираемых изделий, снижение затрат на материалы, внедрение ресурсосберегающих технологий и т.п. Отсутствует отвечающая реальным требованиям концепция системы в целом [2].

Результаты исследований

Предлагается подход (комплекс проектных процедур), который основывается на установлении связи между технологической подготовкой обрабатываемого и сборочного производств с учетом требований, заложенных при проектировании изделия [5, 6]. В общем виде связь представлена на рис. 1. Данный подход позволит в зависимости от складывающейся производственной ситуации выбирать оптимальные технологические процессы обработки элементов, учитывающие требования последующей сборки, что, в свою очередь, позволит снизить трудоемкость, время изготовления и себестоимость, повысить качество и точность высокоточных изделий, а также сократить время и трудоемкость при ТПП.

Структура комплекса включает в себя следующие процедуры:

- анализ требований к сборке высокоточных изделий;
- анализ возможных технологических процессов обработки деталей, входящих в высокоточные изделия;
- выбор на основе анализа рациональных технологических процессов.

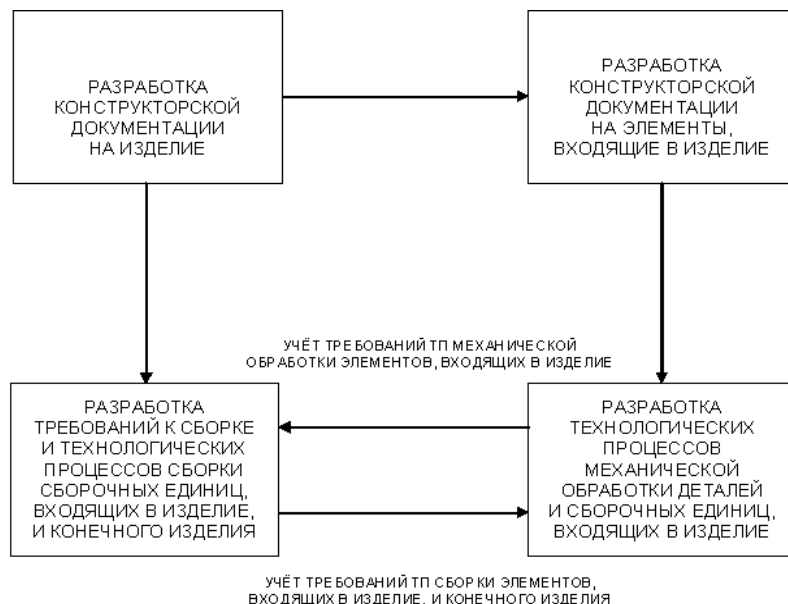


рис. 1. Связь между технологической подготовкой обрабатывающего и сборочного производств с учётом требований, заложенных при проектировании изделия

Структура комплекса в общем виде приведена на рис. 2.

