

---

УДК 658.512; 004.82

## **Управление параметрами объектов производственной среды при разработке технологического процесса сборки изделия**

А.С. Говорков

### **Аннотация**

Исследование относится к области автоматизации технологической подготовки сборочного производства в самолетостроении. Предложен алгоритм формирования выбора технологических операций при сборке узла планера самолета на основе использования образа изделия. Описание объектов производственной среды и их взаимосвязи выполнено в виде теоретико-множественной модели.

### **Ключевые слова**

сборка; проектирование; технологический процесс; образ изделия; база знаний.

В современном авиационном производстве при проектировании технологического процесса (ТП) сборки необходим комплексный подход, так как авиационный сборочный узел это сложный технологический объект.

В основе проектирования любого ТП сборки изделия должны быть заложены следующие основные принципы:

- а) обеспечение высокого качества собираемого изделия, гарантирующего долговечность и надежность его эксплуатации;
- б) минимальный цикл сборки;
- в) минимальная трудоемкость слесарно-сборочных работ;
- г) применение рациональной механизации, прямо влияющей на повышение производительности и облегчение труда сборщиков.

Разработке технологического процесса сборки изделия должна предшествовать своевременная работа технологов в конструкторском отделе над технологичностью запроектированного изделия.

При традиционных методах проектирования формирование технологического процесса осуществляется путем ввода информации с чертежа или другой информации в диалоговом режиме, что выполняется технологом и является весьма трудоемким процессом

[1]. Эта задача значительно усложняется при проектировании технологического процесса сборки, особенно таких сложных изделий, как узлы и агрегаты планера самолета.

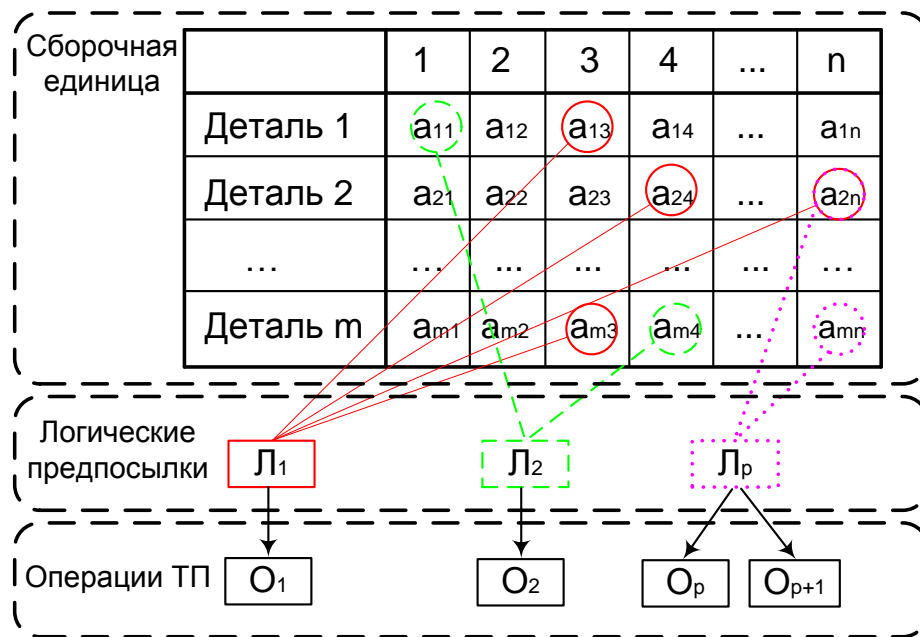
При неавтоматизированной подготовке производства технологические процессы разрабатываются непосредственно в виде комплектов технологической документации. При использовании автоматизированных систем технологической подготовки производства (ТПП) создаваемые описания технологических процессов размещаются в компьютерной базе данных, а соответствующая документация становится лишь отображением внутреннего представления ТП во внешнюю сферу. Хранящиеся в базе данных ТП являются основным источником информации для решения задач автоматизированного управления технологической подготовкой производства[1].

Основной принцип разработки технологического процесса – назначение технологических операций (ТО), оборудования, материалов, инструмента, исполнителей на основе опыта технолога или выбором необходимых данных из соответствующих справочников.

Проектирование операций является многовариантной задачей. Для построения ТО необходимо знать маршрут сборки изделия, схему его установки, какие узлы и с какой точностью собраны на предшествующих операциях. На построение ТО оказывает влияние ряд факторов: конструкция изделия (размер, масса и др.); технические условия на его сборку (допуски на размеры и взаимное расположение собираемых деталей); вид собираемого изделия; программа выпуска; модель оборудования; конструкция приспособления.

ТО дают сложную структуру ТП, элементами которой являются технологические переходы. Эти компоненты ТП связаны между собой различными отношениями, основными среди которых являются временные, пространственные, логические и математические [2]. При оптимизации операций ТП определяют их количество и последовательность выполнения, режимы, припуски на сборку и промежуточные размеры, нормы времени, технологические допуски и др.

