

УДК 621.9

В.В. Крайнов¹, М.В. Пономарёв¹, И.Н. Фролова²

АНАЛИЗ ФОРМАТА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ STEP

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
ОАО ПКО «Теплообменник»²

Предлагается метод автоматического формирования базовой структуры технологического процесса, в основе которого лежит метод синтеза, при этом исходные данные для формирования структуры могут быть автоматически получены с 3-D модели изделия. Проанализированы способы получения исходных данных с модели детали. Изложены основные результаты анализа форматов STEP, полученных из разных систем моделирования деталей. Показана возможность формирования исходных данных для разработки технологического процесса по форме и параметрам детали в автоматическом режиме.

Ключевые слова: автоматизация проектирования, технологический процесс, механическая обработка, метод синтеза, EXPRESS/STEP технологии, формат STEP.

Современные условия жесткой конкуренции вынуждают производителей оптимизировать свои производства, вводить всё новые способы экономии материальных и временных ресурсов с целью понижения себестоимости изделий и повышения их ценовой привлекательности для потребителя. При этом потребитель не желает довольствоваться только дешевой продукцией, предъявляя жесткие требования к его качеству.

Качество продукции и производительность производства – два основных критерия выживаемости предприятия в условиях конкурентной борьбы. Глобальная компьютеризация и автоматизация производства – это важнейший шаг к повышению качества и увеличению объемов выпускаемой продукции.

Как известно, прежде чем создать какое-либо изделие, необходимо продумать его идею, конструкцию, технологию изготовления и только затем пускать в производство. Конструкторская и технологическая подготовка требуют много временных и материальных ресурсов, что существенно сказывается на цене готовой продукции. Да и человеческие ошибки и просчеты при конструировании и разработке технологий никто не может исключить, что отражается на качестве и надежности продукта.

Но если с автоматизацией работы конструктора дела идут довольно хорошо: существует огромное множество САД-систем, предлагающих широкие возможности облегчения конструкторского труда, кооперативной работы, инженерных расчетов и представляющих обширные библиотеки стандартных изделий, что нельзя сказать об автоматизации создания технологических процессов и проектирования технологической оснастки.

Разработка техпроцесса – это довольно трудоёмкий процесс, требующий учёта и анализа многих факторов. Существующие системы автоматизации проектирования технологических процессов, или САПР ТП, существенно облегчили и ускорили работу технолога, однако они имеют недостатки и практически исчерпали свой потенциал роста. В их основе лежат такие методы проектирования, как индивидуальный, проектирование на основе группового техпроцесса и проектирование методом синтеза.

При индивидуальном методе технолог в ручном режиме компоует операции и переходы, используя имеющуюся в САПР ТП базу данных, в которой содержатся списки наименований операций, переходов, перечни оборудования, оснастки и инструмента. Имеется также возможность проектировать техпроцесс на основе процесса-аналога, однако сложность такого метода – именно в подборе детали-аналога.

Проектирование на основе группового техпроцесса требует предварительного группирования деталей в группу и разработки группового техпроцесса.

Метод синтеза заключается в алгоритмическом формировании техпроцесса на основе геометрического и технологического описания детали. В данный момент этот метод развит плохо из-за отсутствия строгого математического описания формирования структуры техпроцесса на основе геометрии и технологических атрибутов. Однако он имеет наибольший потенциал для создания на его основе системы автоматизированного проектирования техпроцесса.

Проанализировав существующие САПР ТП, можно сделать вывод об их основных недостатках: невозможность автоматического формирования структуры или его части на основе геометрии детали, получаемой с 3-D модели; слабая интеграция в единое информационное пространство предприятия; отсутствие связи структуры техпроцесса с параметрами чертежа; отсутствие автоматического ввода исходных данных об изделии; нет автоматического формирования технологических эскизов.

Оценив существующие разработки и их недостатки, предлагается метод автоматического формирования базовой структуры техпроцесса, в основе которого лежит метод синтеза, при этом исходные данные для формирования структуры будут автоматически получены с 3-D модели изделия. Сейчас разрабатываются алгоритмы, описывающие эту структуру, используя геометрическое описание детали. А дальнейшее развитие САД-систем позволит присваивать поверхностям трёхмерной модели технологические параметры, которые могут быть считаны и использованы при автоматическом формировании техпроцесса. Ассоциативная связь структуры техпроцесса и 3-D модели даёт недостающую современным системам гибкость.

Для реализации идеи автоматического формирования техпроцесса в виде формализованного описания операций по геометрической модели детали необходимо разработать общие правила моделирования, которые связаны определением последовательности обработки поверхностей и назначением баз. Разделение поверхностей на обрабатываемые и базовые происходит по заранее сформированным матрицам и спискам поверхностей, получаемых при анализе геометрической модели детали.

