

УДК 658.5, 658.512, 621.001.2

Процесс создания автоматизированной системы с использованием аппарата таблиц решений

И.А. Федоров

Разработка в сжатые сроки и с минимальными затратами специализированных программных систем, обеспечивающих информационную поддержку автоматизированных рабочих мест производства и проектирования изделий ракетно-космической техники, является актуальной задачей предприятий отрасли на пути к повышению конкурентоспособности производимой продукции и сокращение сроков ее поставки конечному потребителю.

В работе с использованием IDEF0 и процедурных диаграмм представлен процесс проектирования автоматизированной системы проектирования фрезерной обработки на станке с ЧПУ корпуса отсека зенитной ракеты с использованием универсального программного инструментария, реализующего возможности непроцедурного языка

Ключевые слова: техническая подготовка производства; конструкторско-технологическое проектирование; автоматизированные системы производства; таблицы решений.

Введение

Любое современное машиностроительное предприятие, продвигающее на рынок сложные наукоемкие изделия, в интересах повышения качества, снижения затрат и сокращения сроков поставки продукции сталкивается с необходимостью внедрения эффективных технических и программно-информационных средств автоматизации процессов конструкторско-технологической подготовки производства. При этом, как показывает отечественный опыт, предприятия сталкиваются с целым рядом системных проблем, без решения которых невозможно ожидать удовлетворительного эффекта от автоматизации процессов ([1]).

Среди краеугольных проблем, обусловленных, прежде всего, устоявшейся системой "бумажного" или неавтоматизированного проектирования/производства, можно выделить следующие:

1. Проблема информационного хаоса. Она заключается в том, что по причине отсутствия эффективных средств управления процессами "бумажного проектирования", данные

об изделия зачастую оказываются несогласованными и противоречивыми.

2. Проблема междисциплинарного барьера у специалистов предметных областей (конструкторов, технологов) и специалистов по информационным технологиям (IT-специалистов), что не позволяет эффективно настраивать внедряемые программно-информационные средства на решение специфичных инженерных предприятия.

3. Проблема необходимости системной реструктуризации (реинжиниринга) всей деятельности предприятия при внедрении автоматизированных систем проектирования и производства. Временные и материальные потери от такой реструктуризации зачастую становятся причинами либо отказа предприятия от автоматизации вообще, либо принятия решения о внедрении малоэффективной частичной или "островной" автоматизации отдельных отделов, подразделений.

Для предприятий, занимающихся выпуском авиационных и ракетно-космических систем, к этим проблемам добавляется еще ряд, обусловленных спецификой выпускаемой продукции.

1. Мелкосерийный характер производства делает невыгодным внедрение, настройку на специфические процессы дорогих программно-информационных средств.

2. Частая смена объекта производства порождает проблему частого конфигурирования (перестройки) этих средств для поддержки новых процессов при неэффективном междисциплинарном взаимодействии IT-специалистов и специалистов предметных областей.

В конечном итоге инвестиции в автоматизацию оказываются неоправданными, и предприятие продолжает работать, как и прежде.

Одним из возможных путей решения указанных проблем является создания и поддержка в актуальном состоянии системы автономных автоматизированных рабочих мест (АРМ), специализированных на решение типовых конструкторско-технологических и организационно-технических задач и, что существенно, оснащенных программно-информационным обеспечением, пригодным для настройки специалистами предметных областей в случае возникающей необходимости модификации, как самих изделий, так и процессов их изготовления.

Как известно, под АРМ понимается автономный комплекс на базе ЭВМ, предназначенный для автоматизации работ, проводимых на рабочих местах. Эти рабочие места называются автономными в силу того, что они предназначены для автоматизации вполне определённых работ в рамках поставленной инженерной области или задачи, и для их функционирования не требуются ресурсы информационных систем вышестоящих уровней ([2]).

Задача создания для АРМ специализированных программно-информационных обес-

печений, которые могут быть настроены и модифицированы не IT-специалистами, а конструкторами и технологами, в этом случае становится ключевой. Решение этой задачи позволит избавиться от проблемы междисциплинарного взаимодействия специалистов, остающейся одним из главных препятствий при внедрении комплексной автоматизации. В данной статье представлен процесс проектирования такого специализированного обеспечения, основанного на непроектном языке программирования - таблицах решений, для АРМ обработки корпусных деталей зенитных ракет на фрезерных станках с ЧПУ.

1. Схема конструкторско-технологического проектирования

Для всех задач конструкторско-технологического проектирования используется единая логическая схема проектирования, под которой понимают алгоритм получения полного проектного решения. Для каждой из задач инженерного проектирования. Она определяется пятёркой множеств: $\langle S, T, C, A, R \rangle$, где: S – множество задач инженерного проектирования; T – исходные данные, необходимые для решения каждой из S задач проектирования; C – совокупность ограничений на решения задач S ; A – возможные проектные решения; R – решающие процедуры.

Каждая из задач S инженерного проектирования подлежит декомпозиции на совокупность шагов проектирования S_i , ($i \in [1, I]$), образующих исключительно нисходящую схему проектирования, то есть не содержащую возвратов с последующих шагов решения задачи на предыдущие.

В схеме нисходящего проектирования выделяются три последовательно реализуемых блока (рис. 1):

- концептуального проектирования, результат которого – структура искомого проектного решения;
- параметрического проектирования, цель которого состоит в согласовании номинальных значений параметров структуры проектного решения со средой его функционирования;
- допускового проектирования обеспечивающего требуемое качество функционирования проектного решения.

Исходные данные для решения каждой из "S" задач (элементы множества "T") определяются в процессе контекстного описания предметной области каждой из задач проектирования. Для описания множества "T" используется группирование изделий по признаку общности их служебного назначения.

На каждом из i -ых шагов проектирования в качестве исходных данных используются как результаты, полученные на предыдущем ($i - 1$)-ом шаге, так и данные, вводимые опера-

тором-проектировщиком, но из заранее известного исходного набора.

