

УДК 658.5, 658.512, 621.001.2

Общие подходы к управлению конфигурацией механических деталей

Ю. П. Кулик, И. А. Федоров

Аннотация

Применение технологии совместной работы над проектом всеми участниками жизненного цикла продукта, известной как "параллельный инжиниринг", является необходимым условием повышения его качества, снижение временных и материальных издержек. Это достигается в первую очередь за счет реализации наиболее эффективных управленческих решений на всех этапах технической подготовки производства, основанных на максимально полном учете мнений всех специалистов-участников проекта. Сам процесс формирования проектных решений при таком подходе называется управлением конфигурацией продукта.

В работе рассматриваются общие подходы к управлению конфигурацией механических изделий, имеющей конечной целью создание взаимосвязанной системы их конструкторской, технологической и эксплуатационной документации.

Ключевые слова

параллельный инжиниринг; управление конфигурацией; техническая подготовка производства; рабочая документация.

Рабочая документация является совместным продуктом трех видов инженерной деятельности: конструкторской, технологической и организационно-технической подготовки производства. Каждый из них специфичен и подразумевает как свое видение изделия, так и правила или "технологию" выполнения составляющих его действий или видов работ (процедур). В силу этого специалист-профессионал, находясь в рамках своего вида деятельности, невольно и неизбежно стремится установить между связанными и сопряженными видами деятельности такие взаимосвязи, которые в наибольшей степени соответствовали бы привычным для него схемам, проявляя тем самым профессиональный "империализм".

Но качество изготавливаемой продукции (степень её ценности для Потребителя) и издержки Производителя на обеспечение этого качества в первую очередь зависят от степени интегрирован-

ности всех составляющих рабочей документации.

Таким образом, интеграция всех видов деятельности, выполняемых в рамках технической подготовки производства, должна быть специальным образом организована. Основной принцип такой организации - групповая работа над проектом рабочей документации с целью достижения коллективно непротиворечивого взгляда на изделие.

Традиционно используются две схемы организации технической подготовки производства: последовательная и параллельно-последовательная.

Первая схема наиболее подвержена проявлениям профессионального "империализма", что сопряжено с многочисленными возвратами от текущего вида деятельности к предыдущим, и увеличением длительности цикла подготовки производства.

Параллельно-последовательная схема с этой точки зрения более предпочтительна, и именно она положена в основу так называемого параллельного инжиниринга или конструкторско-технологического проектирования продукции (в нашем случае механических деталей). Однако для существенного сокращения длительности цикла подготовки производства между сопряженными видами деятельности необходимо установить связи "поставщик-потребитель", т.е. организовать взаимопроникновение сопряженных видов деятельности друг в друга. Такое взаимопроникновение практически реализуется посредством предъявления Потребителем требований к результатам деятельности Поставщика.

Таким образом между сопряженными видами деятельности учреждаются информационные интерфейсы в виде требований к результатам деятельности. В результате все виды деятельности объединяются в систему, организуется общее управление ими, и создаются условия для успешной реализации схемы совместной работы над проектом [1].

Реализация параллельно-последовательной схемы технической подготовки производства будет тем успешней, чем больше степень взаимопроникновения сопряженных видов деятельности друг в друга. Другими словами, эффективность технической подготовки производства будет определяться степенью успешности решения задач построения описания изделия по сумме пусть разрозненных, но в определенном смысле взаимосвязанных друг с другом представлений об изделии. Также задача известна и получила название задачи конфигурирования объекта (изделия).

Поскольку задача конфигурирования объекта производства имеет универсальный характер, то была предложена технология её решения, которая закреплена в международном стандарте ИСО 10007 под названием административного управления конфигураций. Рассмотрим терминологию её решения.

Разрабатываемый конечный продукт называется «объектом конфигурации» (configuration item). Конфигурацией объекта (в том числе и механических деталей) называется совокупность его

функциональных и физических параметров, определенных в конструкторской документации в виде совокупности требований, фактически обеспеченных в процессе изготовления и реально достигнутых в конкретный момент эксплуатации.

Управлять конфигурацией объекта можно контролируя документы, которые описывают его самого, требования к нему и его чертежи (или модель). Такие документы являются самой важной частью процесса разработки и что управлять конфигурацией какого-либо объекта можно, управляя содержанием документов, описывающих эту конфигурацию.

Поэтому вместо того, чтобы предполагать, что такие документы могут быть созданы и могут точно описывать конфигурацию, необходимо было это гарантировать. Откуда следует, что наиболее важным результатом процесса управления конфигурацией должно быть обеспечение разработки документации, точно описывающей конфигурацию объекта в любой момент времени на протяжении всего проекта. Этот вывод основан на предположении, что если иметь набор точной и актуальной документации, то на ее основе всегда можно создать новую копию объекта. Так как основное предназначение этих документов было в «идентификации конфигурации» объекта, этот набор документов назвали «конфигурационной идентификацией» (configuration identification), или, проще говоря, «конфигурационная идентификация» означает «документы».