Для начала процесса автоматического проектирования системе необходимо получить исходные данные для работы, т.е. геометрическое описание и технологические атрибуты. Взять необходимую нам информацию с 3-D модели можно следующими способами:

- приложения на основе инструментов и библиотек ActiveX;
- технология OLE for Design and Modelling;
- EXPRESS/STEP технологии.

Критериями, по которым можно оценить возможность применения того или иного способа, являются универсальность, простота обработки данных, распространённость, двусторонняя ассоциативность, т.е. возможность редактировать файл, содержащий данные о 3-D модели, с последующим её изменением.

Технологии ActiveX обладают широким спектром возможностей: обеспечивают бесфайловый обмен; возможность создания ассоциативного модуля; возможность использовать всю информацию, которую разработчики внедрили в САД-систему. Однако недостаток данного способа – его неуниверсальность, привязанность к конкретной САПР и трудности с разработкой ПО.

Технология OLE for Design and Modelling предоставляет собой распределённую модель, когда между САД-, САМ и САЕ- системами предлагается ряд стандартных интерфейсов для обмена и управления данными. Эта технология позволяет одной системе получить бесфайловый доступ к данным другой системы. Также данная технология обеспечивает ассоциативность и гибкость при работе с 3-D моделями. Однако применимость данного метода ограничена приложениями, поддерживающими технологию.

EXPRESS/STEP технологии основаны на совокупности форматов описания данных Express/STEP, созданных согласно стандартам группы ISO 10303. STEP – формат представления данных в текстовом виде согласно Express-схеме. Данная технология нацелена в

первую очередь на описание и передачу данных. Все ведущие разработчики САПР как в России, так и за рубежом внедрили в свои системы возможность экспорта данных в формат STEP. Текстовый файл формата содержит структурированное описание топологии поверхностей геометрической модели, а также некоторые другие атрибуты, в частности, технологические параметры.

Таким образом, данный метод является наиболее простым в интерпретации данных, универсальным в связи со своей широкой распространённостью и подходит для автоматизации процесса составления технологических эскизов, так как имеет двустороннюю ассоциативность. К недостаткам можно лишь отнести возможную потерю данных при переносе в данный формат, однако непрекращающиеся работы над его усовершенствованием и поддержка Международной организации по стандартизации даёт уверенность в минимизации подобных ошибок в будущем. Кроме этого, формат STEP имеет широкие возможности по дополнению передаваемых форматом данных. Именно поэтому в качестве технологии получения и хранения информации была выбрана технология Express/STEP.

Для использования информации о детали, которая на физическом уровне хранится в формате STEP, необходимы метаданные о формате, т.е. описание его структуры и внутренних связей данных. Необходимые метаданные содержатся в стандарте ISO 10303.

Файл формата STEP имеет следующую организацию: начинается со строки ISO-10303-21 и заканчивается строкой END-ISO-10303-21. Между этими записями заключено тело формата. Первая, заголовочная, часть файла открывается записью HEAD» и заканчивается «ENDSE». Здесь приводится информация об имени файла, месте его расположения, дате и времени создания, авторе, организации, названии и версии STEP-конвертора и т.д. Эта часть файла не представляет для наших целей особого интереса.

После заголовочной секции идёт секция данных. Она открывается записью DATA. В этой секции строки начинаются символом # и порядковым номером. Это т.н. указатели. С помощью них происходит отсылка к нужной строке (указатели также называют идентификаторами экземпляра сущности). После указателя следует служебное (ключевое) слово (тип сущности). В скобках указаны значения атрибутов. Признаком конца одной логической записи является точка с запятой (одна логическая запись соответствует одному экземпляру сущности). Логическая запись может посредством указателей ссылаться на одну или несколько других.

Первой строкой, значимой для нас, является строка с записью MANIFOLD_SOLID_BREP. Она содержит ссылки на твёрдые тела в сборке. Запись #1=MANIFOLD_SOLID_BREP(",#2); содержит указатель (#1 – номер строки с текущей записью), символ присваивания «(=)» указателю некоторого значения, ключевые слова MANIFOLD_SOLID_BREP, указывающие на тип сущности и атрибуты сущности в скобках (" ,#2). Как видно из этой строки, в сборке содержится одно твёрдое тело, а дальнейшее описание его передается через указатель строке #2.

Строка #2 содержит следующую сущность: CLOSED_SHELL. Она указывает поверхности (буквально «замкнутые оболочки»), ссылаясь на определяющие их строки. Переходя по ссылкам, мы найдём описание поверхностей. Пример: CLOSED_SHELL(" ,(#3,#23,#51)), где даны ссылки на описание трёх поверхностей детали.