Множество "С" должно содержать два принципиально важных ограничения:

- процедура принятия решения на каждом из шагов решения задач инженерного проектирования заменяется процедурой выбора решения из числа возможных. Другими словами мощность множества "А" на каждом из шагов решения задачи предполагается заранее известной во всех случаях;

- выбранные решения подлежат доработке и модификации в соответствии с фактически используемыми данными о параметрах выбранного варианта решения. Получаемое таким образом проектное решение должно быть однозначно интерпретируемым на последующих шагах проектирования.

Элементы множества "А" представляют собой не что иное, как исходное множество альтернатив (ИМА), заранее заданное для каждого из шагов проектирования. ИМА должно формироваться с учётом ограничений, вошедших в состав множества "Т".

Каждая из соседних пар шагов решения задачи инженерного проектирования рассматриваются как полноправные по своему статусу шаги. Шаг с $(i + 1)$ -ым номером рассматривается как потребитель, то есть имеющий преимущество как потребитель решения, поступающего от поставщика (от i -го шага). Поэтому поставляемое ему решение должно быть распознаваемым и оснащённым правилами доработки и модификации, но уже в соответствии с требованиями, поступившими с предыдущего шага. Эти требования, безусловно, должны находиться в заранее установленных границах.

Множество "R" – это решающие процедуры. Здесь необходимо различать две группы этих процедур. Первая группа используется при выборе из ИМА одной, и только одной, рабочей альтернативы. Вторая группа процедур обеспечивает структурную и параметрическую настройку рабочей альтернативы на конкретное применение в соответствии с реальными значениями исходных данных.

Процедуры выбора рабочей альтернативы и её структурной настройки реализуются посредством определённых правил с произвольным числом аргументов. Параметрическая настройка алгоритмически реализуется посредством использования специальных программных средств обработки данных.

Для реализации каждого из шагов решения задачи инженерного проектирования используется такая же логическая схема проектирования. Данные, полученные на текущем шаге решения задачи проектирования, используются при реализации процедуры пополнения того описания полного проектного решения, которое было получено на предыдущем шаге решения задачи, то есть посредством реализации решения вида:

$\gamma; \alpha \Rightarrow \beta; \delta$, где γ – условие, выполнение которого позволяет сделать выбор решения; α – фрагмент описания, который подвергается преобразованию; β – новый фрагмент описания, замещающий фрагмент α ; δ – модификатор условия γ , изменяющий его или же оставляющий неизменным.

Для каждой из "S" задач, безусловно, характерны как свои научно-технические подходы к решению и используемая терминология, так и приёмы принятия решений. Тем не менее, перспективным инструментарием для реализации представленной схемы получения конечного конструкторско-технологического описания изделия является аппарат связанных таблиц решений, позволяющий оформлять правила выбора альтернатив в виде связанных по входу-выходу правил. Последние оформляются в виде таблиц решений, структурированных на четыре квадранта ([3]).

Одним из главных преимуществ использования аппарата таблиц решений для поддержки процедур проектирования является отсутствие необходимости получения инженерами предметных областей специальных знаний программирования, ведь при этом алгоритм принятия решений оформляется не в виде последовательности операторов программы, а в виде системы взаимосвязанных по входу-выходу таблиц.

На кафедре "Автоматизированных систем производства" Московского авиационного института (национального исследовательского университета) был спроектирован программный комплекс, позволяющий создавать и обрабатывать такие связанные таблицы решения для решений различных прикладных задач конструкторско-технологического проектирования. Среди базовых функциональных возможностей следует отметить:

- возможность импорта/экспорта данных в формате XML;
- возможность использования в процедурах различного рода выражений, для чего предусмотрен встроенный "редактор формул";
- возможность формирования фреймовых (шаблонных) документов, с последующей их параметрической настройкой.

Далее в статье будут продемонстрированы все основные функциональные программного комплекса реализации таблиц решений при создании информационной поддержки АРМ изготовления корпусных деталей на станках с ЧПУ.

3. Процесс проектирования АРМ

Целевая функция АРМ – конфигурирование параметров управляющей программы (G-кода) для 3-х координатного фрезерного станка с ЧПУ в зависимости от параметров обрабатываемых поверхностей, без использования САМ-модуля (computer aided manufacturing -

программный модуль проектирования управляющих программ для станков с ЧПУ) и повторного расчета траектории движения инструмента. Проще говоря, программно-информационное обеспечение рассматриваемой АРМ должно обеспечивать автоматизированное изменение параметров управляющей программы станка ЧПУ в зависимости от требуемых параметров обрабатываемых поверхностей (шероховатости, качества). Изменение параметров управляющей программы (базового G-кода) без использования САМ-модуля возможно только при условии неизменности траектории движения обрабатываемого инструмента, формы обрабатываемых поверхностей и самого инструмента. Таким образом, конфигурированию может подлежать лишь параметры движения инструмента по своей траектории (подача, число оборотов, скорость перемещения по траектории).

Состав задач разработки АРМ представлен в виде процесса на IDEF0-диаграмме и содержит следующие функциональные блоки ([рис. 1](#)):

- анализ исходных данных, целевой функции АРМ и определение потребных ресурсов для решения задач и ограничений;
- функциональное моделирование всего процесса конструкторско-технологического проектирования изделия и моделирование потока работ функциональных блоков IDEF0-диаграмм процесса;
- анализ составленных моделей и определение процедур, операций или действий, подлежащих формализации с использованием программного комплекса реализации таблиц решения;
- проектирование таблиц решений для процедур препроцессорной настройки управляющей программы;
- реализация процесса конструкторско-технологического проектирования изделия (формирование G-кода) с использованием специализированного программного средства или ручным программированием;
- проектирование таблиц решений процедур постпроцессорной настройки управляющей программы и конфигурирование с их помощью полученного G-кода;
- анализ и апробация полученных решений на выбранном оборудовании.

Пояснения к диаграмме A0:

- O1 – IDEF0 диаграммы процесса решения задач направления;
- O2 – IDEF0-диаграммы и процедурные диаграммы WorkFlow (потока работ) конструкторско-технологического проектирования;
- O3 – таблицы решения препроцессорной обработки управляющей программы;
- O4 – первичный G-код;

O5 – скорректированный G-код;

O6 – результаты изготовления опытного образца изделия.