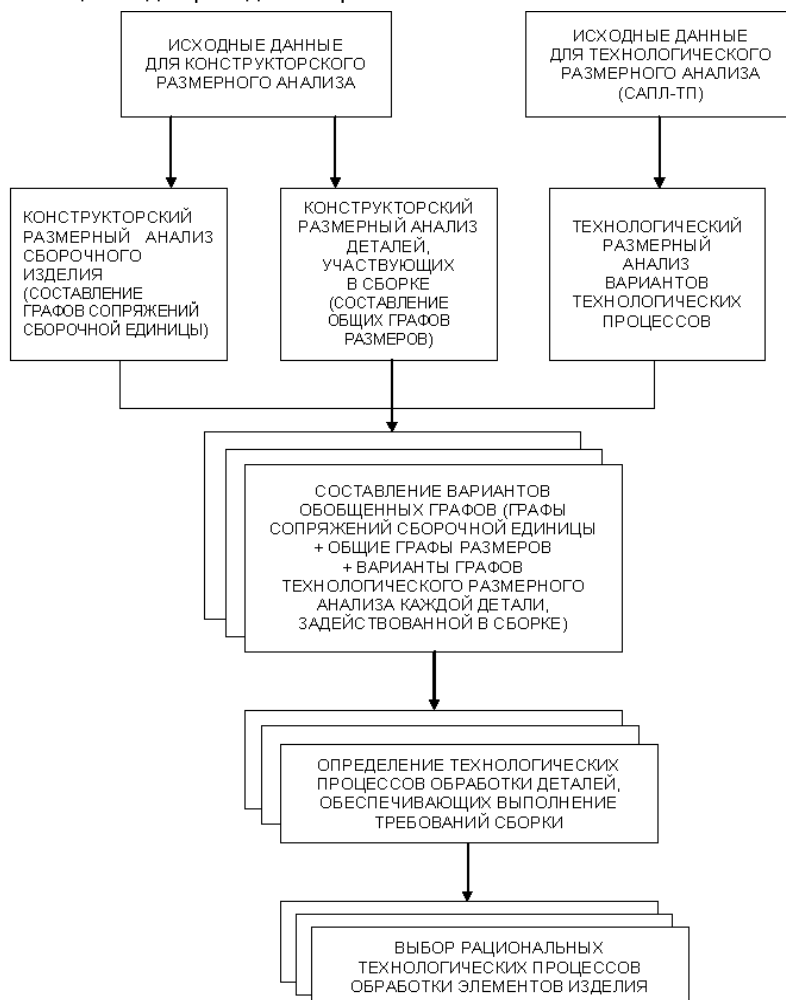


рис. 2. Структура комплекса проектных процедур

Анализ исходных данных и разработка рациональных технологических процессов в системе автоматизированного планирования технологических процессов (САПЛ-ТП) [7, 8] включают в себя несколько этапов.

На начальных этапах проводится конструкторский размерный анализ сборочного изделия и деталей, задействованных в сборке, и технологический размерный анализ множества возможных вариантов технологических процессов, разработанных в САПЛ-ТП. Исходными данными для проведения конструкторского размерного анализа являются:

- конструкторская документация на сборочное изделие;
- конструкторская документация на детали, задействованные в сборке.

На основе исходных данных проводится конструкторский размерный анализ сборочного изделия и деталей, участвующих в сборке. В ходе него определяются критичные требования сборки и детали, участвующие в этих требованиях.

Размерные связи машиностроительных деталей (сборочных изделий) представляются графом, вершины которого обозначают элементарные поверхности, а ребра – размерные связи между ними. В результате конструкторского размерного анализа формируются графы сопряжений сборочной единицы и графы размеров. Для автоматизации этапа применена математическая модель представления и анализа деталей и сборок, исходными данными для которой являются полученные графы сопряжений сборочной единицы и графы размеров [9].

Проектирование технологических процессов в настоящее время невозможно без участия технологов. Это приводит к субъективному подходу при принятии решений на стадии ТПП и, как следствие, к снижению показателей эффективности работы производственных систем при реализации технологических процессов. Кроме того, разработка технологических процессов неавтоматизированными методами в условиях многономенклатурного производства позволяет анализировать ограниченное число вариантов на отдельных этапах проектирования. Следствием этого являются потеря качества технологических решений и увеличение сроков ТПП. Одним из подходов, позволяющих автоматизировать ТПП, является САПЛ-ТП. Данная система позволяет обеспечивать параллельное проектирование технологических процессов для заданной группы деталей в рассматриваемый период времени с учетом реально складывающейся производственной ситуации [7, 8].

Исходными данными для технологического размерного анализа является множество вариантов технологических процессов изготовления деталей, задействованных в сборке, полученное в САПЛ-ТП.

Технологический размерный анализ заключается в построении графов возможных технологических процессов изготовления деталей. Граф представляет собой совмещение двух деревьев: производного и исходного. Производное дерево отображает технологические размеры, исходное дерево – конструкторские размеры и размеры припусков. Таким образом, граф технологического процесса позволяет в закодированной форме представить геометрическую структуру технологического процесса обработки и является его математической моделью. Применение таких математических моделей позволит выбирать технологические процессы обработки элементов, в наибольшей степени удовлетворяющие требованиям по точности изготовления и требованиям сборки изделия.

На рис. 3 а, 3 б представлены размерные схемы (радиальное направление) двух вариантов технологических процессов для детали «Ось» и их расчет на точность с применением теории графов (A – конструкторские размеры, T – технологические размеры, Z – размер исходной заготовки, Z – припуски на механическую обработку).