Следуя по одной из ссылок, например #3, попадаем на следующую запись #3=ADVANCED_FACE(" ,(#9),#4,.F.). Сущность ADVANCED_FACE определяет поверхность твёрдого тела. Она имеет три атрибута, один из которых логический.

#4=PLANE(" ,#5); - сущность PLANE указывает на то, что поверхность плоская. Цилиндрические поверхности будут соответствовать сущности CYLINDRICAL_SURFACE, конические поверхности - CONICAL_SURFACE.

В этом месте необходимо заметить, что на данный момент существуют трудности с интерпретацией логического атрибута сущности ADVANCED_FACE. В работе [1] автор указывает, что данный атрибут определяет тип поверхности: F (FALSE) – простая, T (TRUE) –

сложная. Исходя из этого делается вывод, что атрибут F соответствует плоской поверхности, а T – неплюской. Такое заключение сделано на основе исследования структуры файла STEP, который был создан в CAD-системе T-flex на основе 3-D модели относительно простой по геометрии детали, содержащей пять поверхностей. Однако, проведя исследования файлов формата STEP, полученных в других средах моделирования, в частности Kompas, Solid Edge и Unigraphics, было выявлено несоответствие типа поверхности и значения логического атрибута сущности ADVANCED_FACE. На рис. 1 показана часть файла STEP, созданного средствами системы Unigraphics.

```
#93=MANIFOLD_SOLID_BREP("1",#94);
#94=CLOSED_SHELL("(",#100,#101,#102,#103,#104,#105,#106,#107));
#95=CONICAL_SURFACE("(",#190,28.6213394580209,19.9999999999999);
#96=CYLINDRICAL_SURFACE("(",#188,45.);
#97=CYLINDRICAL_SURFACE("(",#192,28.6213394580209);
#98=CYLINDRICAL_SURFACE("(",#196,10.);
#99=CYLINDRICAL_SURFACE("(",#199,25.);
#100=ADVANCED_FACE("(",(#111,#112),#108,.F.);
#101=ADVANCED_FACE("(",(#113,#114),#96,.T.);
#102=ADVANCED_FACE("(",(#115,#116),#95,.T.);
#103=ADVANCED_FACE("(",(#117,#118),#97,.T.);
#104=ADVANCED_FACE("(",(#119,#120),#109,.F.);
#105=ADVANCED_FACE("(",(#121,#122),#98,.F.);
#106=ADVANCED_FACE("(",(#123,#124),#110,.F.);
#107=ADVANCED_FACE("(",(#125,#126),#99,.F.);
#108=PLANE("(",#186);
#109=PLANE("(",#194);
#110=PLANE("(",#198);
```

Рис. 1. Фрагмент файла STEP в системе Unigraphics

Этот файл создан из 3D-модели детали, имеющей три плоские, четыре цилиндрические и одну коническую поверхность. Следуя тексту работы [1], все сущности, имеющие логический атрибут F, должны определять простые плоские поверхности, а имеющие атрибут T – сложные поверхности, цилиндрические либо конические. Однако строка #107=ADVANCED_FACE("(",#125,#126),#99,.F.), ссылается через указатель #99 на строку #99=CYLINDRICAL_SURFACE("(",#199,25.). Таким образом, получается, что поверхность с логическим атрибутом F определена как цилиндрическая. То же самое можно заметить и в строке #106. Следовательно, нельзя опираться в определении типа поверхности на логический атрибут сущности ADVANCED_FACE, но для этих целей нужно использовать указатель на тип поверхности, который является атрибутом ADVANCED_FACE, как, например, в строке #107=ADVANCED_FACE("(",#125,#126),#99,.F.) ссылкой на тип поверхности будет указатель #99. Сущность CYLINDRICAL_SURFACE("(",#199,25.) в качестве атрибута имеет радиус поверхности, т.е. $R = 25$ мм. CONICAL_SURFACE ("(",#190, 28.6213394580209,

19.9999999999999) определяется радиусом конической поверхности в начальной точке и половиной угла косинуса в радианах. Указатели #199 и #190 ссылаются на AXIS2_PLACEMENT_3D, которая определяет начало собственной системы координат поверхности относительно глобальной компоненты вектора нормали к плоскости, компоненты вектора плоскости.

После определения вида поверхности необходимо определить её границы. Ссылка на идентификатор границы также является атрибутом ADVANCED_FACE, так в примере на рис. 1 в строке #100=ADVANCED_FACE(",(#111,#112),#108,.F.) указатели #111 и #112 ссылаются на сущности FACE_BOUND (границы поверхности). Эта сущность также имеет в своих атрибутах идентификаторы-указатели на объекты ниже по иерархической ступени: ссылки на рёбра, заключающие поверхности, далее на декартовы координаты вершин этих рёбер.