Идентификация конфигурации - деятельность, включающая в себя определения категории продукции, выбор объектов конфигурации, документирование функциональных и физических характеристик конфигурации, а также размещение на конкретных экземплярах продукции идентификационных знаков и номеров, удостоверяющих принадлежность продукции на момент завершения изготовления к одной из действующих базовых линий конфигурации (серий).

Базовая линия конфигурации - конфигурация продукции, документально установленная в заданный момент времени и служащая отправной точкой дальнейшей деятельности.

Выделяют функциональную и физическую базовые линии конфигураций; последняя обычно называется просто базовой линией конфигурации. Функциональная базовая линия конфигурации определяется исключительно по результатам анализа функций продукции. В нашем случае это функции, выполняемые механическими деталями в составе изделий более высокого порядка (сборочных единиц и изделий - конечной продукции). Физические или просто базовые линии конфигурации продукции выполняют то же набор функций, что и функциональные базовые линии, но различаются способами выполнения отдельных функций.

Тогда можно уточнить базовое понятие объекта конфигурации, как совокупности физических свойств продукции, материалов и услуг, в том числе и производственных, подлежащих управлению в интересах обеспечения конфигурации, установленной базовой линией продукции.

Сопряжение – физическое или функциональное взаимодействие на границе-интерфейсе

между объектами конфигурации.

План административного управления конфигурацией - документ, устанавливающий организацию и процедуры административного управления конфигурации продукции, отнесенной к конкретной функциональной базовой линии конфигурации.

Разработка рабочей документации рассматривается как самостоятельный проект, входящий в состав технической подготовки производства продукции, в нашем случае механических деталей с управляемой конфигурацией.

На рис.1 представлены этапы этого проекта, содержание которых (процедуры) соответствует рекомендациям международного стандарта ИСО 10007 и опираются на доступный для анализа и обобщения отечественный и зарубежный опыт.

Этап "Определение проекта" предусматривает анализ генеральной совокупности механических деталей и разбиение их совокупности на множества функционально однородных деталей, а также установления плана административного управления их конфигураций.

Далее для каждой из выделенных групп устанавливается своя версия проекта разработки рабочей документации по схеме доводочного проектирования как конструкции детали так и технологического процесса её изготовления. С этой целью в базовых линиях конфигурации выделяются элементы конфигурации, фактические значения которых определяются при разработке конкретной версии базовой линии, т.е. конкретной детали.

План принятия проектных технологических решений есть не что иное, как методическое обеспечение для проектирования технологического процесса как совокупности требований к производству, выполнение которых гарантировано обеспечит качество детали.

План принятия организационных проектных решений определяет методику настройки элементов производственной системы для реализации требований к ней, закрепленных в технологическом процессе. Таких настроек может быть некоторое множество, элементы которого различаются уровнем расхода потребных ресурсов.

Третий этап проекта позволяет на основе анализа требований, предъявляемых к механической детали, входящей в рассматриваемую функциональную базовую линию конфигурации, со стороны конкретного проекта системы, разрабатывать рабочую документацию на конкретную версию базовой линии конфигурации.

Практическое использование такого подхода к проекту открывает возможность построения множества специализированных версий организационно-технических систем разработки рабочей документации для каждой из функциональных групп однородных механических деталей. Все эти версии будут иметь одинаковую методическую основу, и обладать широкими возможностями их адаптации к особенностям конкретных организаций.



Рис. 1. Этапы проекта "Разработка рабочей документации механических деталей с управляемой конфигурацией".

Каждый из этапов проекта реализуется посредством соответствующих процедур, суть которых будет пояснена в дальнейшем.

На этапе "Определение проекта" ключевое значение имеет процедура определения функциональных базовых линий конфигураций.

Генеральная совокупность механических деталей представляет собой континуальное множество. Используя учение о многообразиях Р. Эшби и вводя интуитивное предположение о том, что идентичность набора функций, выполняемых деталью в составе сборочной единицы или изделия, может служить основанием для разумного сокращения разнообразия деталей, можно сформулировать вывод о возможности разбиения континуума на множества - семейства однородных с точки зрения Потребителя деталей.

Такое разбиение есть не что иное, как классификация деталей по признаку идентичности их служебного назначения. Служебное назначение определяется как исчерпывающее описание набора функций, для выполнения которого детали и предназначены. Подчеркнем, что здесь речь идет лишь о наборе выполняемых функций, но никак не о количестве каждой из функций.

Любой набор функций деталь выполняет, занимая вполне определенное положение в системе координат изделия более высокого порядка и выполняя закрепленную за ней работу.

Поскольку деталь является неспецифицированным, т.е. не подлежащим дальнейшему делению изделием, то её можно представить в виде твердого тела, изготовленного из какого-либо материала. При этом объем материала ограничен поверхностью (или набором поверхностей) последней.