O7 – система планов выполнения функций диаграммы.

Две IDEF0-диаграммы конструкторско-технологического проектирования приведены на [рис. 2 - 4](#).

Пояснения к диаграмме A0:

O1 – система планов выполнения функций диаграммы;

O2 – комплекс рабочей документации:

O21 – управляющая программа для станка с ЧПУ (G-код);

O22 – маршрутно-операционный тех/процесс;

O23 – технические задания на проектирование приспособления;

O24 – технические условия на заготовку;

O25 – технические требования к инструментам;

O26 – результаты изготовления опытной детали.

Пояснения к диаграмме A3:

O31 – операционные карты;

O32 – карты наладки инструмента и оборудования.

31. – Определение содержания операции. Разделение операции на установки и позиции. Уточнение метода закрепления заготовки. Подготовка операционной карты.

32. – Определение последовательности переходов. Выбор инструмента. Разделение переходов на ходы. Выбор контрольных точек и останова. Определение траекторий позиционных и вспомогательных переходов. Расчет режимов резания. Подготовка карт наладки станка и инструмента.

Пояснения к диаграмме A4:

O31 – управляющая программа обработки (G-код);

O32 – результаты обработки опытной детали.

41. – Выбор (уточнение) системы координат. Определение наладочных размеров детали. Расчет координат опорных точек. Разделение проходов на ходы и шаги. Построение траектории движения инструмента. Преобразование систем координат.

42. – Формирование элементарных перемещений. Определение технологических команд. Пересчет величин перемещений в импульсы. Кодирование и запись управляющей программы (G-кода) на программоноситель.

43. – Контроль программоносителя. Контроль траектории инструмента. Редактирование УП. Обработка опытной детали.

В качестве основ для разработки процедурных диаграмм процесса конфигурирования базового G-кода были использованы таблицы из [4], а также рекомендации по выбору обрабатывающего инструмента Sandvik компании Sandvik Coromant [5] и [6]. Для данного семейства инструментов имеется достаточное количество информации, которая позволит сформировать необходимые для решения поставленных задач конструкторско-технологического проектирования правила в виде таблиц решений.

В качестве программного средства решения траекторной задачи движения инструмента (САМ – модуля) была выбрана система класса САМ/CAD/CAE CATIA P3, в которой был предварительно смоделирована трехмерная модель типового изделия - корпуса рулевого отсека зенитной ракеты. Было принято, что по некоторым условиям, которые не входят в рассмотрения данной работы, конфигурированию подлежат заданные в G-коде режимы обработки одной из торцевых поверхностей отсека - подача фрезы (мм/мин) в зависимости от требуемой шероховатости торца. Процедурные диаграммы процесса конфигурирования базового G-кода с использованием программного комплекса обработки таблиц решений представлены на [рис. 4, 5](#).

4. Диаграмма процесса "Выбора инструмента для фрезерования"

1. Определение типа инструмента ([рис. 5](#)). Первая процедура процесса выбора инструмента для фрезерования "Определение тип инструмента" реализуется на основе правила, установленного в каталоге инструмента Sandvik [5] на стр. D4 - D10. Выбор группы и конкретного типа осуществляется в зависимости от материала заготовки и геометрии поверхности.

Данная процедура поддерживается таблицей решений №1 "Тип инструмента". Результаты реализации таблицы для различных типов поверхностей подлежат записи в файл "Перечень типов инструментов".

2. Анализ исполнения инструмента. Процедура поддерживается таблицей решений №2 "Исполнение инструмента". Результатом является выбор следующей процедуры в зависимости от наличия в инструменте сменных пластин.

3. Определение параметров цельного инструмента. Процедура определения параметров цельного инструмента. Поддерживается семейством таблиц решений №3 "Выбор типа и марки фрезы", состоящим из однородных таблиц, специфичных для каждого типа цельной фрезы. Результаты реализации таблиц для различных типов цельных фрез записываются в файл "Перечень требований к цельному инструменту".

4. Определение параметров сборного инструмента. Процедура определения парамет-

ров сборного инструмента. Поддерживается семейством таблиц решений №4 "Геометрия сборного инструмента", состоящим из однородных таблиц, специфичных для каждого типа сборной фрезы. Результаты реализации таблиц для различных типов сборных фрез записываются в файл "Перечень требований к сборному инструменту".

5. Определение количества и параметров пластин. Процедура определения количества и параметров пластин сборного инструмента. Поддерживается семейством таблиц решений №5 "Количество и параметры пластин", состоящим из однородных таблиц, определяющих геометрию пластин и их материал для различных типов сборных фрез. Примером одной такой таблицы является таблица №5 "Пластины для фрез CoroMill 390 R390-11 T3 (легкая обработка)". Результаты реализации этих таблиц для различных типов сборных фрез записываются в файл "Перечень требований к пластинам".

6. Определение требований к инструменту со стороны оборудования. Эта процедура формирует требования к параметрам различных типов фрез со стороны оборудования и поддерживается соответствующим семейством таблиц решения. Результаты процедуры записываются в файл "Перечень требований со стороны оборудования".

7. Выбор марки инструмента и его параметров по указанным требованиям. Таблицы решений №7, используя записанные в файлах требования по каждому параметру в рамках одного типа фрез, идентифицируют подходящую марку фрезы.

8. Выбор инструмента по его наличию на момент обработки. Данная процедура выбирает из базы данных свободную на момент выполнения обработки поверхности фрезой, соответствующую выбранным маркам, и формирует файл перечня фрез и связанных с ними обрабатываемых поверхностей.

5. Процедурная диаграмма процесса "Конфигурирование параметра G-кода"

1. Импорт G-кода ([рис. 6](#)). Импорт G-кода, полученного в результате моделирования процесса обработки в САМ модуле CATIA v.5, в программный комплекс реализации связанных таблиц решений.