Следует отметить различия в определении сущностей, которые были обнаружены во время исследования файлов STEP, созданных разными трансляторами. Так, сущность FACE_BOUND, отвечающая за границы поверхности, в системе Unigraphics, именуется как FACE_OUTER_BOUND в системах T-flex, Solid Edge и Kompas 3D. Структура файлов тоже имеет различия.

На рис. 2 представлен фрагмент файла STEP, созданный в Solid Edge. 3-D модель в его основе аналогична модели для файла с рис 1.

```
#32 = ADVANCED_FACE(", (#65, #66), #67, .T.);
#34 = ADVANCED_FACE(", (#69, #70), #71, .F.);
#36 = ADVANCED_FACE(", (#73, #74), #75, .F.);
#38 = ADVANCED_FACE(", (#77, #78), #79, .T.);
#40 = ADVANCED_FACE(", (#81, #82), #83, .F.);
#42 = ADVANCED_FACE(", (#85, #86), #87, .F.);
#44 = ADVANCED_FACE(", (#89, #90), #91, .T.);
#46 = ADVANCED_FACE(", (#93, #94), #95, .F.);
#49 = MANIFOLD_SOLID_BREP('1', #98);
#67 = CONICAL_SURFACE(", #106, 28.6213394580209, 0.349065850398865);
#71 = CYLINDRICAL_SURFACE(", #110, 25.0000000000000);
#75 = PLANE(", #114);
#79 = CYLINDRICAL_SURFACE(", #118, 45.0000000000000);
#83 = PLANE(", #122);
#87 = CYLINDRICAL_SURFACE(", #126, 10.0000000000000);
#91 = CYLINDRICAL_SURFACE(", #130, 28.6213394580209);
#95 = PLANE(", #134);
#98 = CLOSED_SHELL(", (#40, #38, #32, #44, #46, #42, #36, #34));
...
```

Рис. 2. Фрагмент файла STEP в системе Solid Edge

Однако разница заметна невооружённым глазом.

Но, несмотря на различия в размещении строк друг относительно друга, внутри текстового файла логика связей и ключевые слова для обозначения сущностей, а также определяющие их атрибуты идентичны во всех исследованных системах. Используя идентификаторы-указатели, составляется алгоритм по вычленению необходимых данных из текста формата. Реализация этого алгоритма в виде программного обеспечения планируется на языке Python, обладающем требуемой функциональностью, гибкостью и простотой освоения. Кроме того, Python имеет хорошую совместимость с языками C и C++, что облегчает его взаимодействие со всеми Windows-приложениями.

На основе данных, взятых из формата STEP, можно в автоматическом режиме формировать матрицы. Результатом построения каждой матрицы является список поверхностей и геометрических элементов детали с соответствующими характеристиками. Если все результаты, полученные в матрицах, свести воедино, то получим спецификацию поверхностей и геометрических элементов детали. Она содержит все необходимые данные для дальнейшего процесса проектирования.

Таким образом, имея в наличии 3-D модель изделия и файл в формате STEP, содержащий информацию о нём, мы можем, используя алгоритмы и правила, автоматически сформировать базовую структуру техпроцесса, значительно сэкономив время технолога и удешевив процесс производства изделия.

-
1. Автоматизированное создание структуры технологического процесса: монография / И.Н. Фролова [и др.]; НГТУ. – Н. Новгород, 2011. – 183 с.

*Дата поступления
в редакцию 09.12.2013*

V.V. Kraynov¹, M.V. Ponomarev¹, I.N. Frolova²

ANALYSIS FORMAT DATA STEP

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev¹,
JSC PDC «Теплообмёник»²

Purpose: Identify the main ideas of the method automate the design process of mechanical treatment on the basis of the formation of the basic structures, describe the sequence of actions, features and difficulties arising in this case. Learn the basic structure and features of the data format STEP.

Methodology: Comparison and identification features, advantages and disadvantages of existing technologies to automate the creation of technical processes. Studying the structure of the data format STEP by successive complications 3Dmodeli and reveal patterns of change in the structure of the file format STEP.

Findings: The basic idea of the method of design automation of technological processes of mechanical treatment on the basis of the formation of the basic structures are described especially the sequence of actions and difficulties arising in this case. The features of the popular STEP data format and the differences in the structure of the format created by different development environments.

Key words: design automation, process, mechanical processing, synthesis method, EXPRESS / STEP technology format STEP.