Таким образом, можно выделить два элемента детали, посредством придания определенных свойств которым обеспечивается возможность выполнения предписанного детали служебного назначения. Это поверхность детали и её материал. Эти элементы безусловно равноправны, но разнообразие деталей в первую очередь определяется вариантами формы её поверхности.

Содержательный анализ роли поверхности детали в обеспечении её служебного назначения позволили определить её как совокупность определенным образом связанных друг с другом модулей поверхностей. Под модулем поверхностей понимают совокупность поверхностей, обладающих характеристиками формы и размеров. На модули накладываются размерные связи взаимного расположения.

Модули поверхностей могут быть объединены в группы по признаку выполняемых им функций при базировании детали в изделии, а также в процессе выполнения деталью закрепленной за ней работы. В этом случае модули поверхностей называются функциональными. Классификация функциональных модулей представлена на рис. 2.

Модули поверхностей исполнительные (МПИ) предназначены собственно для выполнения деталью своего служебного назначения.

Модули поверхностей соединительные (МПС) необходимы для объединения МПИ в единый конструктив и обеспечения при этом правильности взаимного расположения последних в пространстве. В принципе, модулей поверхностей соединительных в составе детали может и не быть, и тогда модули поверхностей исполнительные соединяются друг с другом непосредственно

Модули поверхностей базирующие (МПБ) служат для определения требуемого взаимного расположения деталей в изделии. То их подмножество, которое используется для определения положения рассматриваемой детали в изделии, называется модулями поверхностей базирующими основными (МПБо). Второе подмножество составляют модули поверхностей базирующие дополнительные (МПБд), и предназначены они для определения положения деталей, присоединяемых к рассматриваемой.

Модули поверхностей рабочие (МПР) необходимы для выполнения закрепленной за деталью работы. В принципе возможны два варианта конструкторского оформления МПР.

В первом случае в состав МПИ вводится образующая поверхность (ГОСТ 2.402-68), на которую затем накладывается соответствующий МПР. Во втором случае в качестве образующей поверхности используется одна из поверхностей модуля поверхностей базирующего дополнительного.

В интересах уточнения служебного назначения детали на перечисленные модули поверхностей могут накладываться различные дополнительные конструкторские элементы (ДКЭ), чаще всего нормализованные. Типичными примерами могут служить элементы, предназначенные для осевой фиксации деталей (резьбы, канавки для установки фиксирующих колец, отверстия под штифты и т.п.). В состав модулей поверхностей могут входить и элементы, создающие благоприятные условия для обработки деталей (фаски, канавки для выхода инструмента, центрованные базирующие отверстия и др.).

Исходя из того положения, что опыт, накапливаемый, в том числе, в процессе конструирования, изготовления и эксплуатации изделий одинакового служебного назначения неизбежно способствует уменьшению числа их возможных разнообразий, можно сформулировать правдоподобные утверждения: изделия одинакового служебного назначения будут подобны (но не одинаковы) в конструкторском отношении.

Если же учесть и тот факт, что входящие в семейство детали общемашиностроительного назначения будут изготавливаться с использованием универсальных средств технологического оснащения, то предыдущее утверждение может быть дополнено интуитивным предположением о том, что детали, подобные в конструкторском отношении, будут подобны и в технологическом отношении. Последнее предположение будет тем более истинным, если детали семейства будут изготавливаться в рамках одной и той же производственной системы.

