

## Оценка технологичности деталей в САПР ТП

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Ускорение научно-технического прогресса требует комплексного преобразования элементов производства и эксплуатации изделия, перехода от разрозненных технологий и технических средств к целостным системам, охватывающим конструирование детали, технологическую подготовку производства, изготовление и эксплуатацию изделия. Поэтому основным направлением в современном авиационном производстве является комплексная автоматизация всех этапов создания изделия – от его проектирования до изготовления, испытаний, эксплуатации и утилизации.

Задачи, решаемые при технологической подготовке производства (ТПП), можно разделить на четыре группы:

Таблица №1

Группы задач ТПП

Группы задач ТПП	% общих затрат времени	Уровень автоматизации
Оформление документов	30 – 50 %	Полностью автоматизировано
Поиск информации	15 – 20 %	Автоматизирован, но имеет недостатки
Инженерные расчеты	20 – 40 %	Полностью автоматизированы (САЕ-модули)
Логические рассуждения и принятие решений	не более 10 %	Слабо автоматизированы

Как видно из табл.№1 первые три группы полностью автоматизированы. Четвертую группу задач составляют логические рассуждения и принятия решений. В современных условиях при традиционном проектировании на решение этих задач может быть выделено не более 10 % общего фонда времени. В то же время, именно эти задачи во многом определяют эффективность проектирования. К ним относятся, например, синтез структуры технологического процесса (ТП) т. е. выбор маршрута обработки, синтез структуры операции, выбор баз, разработка конструкции технологической оснастки, оценка технологичности и т. п. [1]

Широкое использование технологического классификатора деталей (ТКД) в промышленности при подготовке производства, в рамках внедрения в ЕСТПП, показало его высокую эффективность при решении производственных задач с применением современных средств вычислительной техники и новейших технико-математических методов. Опыт его внедрения в отраслях промышленности показал, что он создает предпосылки для решения следующих основных задач:

- анализ номенклатуры деталей по их конструктивно-технологическим характеристикам;

- группирование деталей по конструктивно-технологическому подобию для разработки типовых и групповых технологических процессов (ТП) с использованием ЭВМ;

- подетальная специализация производственных подразделений (участков, цехов, заводов);
- повышение серийности и концентрация производства деталей;
- унификация и стандартизация деталей и ТП их изготовления;
- рациональный выбор типов технологического оборудования;
- тематический поиск и заимствование ранее разработанных типовых или групповых ТП;
- автоматизация проектирования деталей и ТП их изготовления.

Процесс кодирования деталей заключается в присвоении детали цифрового кода классификационной характеристики её конструкторских признаков по высшим классификационным группировкам ОКП и дополнении его буквенно-цифровыми кодами основных технологических признаков [2].

На базе единой классификации формируют конструкторско-технологический код детали. Этот код объединяет в одну группу родственные детали, которые могут быть обработаны по близким ТП. Поэтому сформированный код детали может служить ключом для поиска типового ТП или техпроцесса-аналога в экспертной системе.