2. Формирование шаблонного файла. Идентификация внутри импортированного G-кода настраиваемых параметров, подлежащих дальнейшему конфигурированию. В данном случае это рабочая подача при фрезеровании внутренней поверхности отсека диаметром 179H9 Ra1.6. В импортированном G-коде эта подача равно 1000 мм/мин.

3. Формирование данных для конфигурирования. В результат этой процедуры – массив значений исходных параметров, необходимых для конфигурирования параметра G-кода (подачи в мм/мин).

Для этого сначала (по рекомендациям из [4] стр. 285 таблица 37) путем реализации трех связанных таблиц решений при условии достижения заданной шероховатости поверхности $Ra_{1,6}$ определяется необходимая подача в мм/об при заданном типе фрезы и ее диаметре. Тип фрезы выбирается из анализа геометрии обрабатываемых поверхностей и материала заготовки, требований к чистоте и точности поверхностей детали ([6] стр. D40–42). Диаметр из геометрии обрабатываемой поверхности (не меньше 1,5 толщины обечайки корпуса) и жесткости СПИД. В итоге была выбран тип фрезы CoroMill390 диаметром 40 мм. Тогда необходимая подача фрезы должна быть равной 0,6 мм/об.

Далее производится выбор параметров пластины и количество пластин. Толщина слоя снимаемого (в нашем случае это шаг винтовой траектории движения фрезы при обработке равный 6 мм) за один проход фрезы определяет необходимую высоту режущей кромки и типоразмер пластины. Откуда высота пластины – 11 мм, а число пластин – 4 ([6] стр. D61).

После определения первичных размеров пластин производится выбор модели фрезы ([5] стр. D37). Для данных параметров применима фреза модели R390-040A32-11M.

Затем по таблице решения № 5 "Пластины для фрез CoroMill 390 R390-11 T3 (легкая обработка)" - одной из множества таблиц, применимых для выбора пластин у фрез различных типов и моделей - определяется код пластины ([5] стр. D41). Для чего сначала нужно выбрать тип обработки по таблице решения № 4. Параметрами применимости для выбора кода пластин по таблице решения № 5 будут следующие:

- Материал детали. В нашем случае был принят магниевый сплав МЛ5, что соответствует литере "N" в классификации Sandvik ([5], стр. D2).

- Радиус скругления r_e . Определяется радиусом скругления на детали, который в данном случае равен 0,6 мм. Откуда ближайший меньший из возможных по каталогу ([5] стр. D41) $r_e = 0,4$ мм.

- Ширина режущей кромки b_s . Она должна быть больше либо равна отношению поперечной подачи в мм/об к количеству пластин. Тогда $0,6/4 = 0,15$ мм. Откуда ближайшая большая по каталогу ([5] стр. D41) $b_s = 0,9$ мм.

Данным значениям параметров применимости соответствует код пластины CoroMill 390 R390-11 T3 04E-PL и две возможных марки материала пластины GC 1025 и GC 1030, а также код CoroMill 390 R390-11 T3 04E-NL и материал H13A. Из этих альтернатив выбрать можно только по фактического их наличия и цены. Была принята пластина CoroMill 390 R390-11 T3 04E-PL GC 1030.

После чего необходимо определить скорость резания V_c при максимальной толщине стружки равной 0,1 мм ([6] стр. D59), выбранном материале пластины и материале детали.

По таблице на стр. D161 [5] $V_c = 985$ м/мин.

Тогда число оборотов шпинделя $n = V_c / \pi * D_c = 985 / (3,14 * 0,04) = 7838$ об/мин. Рассчитанное число оборотов приводится к паспортным значениям для данного станка по соответствующей таблице решений с округлением до ближайшего меньшего: $n = 7500$ об/мин.

4. Конфигурирование настраиваемого параметра. Процедура определения требуемого значения настраиваемого параметра G-кода. Реализуется выполнением оператора присвоения параметру результата вычисления выражения, с исходными параметрами в качестве операндов (V – скорость резания, n – число оборотов, D_c – диаметр фрезы, $f_{об/мин}$ – подача в оборотах в минуту). Выражение $n * f_{мм/об} = 7500 * 0,6 = 4500$ мм/мин присваиваем параметру $f_{мм/мин}$.

5. Изменение настраиваемого параметра шаблонного файла. Результат процедуры – изменение значения настраиваемого параметра. В данном случае подача в 1000 мм/мин заменяется подачей в 4500 мм/мин.

6. Экспортирование G-кода. Процедура сохранения модифицированного G-кода в файл для последующей загрузки информации с него в устройство обработки информации станка с ЧПУ.

Таблицы решений, используемые в процедурных диаграммах, для определения подачи в мм/мин при чистовом фрезеровании плоскостей торцовыми, дисковыми и цилиндрическими фрезами ([1], стр. 285, табл. 37) представлены на [рис. 8 - 11](#). Таблица решений для определения параметров пластин концевой цилиндрической фрезы ([2], стр. D41) показана уже реализованной в программном комплексе на [рис. 12](#). На рис. 13 показан результат модификации базового G-кода - изменение параметра, задающего подачу фрезы при торцевании корпуса отсека.

Представленный пример автоматизации процесса конфигурирования управляющей программ для станка с ЧПУ демонстрирует принципиальную возможность создания автономных автоматизированных рабочих мест конструкторско-технологического проектирования, которые могут быть настроены самим специалистами предметных областей за счет использования в качестве основы программно-информационного обеспечения непроцедурного языка программирования – таблиц решений. Таким образом, использование подобного универсального информационного инструментария позволит существенно снизить затраты и сроки внедрения автоматизированных систем на отечественных предприятиях авиационной и ракетно-космической отрасли.