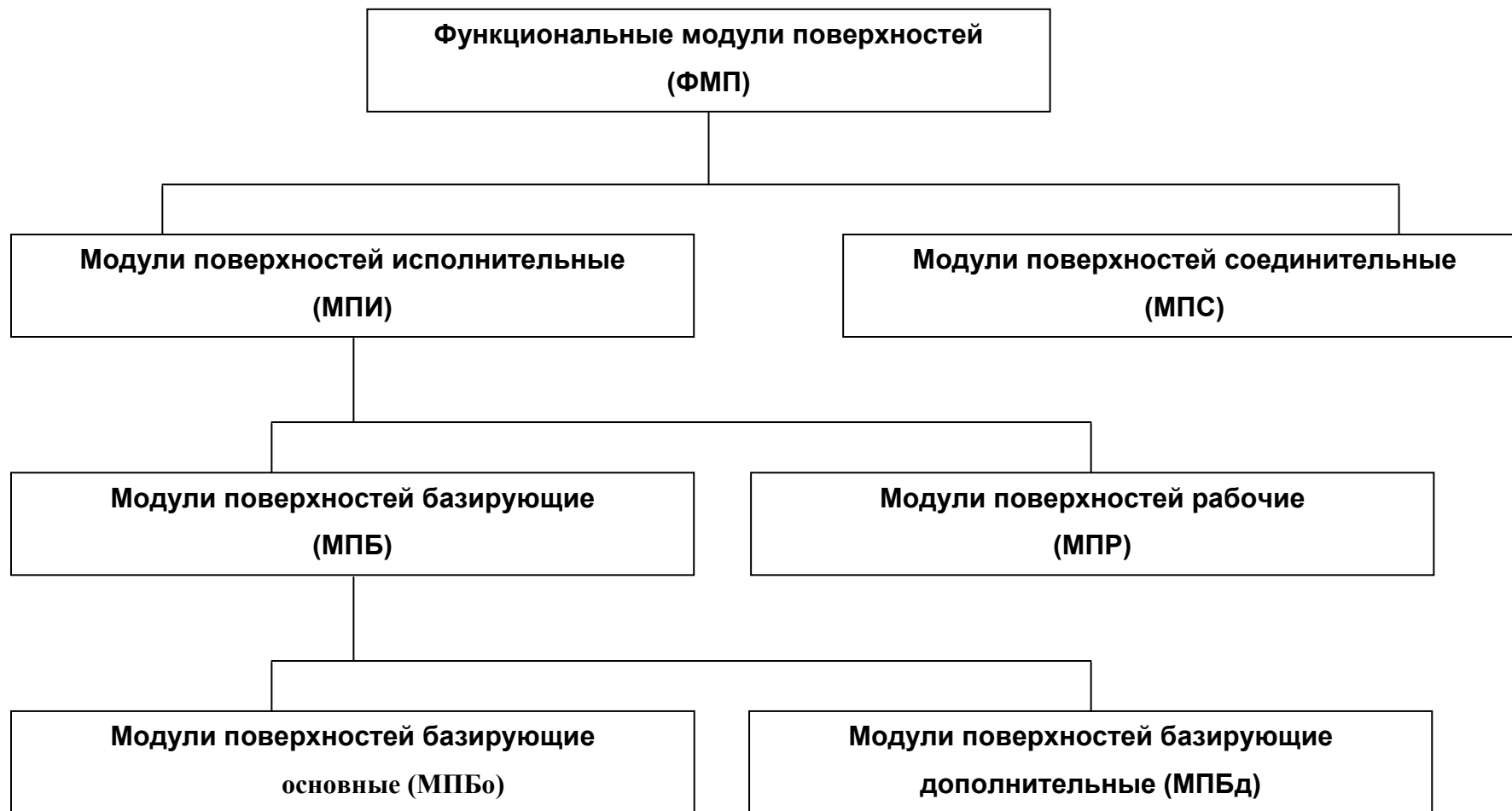


Рис. 2. Классификация функциональных модулей поверхностей деталей.

Подводя итог сказанного, можно утверждать, что функциональные базовые линии конфигурации есть не что иное, как семейства или группы деталей одинакового служебного назначения, подобные в конструкторском и технологическом отношениях.

Процедуры идентификации объектов конфигурации призваны определить служебное назначение каждой из базовых функциональных линий конфигурации путем составления исчерпывающего списка выполняемых функций. Должен быть установлен способ определения и нормирования каждой из функций.

Далее должны быть определены объекты конфигурации. Здесь представляется уместной следующая цепь индуктивных рассуждений.

Являясь неделимой сущностью, деталь выполняет свое служебное назначение как некоторое твердое тело, обладающее комплексом свойств, вводимых в деталь посредством наложения на твердое тело системы связей, а именно:

- структурных, определяющих состав функциональных модулей поверхностей детали, а также различных дополнительных конструкторских элементов, уточняющих служебное назначение детали;

- размерных связей взаимного расположения элементов структуры детали;

- формообразующих связей для отдельных участков поверхности детали;

- размерных связей поверхностей определенной формы;

- связей-свойств материала детали (марка материала, вид заготовки, требования к термической обработке, шероховатых поверхностей, вид химико-термической обработки и защитного покрытия и пр.).

Каждая связь подлежит нормированию путем определения: наименования, единицы измерения, потребного количества и допустимых колебаний последнего.

Таким образом, в качестве первого объекта конфигурации можно назвать структуру и количественные значения связей, накладываемых на деталь в процессе её конструирования. В рамках этого объекта можно выделить три группы элементов конфигурации, которые могут меняться при переходе от одной версии детали к другой, но в рамках базовой линии конфигурации. Эти элементы конфигурации можно определить в три группы:

- структурные связи, определяющие состав функциональных модулей;

- размерные связи взаимного расположения и связи, определяющие размеры отдельных поверхностей детали;

- связи-свойства материала.

Конкретная конфигурация перечисленных и подвергнутых нормированию связей как элементов конфигурации, определяет те характеристики детали, которые подлежат материализации в процессе производства.

Материализация характеристик детали обеспечивается посредством реализации жестко упорядоченной последовательности выполняемых работ и режимов воздействий различного рода на заготовку детали и её полуфабрикаты (промежуточные состояния детали). Другими словами, средства труда должны быть предварительно налажены для выполнения предписанных работ, а характеристики этих наладок как бы копируются на деталь.

Сказанное позволяет определить второй объект конфигурации - технологическая система и режимы её функционирования, необходимые для материализации характеристик детали.