Исходными данными для проектирования ТП сборки являются компьютерная модель изделия (КЭМ сборки, созданная в системе NX), в данной работе рассматривается не весь КЭМ сборочной единицы (СЕ), а его образ (рис. 1).



**Рис. 1.** Образ сборочной единицы

Процесс проектирования с позиций теории познания можно отнести к распознаванию объекта в пространстве всего имеющегося множества объектов. В этом случае распознается не то, что существует, а то, что должно существовать для удовлетворения определенных целей. Процесс распознавания разворачивается среди факторов будущего непосредственного и косвенного окружения ТП. В такой постановке основными компонентами проектирования выступают:

- 1)  $C = \{c_i\}, i = \overline{1, n}$  – множество целей проектирования ТП;
- 2)  $P = \{p_i\}, i = \overline{1, m}$  – множество параметров ТП;
- 3)  $X = \{x_i\}, i = \overline{1, k}$  – множество вариантов технического решения;
- 4)  $V = \{v_i\}, i = \overline{1, l}$  – множество технических решений ТП.

Компоненты проектирования взаимосвязаны. Между множеством целей и множеством параметров, а также между множеством параметров и множеством вариантов технического решения существует соответствие. Если для проектирования выбрано некоторое подмножество  $C_c$  множества  $C$ , то на основе композиции соответствий в множестве  $X$  определяется некоторое подмножество  $X_c$ , составляющее образ множества  $C_c$ . Отображение  $X_c$  на множество оценок дает возможность отыскать рациональный вариант технического решения, наилучшим образом отвечающий выбранным целям проектирования.

Процедурно процесс проектирования ТП можно представить в виде модели, изображенной на рис. 2.

Сплошными стрелками обозначены прямые переходы к последующим процедурам, пунктирными – обратные, возникающие в случае неудачи при выполнении процедуры.

Технологический модуль представляет собой набор из следующих элементов:

1) баз данных (БД) – совокупность фактов, рассортированных по принадлежности к разным типам объектов технологического проектирования ( типовые изделия, оборудование, инструмент, сборочная оснастка и др.);

2) баз знаний (БЗ) – совокупность правил, составленных на основе опытов экспертов (технологов) в рассматриваемой области решаемых задач и использующих параметры из БД,

3) модуль принятия решения – технологический модуль, используемый БД, БЗ и предлагаемый решения по заданной функции для целевого изделия (образа объекта).



**Рис.2.** Принципиальная модель проектирования ТП сборки

Выбор функций связан с определением некоторого подмножества  $S_c$  множества функций  $S$  исходя из требований к будущему объекту, диктуемых потребностью в ТП и факторами его окружения. Примерами функций могут быть: «методы сборки», «последовательность сборки»; «точность сборки» и др.

Поиск вариантов технического решения проводится с учетом требуемых параметров ТП, а принятие решения означает оценку вариантов и выбор из них того, который в наилучшей степени отвечает потребительским функциям. Анализ принятого решения проводится для более углубленного изучения выбранного варианта.

На концептуальном уровне сборочная единица представляет собой матрицу вида [3]:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix},$$

где  $a_{mn}$  –  $n$ -й значащий параметр  $m$ -ой детали.

Логические предпосылки представляют собой линейный массив вида  $L = \{L_1; L_2; \dots; L_p\}$ , где  $L_p$  – предпосылка для принятия решения при выборе операции ТП.

Следовательно, операции в технологическом процессе можно представить в виде  $O = A \cap L$ , а весь технологический процесс – в виде линейного массива  $T = \{O_1; O_2; \dots; O_p\}$ , который можно ранжировать с учетом иерархии операций технологического процесса.

Следовательно, формирование технологического процесса сборки осуществляется постепенно, в зависимости от состава действительно определенных параметров у рассматриваемых элементов деталей в момент распознавания образа.

При формировании образа изделия в нем может быть учтено:

- тип изделия;
- точность сборки;
- методы базирования деталей в сборке и др.

Полученный образ изделия, можно использовать на различных уровнях технологической подготовки производства, таких как:

- формирование технологических процессов (изготовление детали, сборка узла и т.п.);
- написание управляющих программ для станков с ЧПУ;
- автоматизированный выбор технологических процессов с использованием экспертной системы;
- объективное нормирование трудоемкости выполнения ТП и др.

После анализа образа изделия, происходит выбор возможных вариантов ТО для обеспечения точности сборки изделия из входящих в него деталей с помощью имеющихся в

наличие средств технологического оснащения (СТО) и соответствующего оборудования, а также типовых ТО сборки.

На начальном этапе составляется таблица (таблица 1). Каждая строка содержит название детали и все возможные варианты её добавления к общей сборке изделия. При этом учитывается последовательность сборки, наличие базировочных поверхностей (конструкторских и технологических) и другие факторы. В этом случае количество ТО ограничивается только известными на данный момент технологиями сборки данного изделия, при необходимости с учетом технологий внедренных на предприятии.

База данных ТО (БД ТО) составляется предварительно технологическими службами предприятия.