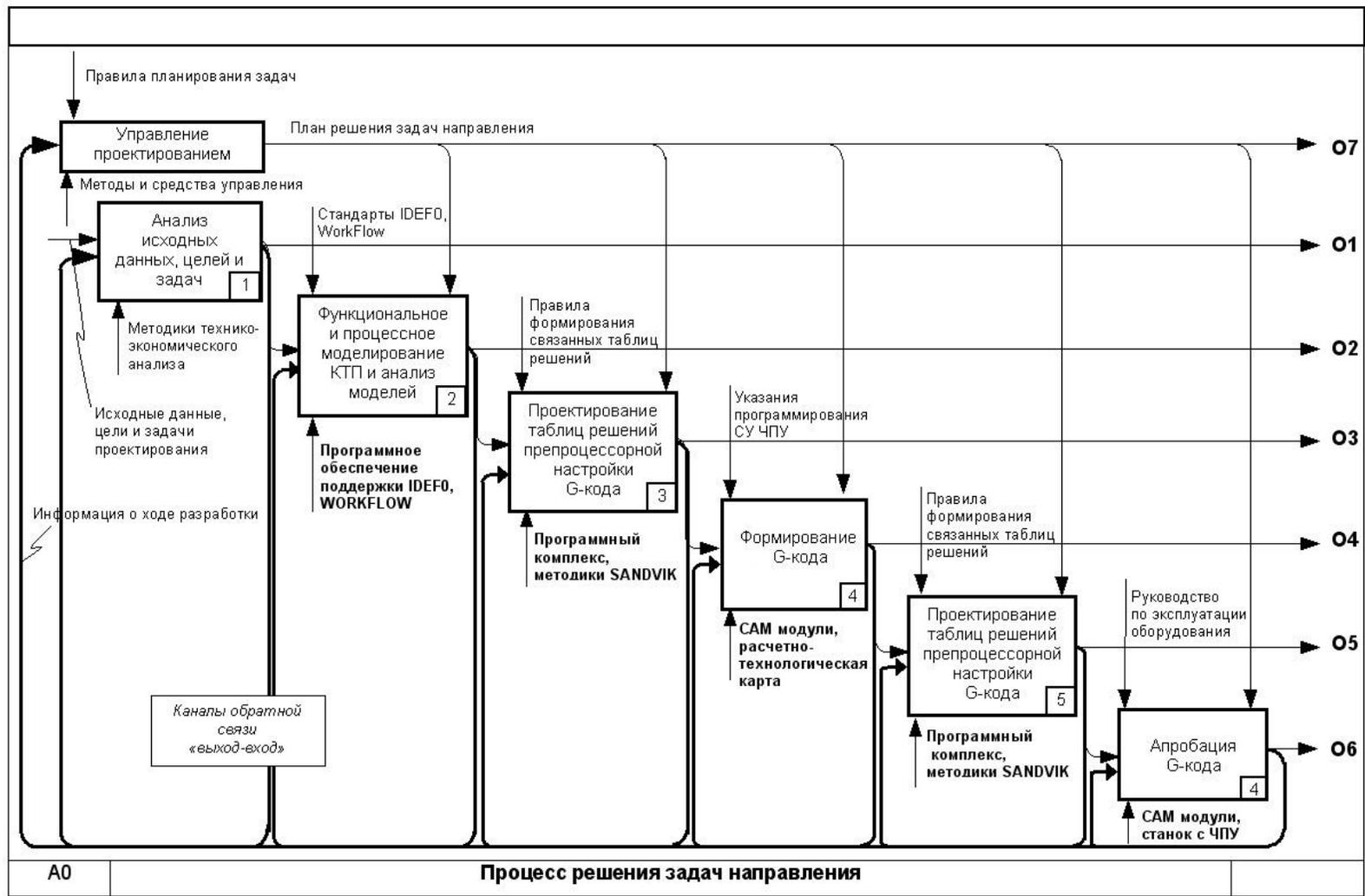


Рис. 1. IDEF0-диаграмма процесса разработки АРМ.