Согласно [2] под технологической системой понимается совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях заданных технологических процессов и операций. Различают четыре иерархических уровней этих систем: технологические системы операции (рабочих мест), процессов (виртуальные или реальные поточные производственные линии, реализуемые в составе сетевой производственной системы), технологические системы производственных подразделений (участки и цехи), предприятия в целом.

Наладка технологической системы подразумевает три элемента её конфигурации:

- состав технологических систем процессов и операций - рабочих мест, образующих производственную линию изготовления конкретной детали в рамках технологических систем производственных подразделений и предприятия в целом;

- набор средств технологического оснащения, дополняющих технологическое оборудование и расширяющих его технические возможности, а также создающих условия, необходимые для изготовления конкретной детали;

- режимы воздействия на предмет труда с тем, чтобы обеспечить требуемое качество его элементов;

Качественное взаимодействие двух объектов конфигурации призвано обеспечить технологический процесс, являющийся частью производственного процесса и содержащий описание целенаправленных действий по изменению и (или) определению состояния предмета труда. В терминологии стандарта ИСО 10007 технологический процесс является сопряжением (информационным интерфейсом), обеспечивающим функциональное взаимодействие на границе между двумя ранее определенными объектами конфигурации.

Схема проектирования технологического процесса сопряжения двух объектов конфигурации показана на рис.3. Это схема нисходящего проектирования, которая подразумевает гарантированное обеспечение качества изделия по мере движения от вышестоящего уровня к нижестоящему.

Принципиальной схемой технологического процесса (ПС) называется упорядоченная по-

следовательность этапов обработки \bar{E}_i ($1 \leq i \leq I$), реализация которой гарантирует обеспечение требований к детали, предъявленных в конструкторской документации. Каждый их этапов однороден по способу физического воздействия на объект производства и гарантирует выполнение требований, предъявляемых к определенной совокупности связей детали.

Посредством наложения ПС на схему производственной структуры предприятия, подразделения которой имеют технологическую или предметную специализацию, может получен технологический маршрут движения детали по технологическим системам процессов или подразделений.

Маршрутный технологический процесс (МТП) некоторого этапа \bar{E}_i принципиальной схемы представляют собой упорядоченную последовательность операций O_{ij} ($1 \leq ij \leq iJ$), реализация которого гарантирует выполнение обязательств по обеспечению качества детали, закрепленных за этапом \bar{E}_i . Тем самым формируются требования к технологическим системам операций (рабочих мест), входящих в состав ранее выбранных технологических систем процессов или подразделений.

Предполагается, что в каждой из технологических систем выбранных подразделений есть хотя бы одно рабочее место, технические характеристики которого позволят решить задачу, приспаянную конкретной операции O_{ij} . Так формируется технологический маршрут движения детали внутри технологических систем подразделений.

Следующий уровень проектирования - операционный технологический процесс (ОТП), представляющий собой упорядоченную последовательность технологических переходов Π_{ijk} ($1 \leq ijk \leq iJK$), реализации которой гарантирует обеспечение тех показателей качества деталей, которые были использованы как показателей возможностей операций O_{ij} .

Поскольку в общем случае одна и та же операция может быть выполнена не в одной, но в рамках нескольких технологических систем операций (рабочих мест), то ОТП можно рассматривать как требования, предъявляемые к наладке технологических систем операций (рабочих мест).

Спроектированный таким образом технологический процесс открывает возможность формирования нескольких виртуальных производственных линий для изготовления одной и той же детали. Движение детали по каждой из этих виртуальных производственных линий сопровождается потребностью в наборе вполне определенных ресурсов, а расход каждого из них может быть оценен количественно. Реальный маршрут движения выбирается из числа виртуальных, исходя из условия изготовления детали к установленному моменту времени, и является составным элементом общего логистического потока предметов труда в производственной системе предприятия.