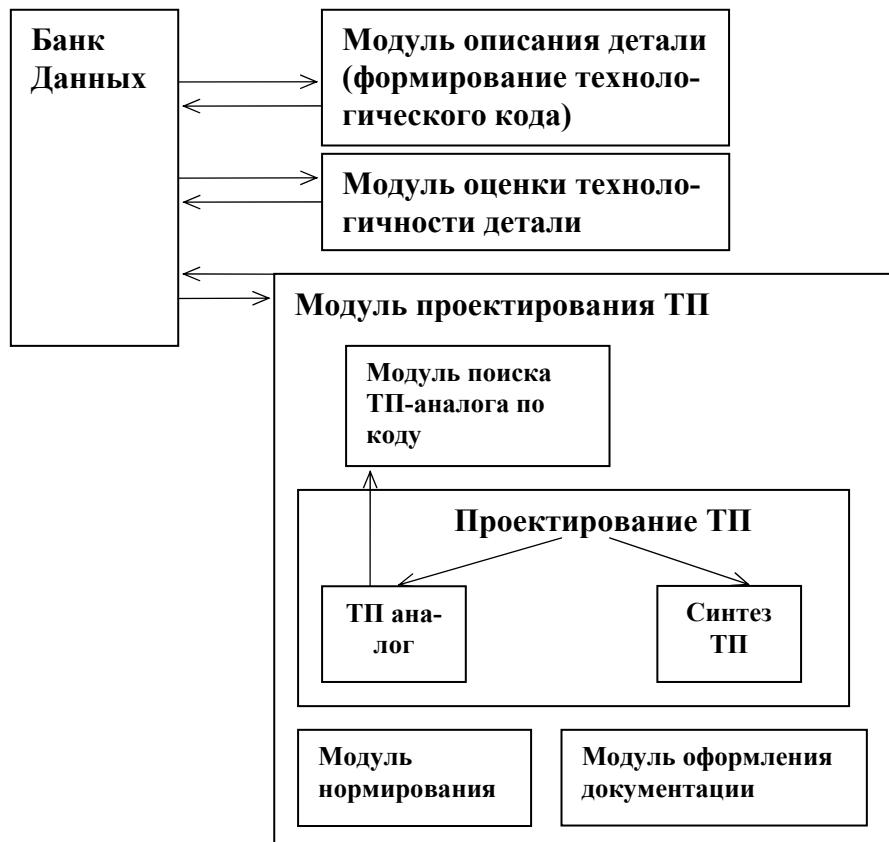


Рис.1 Схема автоматизированной технологической системы

На рис. 1 показана схема автоматизированной технологической системы. Фундаментом САПР является банк данных для хранения исходной информации. Для его функционирования создается система управления, обеспечивающая работу с базами данных и связь между ними.

Модуль описания детали позволяет технологу ввести значения всех необходимых параметров детали из трубы. Введенная информация хранится в элек-

тронном виде в базе данных. Некоторые из этих параметров автоматически используются в дальнейшем для формирования кода, который обеспечивает автоматизацию процесса проектирования ТП с минимальным участием человека. Таким образом, еще на этапе описания детали технологом, системой формируются правила ее изготовления. [3]

Помимо этого, применяя обратную операцию к КТК – его расшифровку, можно решить вопрос автоматизации оценки технологичности детали.

Параллельно с формированием КТК происходит оценка технологичности. Система обрабатывает значения указанных пользователем параметров и с помощью экспертной системы выдает рекомендации по их значениям. Таким образом происходит качественная и количественная оценка технологичности детали, степень ее технологичности.. Под степенью технологичности можно понимать оценку сочетания факторов влияющих на экономичность и трудоемкость изготовления детали.

На степень технологичности трубопроводов влияет множество факторов как по отдельности, так и в комбинации. При этом следует учитывать не только объективные факторы, но субъективные и условно субъективные. То, что с точки зрения одного предприятия является нетехнологичным, для другого таковым может и не являться. При оценке технологичности огромное влияние оказывает уровень оснащенности предприятия и возможностей его службы подготовки адаптироваться к конструктивным нововведениям.

Рассматривая проектирование ТП изготовления трубопроводов в качестве области применения описываемой методики оценки технологичности, можно выделить следующие основные геометрические характеристики трубопровода, входящие в состав КТК детали из трубы, которые позволяют экспертной системе автоматически оценить ее степень технологичности:

- длина трубы;
- диаметр трубы;
- толщина стенки трубы;
- радиус гиба;
- количество гибов;
- прямые участки на концах;
- прямые участки между гибами.