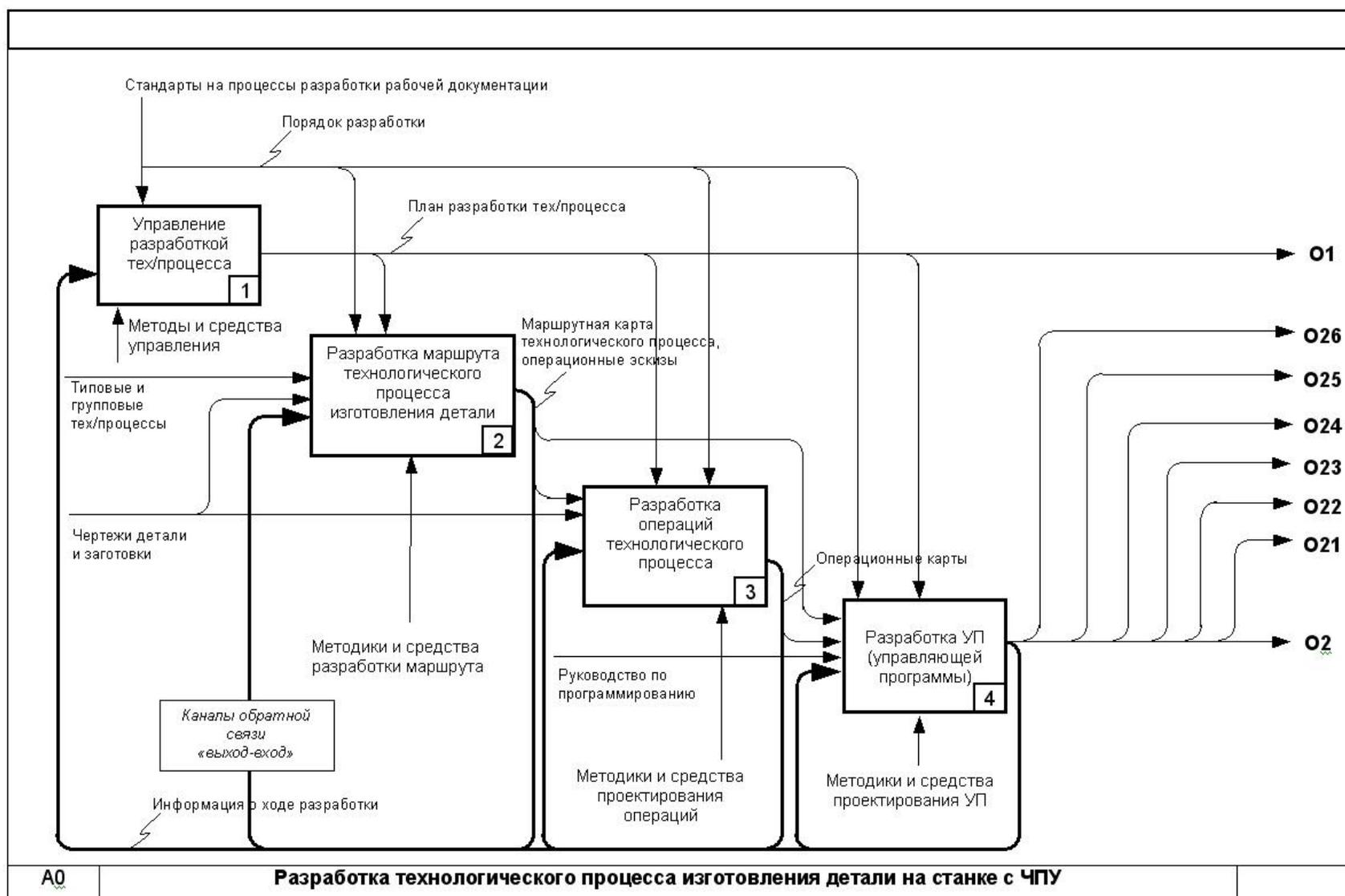


Рис. 2. IDEF0-диаграмма проектирования технологии обработки корпусных деталей на станках с ЧПУ.

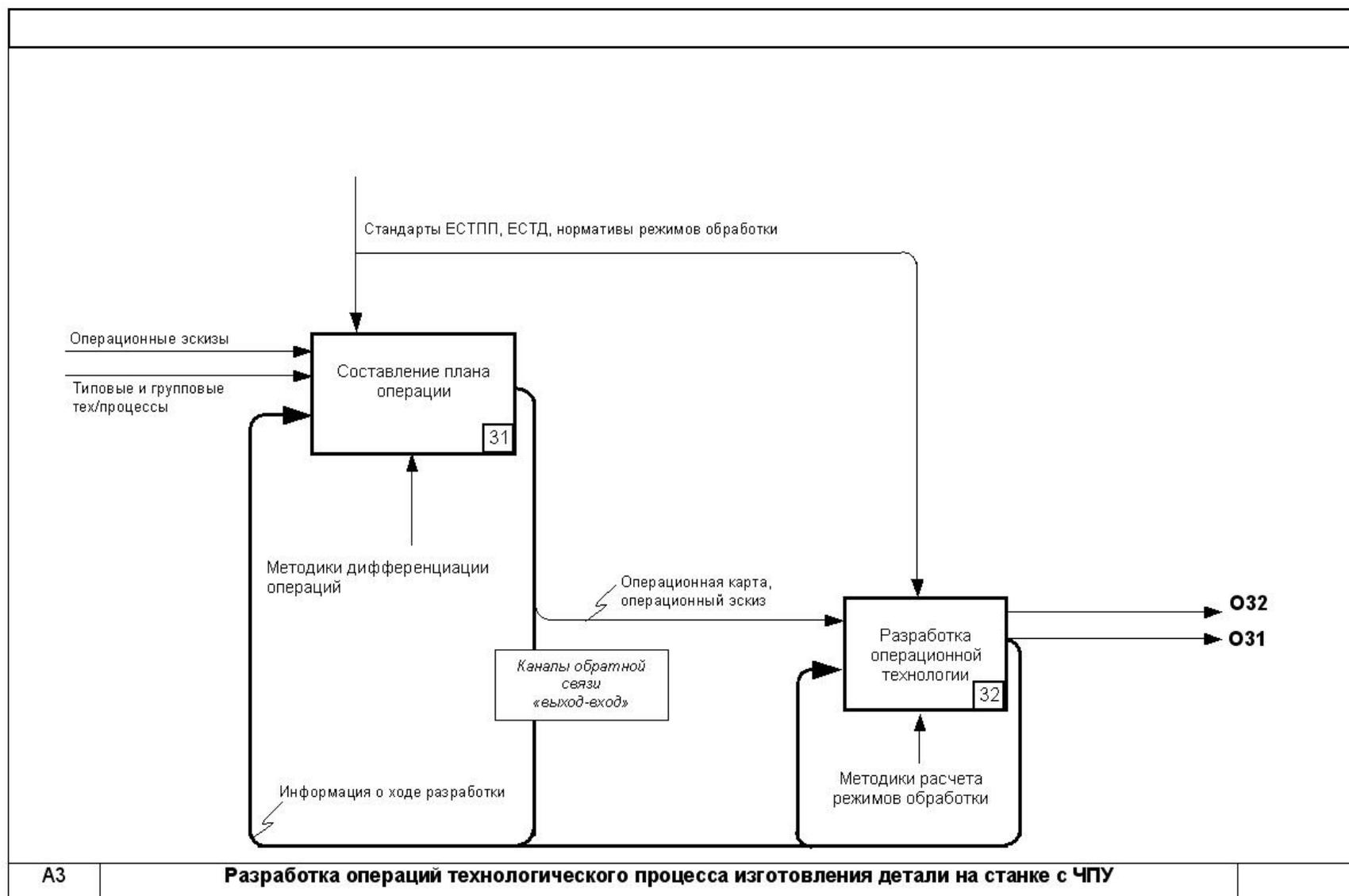


Рис. 3. IDEF0-диаграмма процесса разработки операционной технологии.