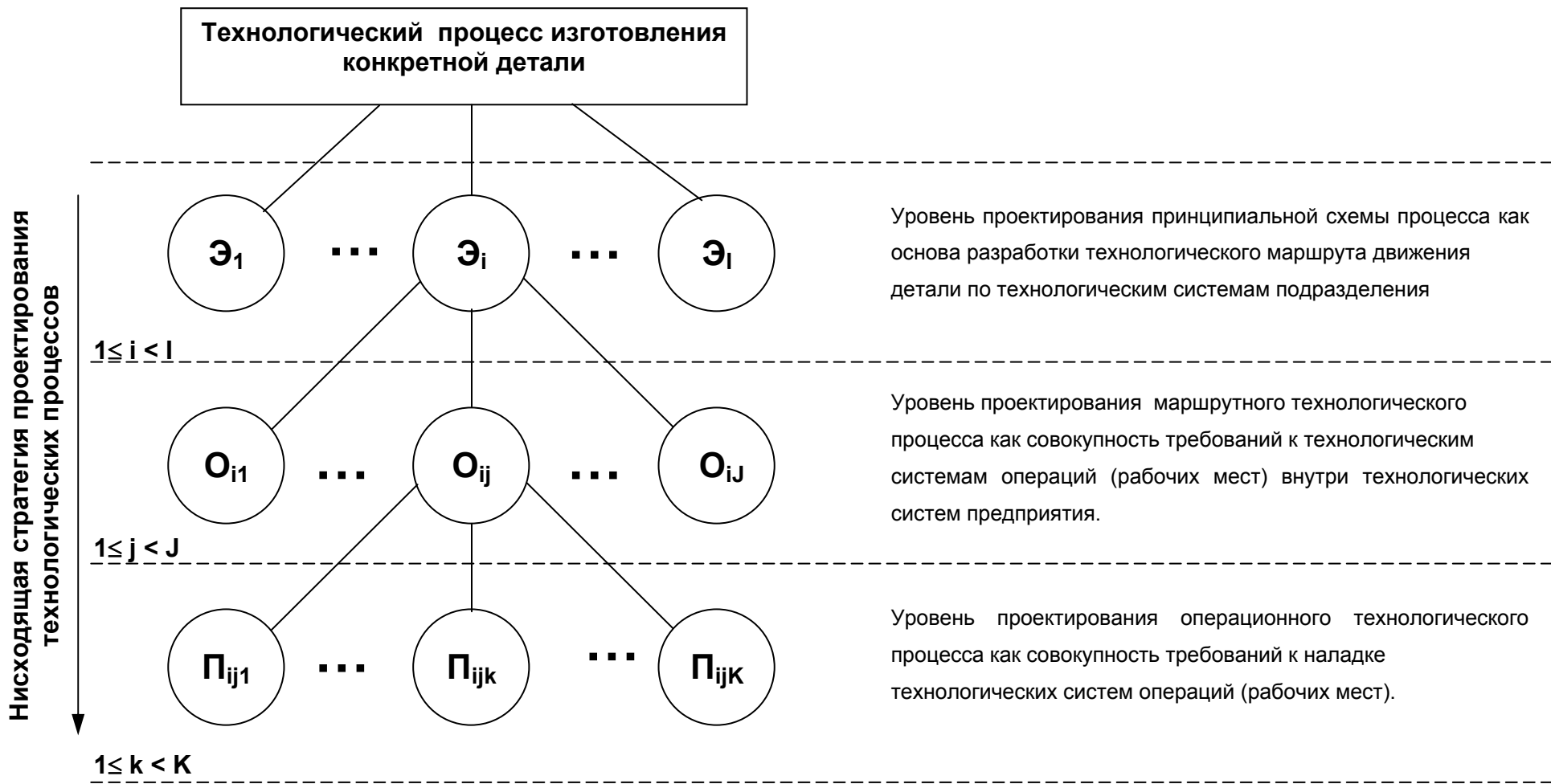


Рис. 3. Схема проектирования технологического процесса как средства сопряжения объектов конфигурации: комплекса связей конкретной детали и элементами технологической системы предприятия/

План административного управления конфигурацией предназначен для применения внутри организации, как при заключении контрактов, так и при выполнении проектов. План устанавливает для каждого из проектов мероприятия, необходимые для административного управления конфигурацией, определяет перечень исполнителей и сроки исполнения мероприятий.

План, разрабатываемый на этапе определения проекта, прежде всего, должен устанавливать процедуры разработки и поддержания в актуальном состоянии процедур разработки версий проекта для конкретных функциональных базовых линий конфигурации.

На этапе разработки версии проекта для конкретной функциональной базовой линии конфигурации, прежде всего, идентифицируются физические базовые линии конфигурации.

Необходимость введения этих линий диктуется тем, что при попытках учесть в служебном назначении не только набор функций, но и хотя бы диапазоны их количественных значений непременно ведут к "размыванию" сформулированных критериев подобия. Кроме того, на способ исполнения установленного набора функций накладывают свои ограничения и особенности проектируемых систем, подлежащие учету на самых высоких уровнях их проектирования.

Поэтому возникает необходимость разбиения сформулированных ранее семейств деталей на более четко определенные подмножества, внутри которых оговоренные ранее критерии подобия сохраняют достаточную строгость.

Практика показывает, что внутри этих подмножеств имеют место более жесткие связи между двумя выделенными ранее объектами конфигурации. Процедура разбиения функциональной базовой линии конфигурации чаще всего носит неформальный характер, но она всегда возможна, и, более того, часто необходима. Формируемые таким образом физические базовые линии конфигурации получили название семейств конструкторско-технологических решений.

Конструкторско-технологическое решение – это имеющее всесторонне определенную область применения, прошедшее необходимую апробацию и технологически готовое к практическому освоению в производстве комплексное инженерное решение, системно интегрирующее конструкцию изделия, материалы, заготовки и способы обработки, сборки и выполнения соединений (для специфированных изделий), а также организационно-технические особенности эксплуатации тех изделий, в составе которых это решение используется [2].