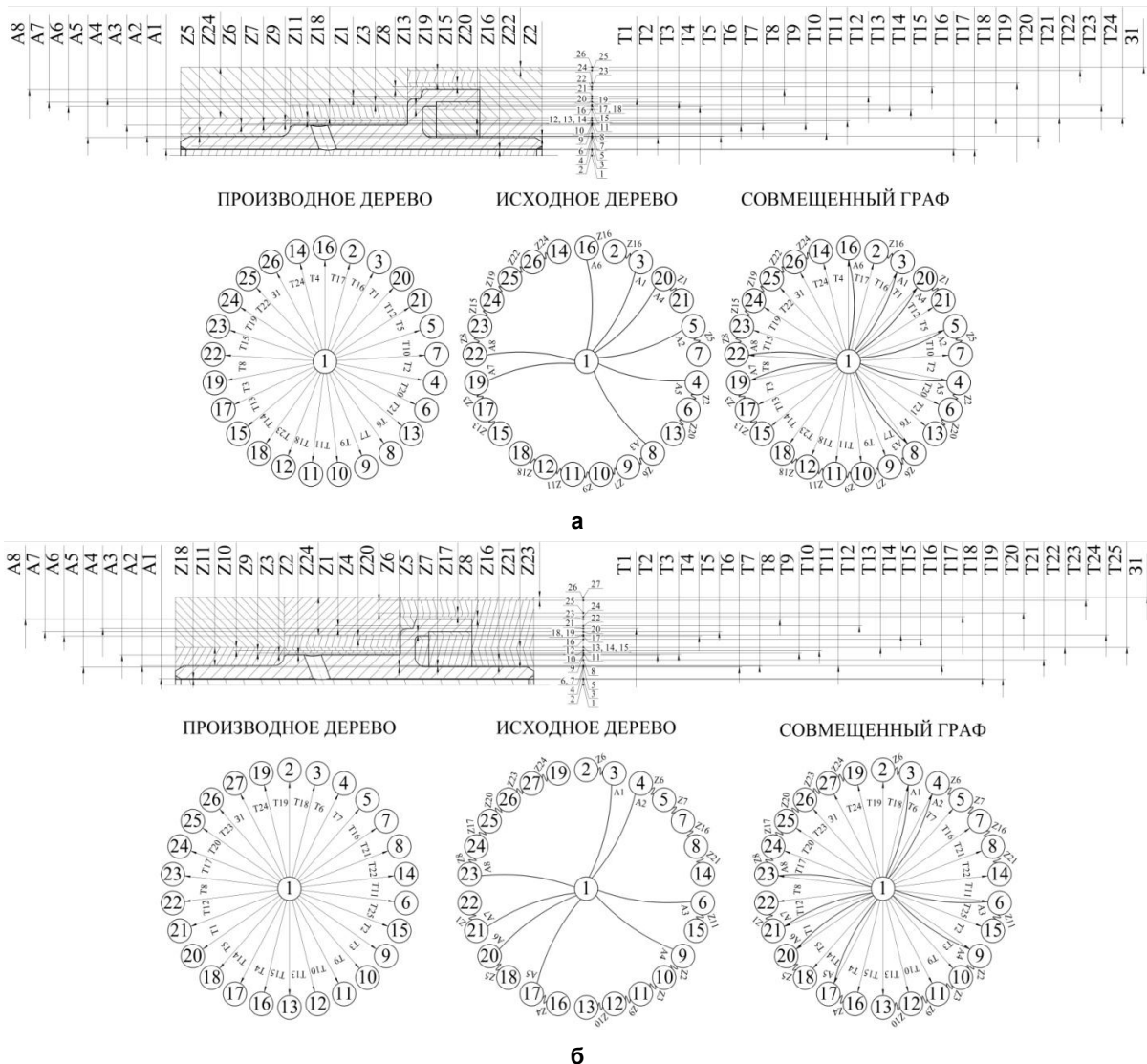


рис. 3. Размерная схема и расчёт на точность для технологического процесса № 1 (а) и технологического процесса № 2 (б) детали «Ось»

Для автоматизации расчета технологических размерных цепей использован подход, исходными данными для которого являются граф технологического процесса и размерные цепи. В нем используются две матрицы: номинальных размеров и допусков. Можно выделить следующие преимущества данного подхода:

- отсутствует необходимость выявления увеличивающих и уменьшающих звеньев отдельных размерных цепей и составления уравнений расчета;
- для выполнения необходимых расчетов номинальных размеров и их допусков требуется составить только две матрицы смежности (матрицу допусков и матрицу номинальных размеров) и размерную цепь;
- при реализации алгоритма не требуется особая нумерация поверхностей;
- алгоритм позволяет автоматизировать расчеты цепей отклонения формы и расположения;
- алгоритм может быть применен как для размерного анализа технологических процессов деталей типа «тело вращения», так и более сложных изделий [10, 11].