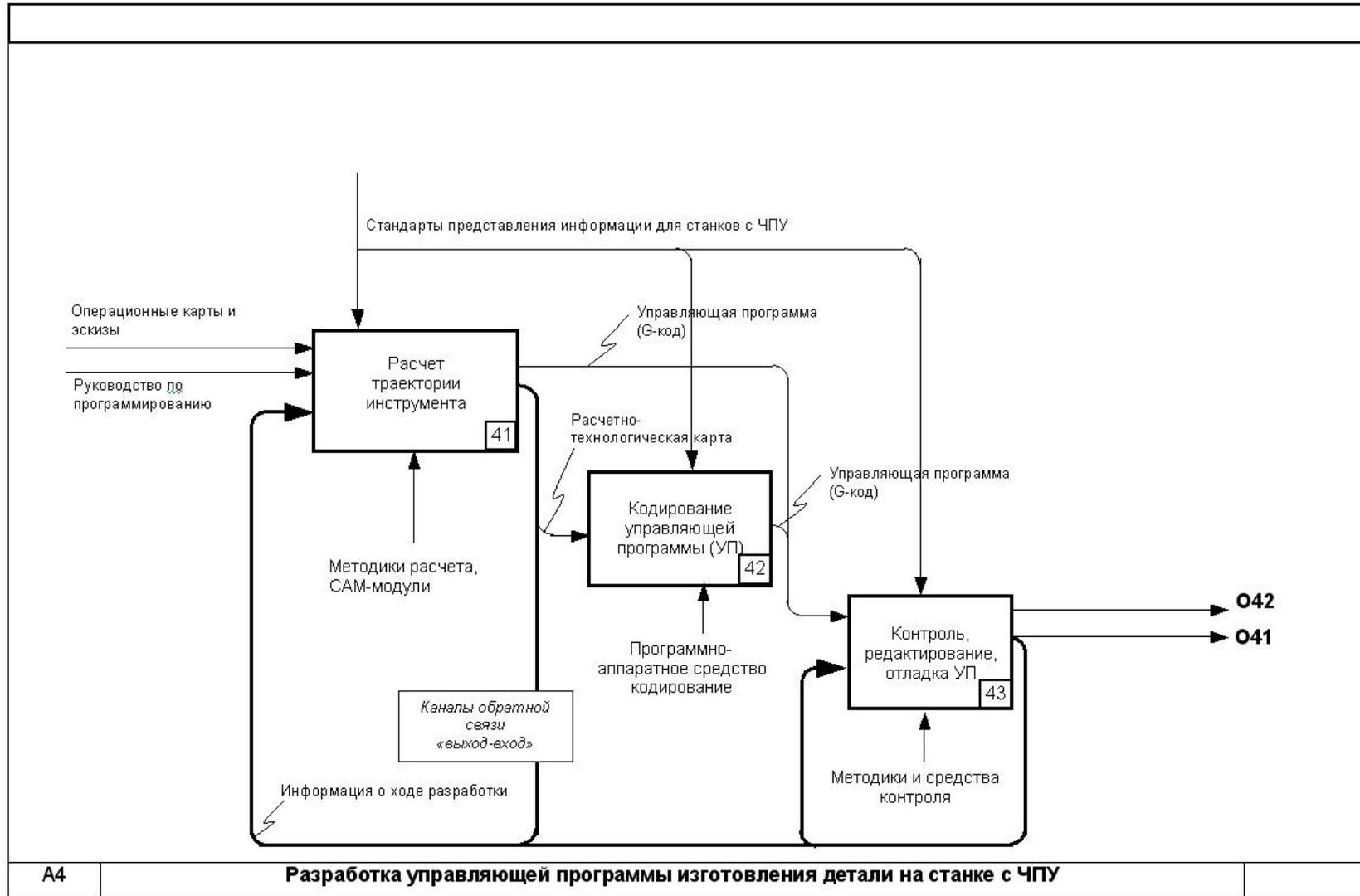


Рис. 4. IDEF0-диаграмма процесса разработки управляющей программы.



Рис. 5. Процедурная диаграмма процесса "Выбор инструмента для фрезерования" (функция 3.2 "Разработка операционной технологии" IDEF0-диаграммы "Разработка операций технологического процесса изготовления детали на станке с ЧПУ").