Процедура формализованного описания конфигурации базовой линии конфигурации преследует цель не столько получения облика типовых или групповых деталей, сколько описание логики конструирования. Поэтому, прежде всего, условимся, что под формализованным описанием конструкции детали будем понимать совокупность концептуальной схемы конструкции и требований, предъявляемых к ней со стороны того изделия, в состав которого оно входит (требования Потребителя).

Можно выделить следующие этапы построения концептуальной схемы конструкции:

1. Определение состава и размерных связей взаимного положения:

- модулей поверхностей базирующих основных. Тем самым определяется как собственная система координат изделия, так и состав поверхностей, её материализующих. Все дальнейшие определения размерных связей производятся исключительно в рамках этой системы координат;

- модулей поверхностей базирующих дополнительных;

- образующих поверхностей (если они не совпадают с поверхностями модулей поверхностей базирующих дополнительных);

Все размерные связи взаимного расположения являются элементами конфигурации, и потому должны быть определены как параметры;

2. Определение вариантов исполнения для каждого из введенных в конструкцию модулей, для чего используют соответствующие библиотеки вариантов исполнения. В состав исполнений могут включаться и дополнительные конструкторские элементы технологического назначения, т.е. упрощающие процесс обработки соответствующего элемента модуля. Собственные размеры модуля выступают как элементы конфигурации и определяются как параметры, но некоторые из них могут быть параметрически связаны друг с другом. Число вариантов исполнений в библиотеке невелико (порядка 10^0);

3. Определение вариантов исполнения модулей поверхностей соединительных. Размеры этих модулей также определяются как параметры, но одни из них являются размерами - компенсаторами или свободными (т.е. такими, как получатся), а другие подлежат определению исходя из конструкторскими (например, из условия обеспечения прочности детали), либо технологических (минимальная толщина полотна штамповки или отливки) соображений.

В результате выполнения первых трех этапов достигается важный результат - формируются один или несколько базовых конструкторских элементов детали, каждый в виде интегрального модуля поверхностей, связанные друг с другом размерными связями взаимного расположения. Как правило, это наружные или внутренние поверхности вращения или же сочетание несколькими разнородных поверхностей;

4. Наложение модулей поверхностей рабочих и дополнительных конструкторских элементов на соответствующие поверхности (несущие или же поверхности модулей поверхностей базирующих дополнительных). Как и ранее собственные размеры этих элементов выступают в качестве параметров, но большинство из них функционально связаны с собственными размерами тех поверхностей, на которые они накладываются;

5. Определение состава связей - свойств материала, выступающих в роли элементов конфигурации.

Технические требования, предъявляемые к деталям и её отдельным элементам, являются производными от требований, предъявляемых к детали со стороны того изделия, в состав которого они входят, и предельно детализируют их. Эти требования могут быть разбиты на две группы. В первую входят требования, общие для всего семейства конструкторско-технологических решений. Вторая группа параметрически связана с требованиями, предъявляемыми к конкретной версии детали со стороны проектируемой системы. В формализованном описании конструкции обе эти группы требований должны быть четко разграничены.

Таким образом, в каждом конкретном случае в рамках базовых линий конфигурации может быть сформулирована как бы "заготовка" описания детали, содержащая элементы конфигурации, подлежащие дальнейшему определению.

Как известно, технологическое проектное решение определяет значения параметров технологических процессов изготовления заданного объекта в регламентированных условиях.

Основу плана принятия технологических решений составляет соотнесение двух понятий: "технологический модуль изделия - унифицированный процесс обработки". Другими словами, на каждом промежуточном состоянии деталь или ее полуфабрикат рассматривается как совокупность определенных технологических модулей, каждому из которых может быть поставлен в соответствие хотя бы один унифицированный процесс обработки. Состав технологических модулей различен как для каждой из базовых функциональных линий конфигураций, так в принципе, и для каждого из промежуточных состояний детали.

План принятия технологических проектных решений можно представить состоящим из следующих мероприятий:

- формирование состава технологических модулей для каждого из этапов принципиальной схемы;
- разработка хотя бы одного унифицированного процесса обработки (цикла обработки) для каждого из технологических модулей;
- разработка правил наладки технологической системы операций (рабочих мест) для реализации процесса обработки применительно к конкретной детали.