**Длина трубопровода.** Чем длиннее трубопровод, тем менее он технологичен. Особенно отрицательное влияние большой длины начинает сказываться при длинах выше двух метров. Наиболее отрицательное влияние большой длины более характерно для «нежестких» трубопроводов (жесткость трубопровода падает с увеличением длины и уменьшением наружного диаметра) и трубопроводов, контроль конфигурации которых следует выполнять по УСП (вес балки УСП длиной только лишь 800мм с элементами навески составляет около 13кг.). В качестве примера рассмотрим один из трубопроводов топливной системы самолета. Его длина составляет около 8,5 метров. Материал его – Амг-2М, а диаметр 16мм. Этот трубопровод в довершение всего на концах имеет изгибы. Жесткость такого трубопровода, что называется, нулевая. Только переноска его требует наличия специальной оснастки и трех человек для этой цели. Поскольку материал подобной длины не поставляется, ствол трубопровода выполняется сварным. При внутреннем диаметре 14мм на удалении около двух метров от торца обеспечить сварку без проплава и не нарушить соосность свариваемых частей более чем проблематично. Разметка зон гиба, обеспечение углов между плоскостями гиба, контроль такого трубопровода (согласно нормативной документации для контроля должно применяться УСП) выходят за грани возможностей. На любом этапе изготовления,

начиная с раскрова и заканчивая испытаниями и покрытием приходится решать сложные проблемы разного свойства от технических до организационных.

**Диаметр трубы.** Диаметр трубы оказывает влияние на жесткость трубы, которая, в свою очередь, оказывает влияние на устойчивость стенки трубы при гибке. Чем больше диаметр трубы, тем сложнее бороться с появлением гофров и с обеспечением допустимой овальности. Применительно к конкретному предприятию можно считать нетехнологическим фактором, если диаметр нового трубопровода не совпадает с диаметрами ранее изготавливавшихся трубопроводов. Следует учитывать и то, что с уменьшением диаметра могут возникать проблемы с формообразованием. Так, например развальцовка труб диаметром 3мм и 4мм вызывает достаточные трудности и, по-хорошему, требует разработки и внедрения формообразования при помощи нагрева. Зиговка труб диаметром менее 20мм также сопряжена с большими проблемами ввиду недостаточной жесткости и прочности инструмента.

**Толщина стенки.** Влияние ее величины похоже на влияние диаметра. Стенка толщиной менее 1мм, как правило, влечет за собой снижение технологичности. В то же время, увеличение стенки свыше 2мм-2,5мм также можно отнести к факторам нетехнологичности, т.к. требует или применения более мощного оборудования или ограничивает возможности ручного изготовления

**Радиус гиба.** Этот параметр оказывает существенное влияние на оценку технологичности трубопровода. Статистика показывает, что в большинстве случаев технологичная конструкция имеет гибы величиной не менее  $3,5D_h$  трубы. При этом все гибы в пределах одного элемента ствола должны быть одинаковыми по величине радиуса. Нарушение такого подхода создает проблемы при внедрении гибки на СЧПУ (станки, позволяющие согнуть трубу разными радиусами, дороги и мало распространены). С точки зрения конкретного предприятия одна и та же труба может считаться и технологичной и нет. Если для гибки трубы необходимо изготовление новой оснастки, то это снижает оценку технологичности трубы для конкретного предприятия. При этом следует помнить, что бесконечное увеличение оснастки для гибки нельзя отнести к положительным моментам производства.

**Прямые участки на концах.** На качество и даже возможность выполнения законцовки существенное значение имеет величина прямого участка на концах. В тех случаях, когда она недостаточна (для каждого типа законцовки и каждого типоразмера трубы такая длина различна), то законцовку выполнить либо невозможно, либо вероятность качественного выполнения законцовки становится проблематичной. Такая, казалось бы, простая операция, как торцовка, при недостаточной величине прямого участка для зажима в станке приводит к необходимости применения ручной торцовки, что не только ведет к увеличению трудоемкости при одновременной предпосылке к снижению качества. Малая величина прямых участков порой требует изготовления дополнительной оснастки, что нельзя признать положительным. Практически большая часть того, что ниже изложено для прямых участков между гибами может быть отнесено и к прямым участкам на концах.