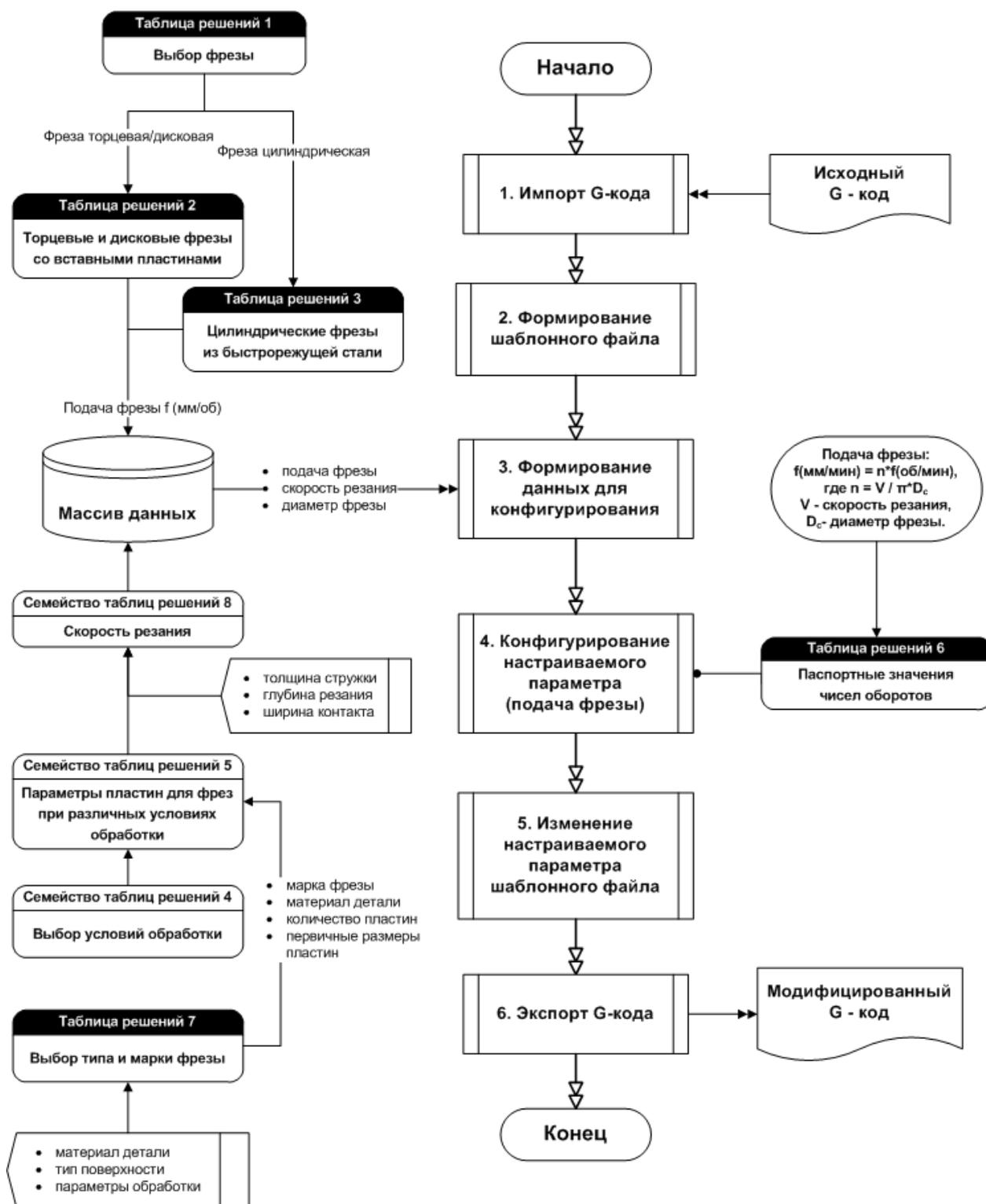


Рис. 6. Процедурная диаграмма процесса "Конфигурирование G-кода" (функция 4.3 "Контроль, редактирование, отладка УП" IDEF0-диаграммы "Разработка управляющей программы изготовления детали на станке с ЧПУ").

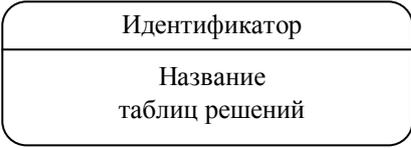
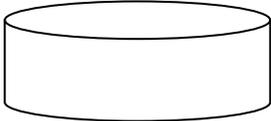
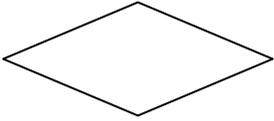
Знак определения	Значения знака
	Обозначение процедуры процесса.
	Обозначение таблицы решений.
	Обозначение нескольких однородных таблиц решений.
	Запись данных в базу данных.
	Запись данных в файл или печать или ввод данных из файла.
	Данные, вводимые с клавиатуры.
	Процедура с альтернативными результатами (выходами).
	Любая информация, поддерживающая процедуру.
	Связь между процедурами по последовательности выполнения.
	Связь между процедурой и поддерживающей информацией (в том числе и с таблицами решений).
	Связь между таблицами решений по входу-выходу. На связи может быть указаны входные параметры (параметры применимости для таблицы решений) и выходные параметры (технические решения).
	Ввод данных, необходимых для реализации процедуры или результатов процедуры.

Рис. 7. Знаки процедурной диаграммы.

Тип фрезы	Торцовые и дисковые фрезы со вставными пластинами	Да	
	Цилиндрические фрезы со вставными пластинами		Да
Идентификатор таблицы решений, на которую осуществляется переход	2	•	
	3		•

Рис. 8. Таблица решений № 1 "Выбор фрезы".

Тип сплава пластины	Твердый сплав	Да	Да	Да	Да	Да			
	Быстрорежущая сталь						Да	Да	Да
Потребная шероховатость поверхности Ra, мкм	6.3						Да		
	3.2		Да					Да	
	1.6			Да					Да
	0.8				Да				
	0.4					Да			
Подача, мм/об	2.7						•		
	1.2							•	
	1.0		•						
	0.6			•					
	0.5								•
	0.3					•			
0.15						•			

Рис. 9. Таблица решений № 2 " Торцовые и дисковые фрезы со вставными пластинами".

Материал детали	Конструкционная углеродистая и легированная сталь	Да	Да	Да	Да	Да	Да							
	Чугун, медные и алюминиевые							Да	Да	Да	Да	Да		
Диаметр фрезы, мм	до 90	Да	Да					Да	Да					
	90 – 150			Да	Да					Да	Да			
	свыше 150					Да	Да						Да	Да
Потребная чистота поверхности Ra, мкм	6.3													
	3.2	Да												
	1.6		Да											
	0.8													
	0.4													
Подача, мм/об	2.3					●								
	1.9											●		
	1.7			●										
	1.4									●				
	1.3						●							
	1.1													●
	1.0	●			●			●						
	0.8											●		
	0.6		●							●				

Рис. 10. Таблица решений № 3 "Цилиндрические фрезы со вставными пластинами".

Условие обработки	Легкая	Да					
	Средне-легкая		Да				
	Средняя			Да			
	Средне-тяжелая				Да		
	Тяжелая						Да
Идентификатор таблицы решений, на которую осуществляется переход	5	●					
	-		●	●	●	●	

Рис. 11. Таблица решений № 4 "Выбор условий обработки".

Список литературы

1. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. 320 с.
2. Судов Е.В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. М.: ООО Издательский дом "МВМ", 2003. 264 с.
3. Э. Хамби. Программирование таблиц решений: Пер. с англ. / Э. Хамби. М.: Мир, 1976. 82 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. 4-е изм., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1986. 248 с.
5. Металлорежущий инструмент Sandvik Coromat. Основной каталог 2007. Точение – фрезерование – сверление – растачивание – оснастка. АВ Sandvik Coromat, 2006. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/pdf/Metalworking_Products_061/main_1.pdf
6. Техническое руководство Sandvik Coromat. Точение – фрезерование – сверление – растачивание – оснастка. АВ Sandvik Coromat, 2006. Системные требования: Adobe Acrobat Reader, WinRar. URL: http://www.mirstan.ru/user_img/Info/Milling_RUS.rar

Сведения об авторах

Фёдоров Илья Александрович ,доцент Московского авиационного института (национального исследовательского университета), к.т.н, тел.:(499) 158-58-74