Основная трудность в составлении плана принятия технологических проектных решений заключается в том, что запись конструкции детали в терминах твердотельного геометрического моделирования не содержит в явном виде технологических модулей. Поэтому эта запись должна быть подвергнута лингвистической трансляции с целью формирования технологически ориентированного описания изделия (ТООИ). В результате трансляции должны быть получены следующие описания детали:

- представления базовых конструкторских элементов в виде технологических модулей, свя-

занных друг с другом различными связями взаимного положения. Эти модули имеют унифицированную структуру в рамках каждой из базовых линий конфигурации и описываются с использованием универсальных правил. В процессе изменения состояния детали эти модули могут трансформироваться;

- представления модулей поверхностей рабочих как технологических модулей, наложенных на несущие поверхности или поверхности исполнительных модулей;

- то же для дополнительных конструкторских элементов;

- то же для зон, оговоренных в конструкторской документации, как требующие особой механической обработки резанием;

- представление требований к материалу детали, оговоренных в конструкторской документации, в том числе и требований к термической и гальванической обработке. В тех случаях. Когда эти виды обработки выполняются для отдельных зон детали, в ТООИ должны быть оговорены расположение и размеры этих зон. Отметим, что кроме особо оговоренных случаев класс шероховатости поверхности считается параметрически связанным с допустимой погрешностью размера, определяющего соответствующую поверхность.

ТООИ может быть сформировано либо с использованием специального программного средства - лингвистического транслятора, либо вручную оператором, занимающимся разработкой технологического процесса.

Как отмечалось ранее, технологические решения могут быть как структурными, так и параметрическими. Рассмотрим подходы к принятию этих решений.

Решения структурного характера в основном принимаются при разработке принципиальных схем и маршрутных технологических процессов. Схема принятия решения сводится к следующему:

- индуктивно задана жестко фиксированная последовательность этапов или операций технологического процесса;

- задано условие, которому удовлетворяет исходное состояние детали и те условия, которым должна удовлетворять деталь после выполнения соответствующей обработки;

- задана совокупность производственных правил, позволяющая на основании заданных условий вычеркнуть из исходной последовательности те элементы, которые не являются необходимыми для рассматриваемой детали.

Параметрические решения принимаются преимущественно на этапе проектирования операционного технологического процесса. Параметры при этом могут быть как дискретными, так и непрерывными. Здесь принимаются следующие решения:

- определение потребных вида, типоразмера и нормы точности технологического оборудо-

вания;

- согласование параметров рабочих зон приспособлений и инструментов с размерами и физическими характеристиками технологических модулей, а также присоединительных размеров приспособлений и инструментов с присоединительными размерами технологического оборудования;

- определение режимов различного рода воздействий на технологические модули;

- установление требований к составу и квалификации исполнителей, вытекающие из особенностей выполнения унифицированного процесса обработки.

Совокупность принятых таким образом технологических решений служит директивной информацией для принятия организационных проектных решений.

Организационные проектные решения определяют способ соединения средств технологического оснащения друг с другом в составе технологической системы конкретного рабочего места с тем, чтобы обеспечить выполнение директив технологических проектных решений. Конечная цель принятия этих решений была определена ранее и заключается в наладке рабочего места для качественного выполнения вполне определенной работы и формирования тем самым набора виртуальных производственных линий.

Рассмотрим подходы к решению этой задачи.

Прежде всего, для каждого из рабочих мест должны быть составлены и поддерживаться в актуальном состоянии их формуляры. В них должны быть оговорены: технические характеристики технологического оборудования и текущее его состояние с точки зрения обеспечиваемой нормы точности; типы и характеристика приписанной технологической оснастки и инструментов.

При наличии такого формуляра параметры наладок могут быть определены путем сопоставления требуемых технических характеристик рабочего места, предъявляемых со стороны технологического модуля, с ресурсами, располагаемыми рабочим местом. Режимы физических и прочих воздействий на технологический модуль определяются расчётно-аналитическим путем или на основе табличных данных, содержащихся в нормативах, признанных пригодными к применению на рассматриваемом рабочем месте.

Затраты на выполнение закрепленной за рабочим местом работы оцениваются посредством определения состава и потребного количества ресурсов, а также их стоимости.

Версия базовой линии конфигурации для конкретной детали определяется путем обработки формализованного описания конструкции базовой линии конфигурации с целью определения фактических значений параметров элементов конфигурации.

Библиографический список

1. Колчин А.Ф., Овсянников М.В., Стрекалов А.Ф., Сумароков С.В. Управление жизненным циклом продукции. – М.: Анахарсис, 2002. – 304 с.
2. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, 1997, – 450 с.
3. ГОСТ Р ИСО 10007-2007 Менеджмент организации. Руководящие указания по управлению конфигурацией. – М.: Стандартинформ, 2008, – 17 с.
4. ГОСТ 2.402-68 Единая система конструкторской документации. Условные изображения зубчатых колес реек, червяков и звездочек цепных передач. – М.: Стандартинформ, 2008, – 17 с.
5. ГОСТ 2.053-2006 Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 1986, – 9 с.

Сведения об авторах

Кулик Юрий Павлович, заведующий кафедрой «Производство аэрокосмической техники» Московского авиационного института (государственного технического университета), к.т.н, доцент.

+7 499 158-58-74.

Фёдоров Илья Александрович, доцент кафедры «Производство аэрокосмической техники» Московского авиационного института (государственного технического университета), к.т.н.

+7 499 158-58-74.