На заключительном этапе выбирается множество технологических процессов изготовления деталей, удовлетворяющих требованиям сборки (точность и качество изготовления, собираемость изделий). Среди них определяется вариант рационального технологического процесса с учетом складывающейся производственной ситуации. Выбор варианта рационального технологического процесса осуществляется по следующим критериям:

- время реализации технологического процесса;
- количество операций технологического процесса;
- производственные мощности предприятия (наличный парк станков, технологическая оснастка, средства измерения и прочие условия, при которых должна осуществляться обработка детали);
- себестоимость изготовления детали;
- стоимость реализации;
- норма прибыли.

Выбор рационального технологического процесса осуществляется методом многокритериальной оптимизации с применением генетического алгоритма [12-14].

Основные результаты

Представлена структура и проанализированы возможные решения реализации комплекса проектных процедур, обеспечивающего эффективное выполнение сборочных операций на основе связи между ТПП обрабатывающего и сборочного производств высокоточных изделий, с учётом требований, заложенных при проектировании изделия.

Заключение

Реализация данного подхода в САПЛ-ТП является актуальной, так как комплекс проектных процедур позволит учитывать реально складывающуюся производственную ситуацию и выбирать рациональные технологические процессы обработки деталей с учетом требований сборки, что позволит снизить трудоемкость, время изготовления и себестоимость, повысить качество и точность высокоточных изделий, а также сократить время и трудоемкость при ТПП.

Литература

1. Падун, Б. С. Взаимодействие процессов механического и сборочного производства // Приборостроение. 2014. №8 С.12-15.
2. Семенов, А. Н. Проблемы теоретического обеспечения сборки высокотехнологичных изделий / А. Н. Семенов // Инструмент и технологии. - 2004. - № 21 - 22. - С. 122 -124.
3. Суслов, А. Г. Научные основы технологии машиностроения / А. Г. Суслов, А. М. Дальский. - М. : Машиностроение, 2002. - 684 с.
4. Базров, Б. М. Основы технологии машиностроения : учебник / Б. М. Базров. - М. : Машиностроение, 2005. - 736 с.
5. Назарьев А. В. Обеспечение эффективного выполнения сборочных операций высокоточных изделий машиностроения и приборостроения / П. Ю. Бочкарев, А. В. Назарьев // Научно-технические технологии в машиностроении. 2016. Т. 1. №.12. С. 28-34.
6. Назарьев, А. В. Организация эффективного выполнения сборочных операций высокоточных изделий авиационно-космической техники / А. В. Назарьев, П. Ю. Бочкарев // Вестник РГАТУ имени П.А. Соловьева. 2017. №.1 (40). С. 227-235.
7. Бочкарев, П. Ю. Системное представление планирования технологических процессов механообработки [Текст] / П. Ю. Бочкарев // Технология машиностроения. - 2002. - N 1. - С. 10-14.
8. Митин, С. Г. Автоматизация принятия конструкторских решений в соответствии с технологическими возможностями многономенклатурных производственных систем [Текст] / С. Г. Митин, П. Ю. Бочкарев // Научно-технические технологии в машиностроении. - 2014. - № 11 (41). - С. 44-47.
9. Гречников, Ф. В. Проектирование технологических процессов сборки по критериям точности / Ф.В. Гречников, С.Ф. Глушенко // Вестник СГАУ. - 2011. №3-4. С.38-43.
10. Thimm, G. A graph theoretic approach linking design dimensioning and process planning. Part 1: Designing to process planning / G. Thimm, G.A. Britton, S.C. Fok // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2004. – P. 261–271.
11. Мухолзоев, А.В. Алгоритм модуля автоматизированного расчета технологических размерных цепей [Текст] / А. В. Мухолзоев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2015. – Т.15, №3. – С. 48-55.
12. Курейчик В.М. Генетические алгоритмы и их применение. – Таганрог: изд. ТРГУ, 2002. – 244с.
13. Батищев Д.И. Генетические алгоритмы решения экспериментальных задач. Нижегородский госуниверситет. – Нижний Новгород: изд. ННГУ, 1995. – 62с.
14. Усачев М.С. Многокритериальный выбор вариантов технических средств распределённых систем управления на основе чётких, нечётких множеств и генетических алгоритмов : Дисс. ... кандидата техн. наук: 05.13.01 - Защищена 18.05.2016 г. / ФГБОУ ВПО МГУЛ. - Мытищи : МГУЛ, 2016. - 238 с.