Таблица 1

ТО для имеющихся деталей в сборке

Наименование	Возможные ТО $j = 1 \dots n(m)$				
	$1$	$2$	...	$n$	$m$
Деталь $i$	ТО $_j$	ТО $_{j+1}$		ТО $_n$	–
Деталь $i+1$	ТО $_j$	ТО $_{j+1}$	...	ТО $_{m-1}$	ТО $_m$
...	...	...	...	...	...
Деталь $k$	ТО $_j$	ТО $_{j+1}$	–	–	–

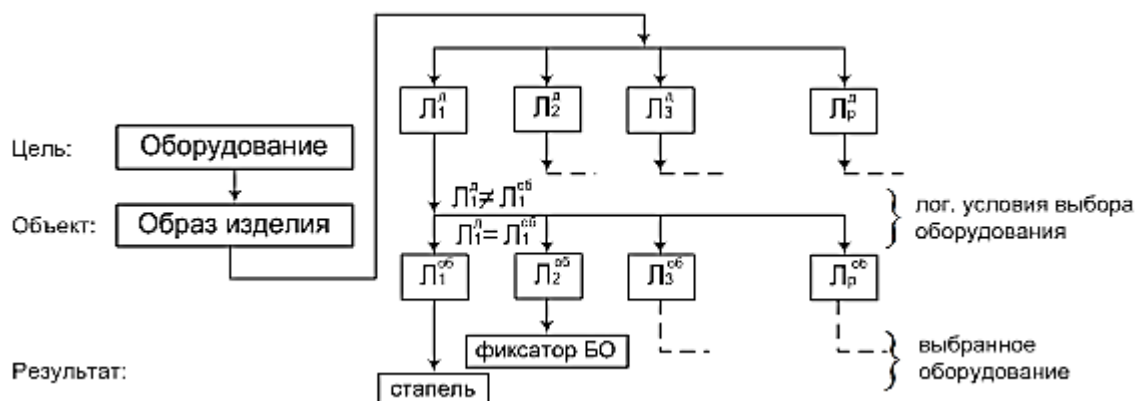
Для возможности автоматизированного выбора ТО для каждой детали необходимо, чтобы все технологические операции представленные в БД ТО имели свою идентификационную кодировку.

Для этого можно воспользоваться кодировкой Общероссийского классификатора технологических операций машиностроения и приборостроения [4], если по каким-то причинам это будет признано нецелесообразным, то код ТО можно совместить с кодом детали добавив индекс порядкового номера ТО в таблице 1.

В последнем случае кодировка состава ТО значительно упростится, однако БД ТО будет иметь некоторую избыточность информации, так как некоторые ТО могут быть использованы при сборке нескольких деталей.

Определение типа оборудования производится для каждой операции маршрута. Решение этой задачи осуществляется на основе сведений о типе операции, точности сборки, выбранной схеме базирования и габаритных размерах собираемого узла.

Сущность применения полученного образа в технологической подготовке производства при выборе оборудования кратко представлено на рис. 3.



**Рис. 3.** Схема выбора оборудования

Решение этой задачи осуществляется на основе сведений о типе операции, методах сборки, выбранной схеме базирования и габаритных размерах собираемого изделия. При этом в первую очередь анализируется возможность применения наиболее производительных типов оборудования.

### Заключение

В данной работе предложена принципиальная модель проектирования ТП сборки на основе образа изделия, ассоциативно связанного с моделью в системе NX. При формировании схемы сборки решают задачи выбора схемы базирования, определения последовательности сборки деталей и выполнения соединений. Для решения этих задач анализируется структура трехмерной модели изделия, взаимосвязи между всеми деталями с учетом всех технологических особенностей конструкции (данные из PDM системы) и строится информационный образ изделия. Данный образ позволяет проектировать эскизный ТП сборки на этапе моделирования и увязки CAD модели в системе NX.

Стремление автоматизировать начальные стадии проектирования приводит к разработке экспертных систем, способных формировать технические решения на уровне квалифицированного конструктора, работающего в рассматриваемой предметной области.

### Библиографический список

1. Пекарш А.И. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов/ А. И. Пекарш, Ю.М. Тарасов, Г.А. Кривов [и др.]. - М.: Аграф-пресс, 2006. - 304 с.: а-ил.

2. Ахатов Р.Х., Говорков А.С. Образ изделия на основе САД модели при разработке технологического процесса сборки //Материалы 7 Всероссийской научно-практической конференции «Применение ИПИ – технологий в производстве» Москва, 2009.

3. Ахатов Р.Х. Выбор последовательности сборки в условиях автоматизированного проектирования технологического процесса / Р.Х. Ахатов, П.Е. Чимитов // Науч. Вестн. Норил. индустриал. Ин-та. Норильск, 2008. №2. С.19-22.

4. КТО 1 85 151. классификатор технологических операций машиностроения и приборостроения.

### **Сведения об авторе**

Говорков Алексей Сергеевич, аспирант Иркутского государственного технического университета (национального исследовательского университета), ул. Лермонтова, 83, Иркутск, 664074; тел.: (3952) 40-51-33, тел. 8-908-660-89-12; e-mail: govorkov\_as@istu.edu