**Прямые участки между гибами.** Недостаточные прямые участки между гибами могут привести к тому, что невозможна будет гибка не только на СЧПУ, но даже механизированная ручная гибка. Чем больше диаметр и тоньше стенка, тем сильнее проявляется этот фактор. Он усугубляется при изготовлении трубопроводов из нержавеющих сталей. Одним из способов компенсации недостаточной длины прямых участков между гибами является уменьшение радиуса гиба. Однако это в свою очередь отрицательно влияет на качество согнутого участка, т.к. с уменьшением радиуса гиба увеличивается овальность и гофрообразование. В отдельных случаях для возможности обеспечения достаточного прямого участка приходится вводить в конструкцию крутоизогнутые колена или даже штампованные патрубки

**Конфигурация трубопровода.** Чем больше изгибов и плоскостей изгибов заложено в конструкции (особенно при наличии больших длин), тем менее технологичным следует считать трубопровод. Особенно сильно этот фактор проявляется при отсутствии необходимого оборудования для гибки на СЧПУ. Примером может служить трубопровод противопожарной системы по кабины самолета. Помимо проблем изготовления такого трубопровода и его контроля пришлось решать и целый ряд проблем в монтаже. На каждой новой модификации приходилось менять один и тот же участок длиной менее 1 метра с небольшим количеством гибов. Проблема была решена в конечном итоге тем, что была выполнена замена одного трубопровода на два. Один из них условно постоянен, ибо от модификации к модификации остается неизменным. А второй, более короткий, имеет ряд исполнений, различных для каждой модификации самолета.

Вторым примером может служить трубопровод подачи топлива к двигателю, проходящий по балке мотогондолы. Он имеет в целом удовлетворительную конфигурацию – достаточную величину прямых участков между гибами и величины радиусов. Однако на одном из концов на коротком промежутке необходимо было разместить 2 гиба. При этом пришлось уменьшить даже радиус гиба (по нейтральной линии до величины  $1,5D_h$  трубы). Это повлекло за собой вместо изготовления ствола из одной цельнотянутой трубы выполнять ствол из трех частей: одной части с удовлетворительными геометрическими характеристиками, и двух крутоизогнутых колен.

Указанные выше геометрические характеристики являются показателями качественной технологичности. Эти характеристики выражаются числовыми значениями.

Как известно, существует еще и количественная показатели технологичности – время, себестоимость и т.д., которые тоже надо учитывать при оценке общей технологичности.

Для автоматизации процесса оценки технологичности необходимо привести параметры качественной технологичности к «общему знаменателю». Это можно сделать путем разработки системы оценок. Значение параметров представим в виде диапазонов и каждому диапазону присвоим оценку. Таким образом, мы получим сочетание нескольких цифровых значений. Их сумма и будет оценкой качественной технологичности.

Подобные характеристики можно выделить и для других групп деталей – из листа и профиля. Конечно, они будут отличаться от вышеперечисленных, но подход к оценке технологичности с помощью КТК останется прежним.

Следовательно, систематизировав значения характеристик детали, влияющих на ее технологичность, и «обучив» им экспертную систему, можно с помощью КТК автоматизировать одну из задач, входящих в состав группы «Логические рассуждения и принятие решений».

### Список литературы

1. Сухов В.В. Оптимизация конструктивно-технологического облика деталей заготовительно-штамповочного производства в авиастроении.—К.: Техніка, 1997.— 161 с: ил.—Библиогр.: с.151-159
2. Компьютерные интегрированные технологии авиационного производства. Ч. 6. Автоматизированные системы технологической подготовки производства. Учеб. пособие /Кривцов В.С., Дьяченко Ю.В., Зайцев В.Е., Коллеров В.В., Павленко А.А. - Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 92 с.
3. Мельников М.С. Создание САПР технологических процессов заготовительно-штамповочного производства. // Авиационно-космическая техника и технология. – 2007. – № 3(39). – С. 42-46.