

УДК 621.787

DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-1-316-324

## АНАЛИЗ И СИНТЕЗ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА С ИСХОДНОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

© А.И. Ремнев, О.Г. Кретьова, Н.И. Мячикова,  
С.В. Швец, М.Л. Воронцова

Предложенный алгоритм анализа и синтеза способствует выявлению конструкций режущих инструментов на базе исходной инструментальной поверхности, которая обеспечивает формирование заданных поверхностей на деталях методом формообразования при соответствующих движениях режущего инструмента. Изложена методология проектирования и создания различных вариантов режущего инструмента с помощью исходной инструментальной поверхности.

*Ключевые слова:* исходная инструментальная поверхность; система резания; процесс формообразования; способы образования поверхностей детали.

### ВВЕДЕНИЕ

Создание общей методологии расчетов и конструирования режущих инструментов позволило бы рационально решать практические задачи инструментальной подготовки производства. В настоящее время – известны общие подходы к выбору инструментальных материалов и механизмов их крепления [1], установлены конструктивные элементы различных инструментов, требования к их рабочим поверхностям по точности и качеству.

Известны методики по обобщению процесса проектирования рабочей части *режущего инструмента (РИ)*, в основу которых положено два звена – поверхность детали *Д* и *исходная инструментальная поверхность (ИИП) И*, взаимодействующие во время процесса формообразования, а по форме ИИП проектируется РИ [2–3]. Тогда последовательность проектирования кажется очевидной: определяется поверхность *И*, которая при известной схеме обработки контактирует с поверхностью *Д*, а затем тело, ограниченное поверхностью *И*, превращается в работоспособный РИ.

Однако в большинстве случаев форма ИИП *И* однозначно не определяется ни формой детали, ни относительными движениями упомянутых двух звеньев, а контакт между ними может быть линейным или точечным, причем как постоянным, так и периодическим.

Для создания на поверхности *И* режущих кромок предлагается учитывать [2], что форма обработанной поверхности зависит от формы и размеров режущих кромок инструмента и его движений относительно заготовки, например, для фасонного резца это действительно так, но здесь абсолютного соответствия нет. Траектория движения строгального резца может быть различной, лишь бы она находилась на поверхности детали. Цилиндрическую поверхность формирует проходной токарный резец как с прямолинейной, так и с радиусной режущей кромками.

Именно поэтому С.И. Лашнев и др. [3], не используя понятия *ИИП И*, проанализировали зависимость формы рабочей части инструмента от условий его кон-

такта с поверхностью детали и имеющихся движений. На этом основании предложена геометрическая формула РИ, составляющие которой настолько глубоко и всесторонне отражают условия металлообработки, что ее можно считать стенографическим описанием инструментального обеспечения технологической операции, а неоднозначность решений этой задачи приводит к созданию альтернативных конструкций РИ. Кроме того, создание геометрической формулы требует от конструктора полных и всесторонних знаний относительно РИ и условий его использования, а наличие их уже не требует применения этой формулы при проектировании РИ.

Следовательно, попытки обобщить и формализовать методику проектирования различных видов и типов инструментов еще не дали желаемых результатов. Новая методология создания РИ, базирующаяся на понятии ИИП, позволяет установить и использовать реальные возможности теории проектирования при проектировании РИ.

**Постановка задачи создания поверхности детали.** Рассматривая процесс формообразования как взаимодействие двух звеньев, например, поверхность детали *Д* и ИИП *И*, необходимо, во-первых, установить, какие поверхности формируются у деталей и какие практические способы используют при их образовании. Во-вторых, исследовать, какие формы поверхностей и каким образом контактируя с поверхностью детали, могут считаться вторым звеном процесса формообразования – ИИП. Установив форму этого второго звена, можно реально рассуждать над тем, какое материальное тело благодаря каким движениям сможет воссоздать поверхность детали. Тогда это тело может быть базовым для разработки РИ.

Обычно поверхности деталей состоят из таких геометрических элементов, как: плоскость, цилиндр, конус, винтовая и эвольвентная поверхности, а РИ при этих контактах, например, точечном или линейном, должен при помощи соответствующих движений очертить соответствующую поверхность.

Геометрически поверхность создается двумя координатными линиями: образующей и направляющей. Если режущая кромка инструмента полностью контактирует с поверхностью детали, то тогда контакт линейный, и поверхность можно считать образующей для будущей поверхности детали. Тогда, благодаря результирующему движению резания, как направляющей, создается соответствующая поверхность детали.

При точечном контакте инструмента с поверхностью детали необходимо эту точку перемещать по траектории, которая будет образующей для будущей поверхности детали или создать кинематическую характеристику [4], а потом эту образующую детали направить по направляющей.

Формообразование поверхности, как движение образующей по направляющей, исследовали С.И. Лашнев, А.Н. Борисов и С.Г. Емельянов [3]. Причем есть поверхности, для которых образующую можно использовать в качестве направляющей, а направляющую использовать в качестве образующей, но есть и такие поверхности, которые такого использования не допускают.

Следовательно, поверхности детали классифицируются следующим образом:

- допускающие движение как по направляющей, так и по образующей;
- допускающие движение только по направляющей.

Кроме того, есть поверхности, у которых каждая из координатных линий или одна из них во время движения образующей по направляющей сохраняют свою форму, т. е. эти линии «жесткие». Причем одна из координатных линий, или обе линии, во время движения изменяют свою форму.

При наличии хотя бы одной «жесткой» координатной линии ее можно воссоздавать как точкой, например, точечный контакт плюс соответствующее движение, так и линией, например, режущая кромка, или множество точек контакта абразивного инструмента.

Если координатные линии при образовании поверхности изменяют свою форму, то обработка такой поверхности возможна только при точечном контакте РИ с деталью, потому что, очевидно, пока не существует таких РИ, форма рабочей части которых может изменяться во время их работы.

Следовательно, если рассматривать процесс формообразования как работу некоторого механизма, который состоит из двух звеньев ( $I$  и  $D$ ), которые контактируют по линии  $E$ , то эта линия может быть или режущей кромкой, или образована кинематически при

соответствующем движении участка точечного контакта.

**1. Способы образования поверхностей детали.** Чтобы связать координатное определение поверхностей с практикой образования реальных деталей, необходимо проанализировать, каким образом могут быть созданы при разных контактах с РИ наиболее распространенные поверхности детали, например, плоскость, поверхность вращения, эвольвентная поверхность и т. п.

**Плоскость и линейный контакт.** Сформировать такую поверхность при постоянном контакте можно благодаря вращательному движению в этой плоскости образующей (циковка) или ее поступательному движению вдоль направляющей (внешняя протяжка). Если же контакт дискретен, то формы траекторий режущих кромок РИ в пространстве не ограничиваются, но они должны быть касательными к направляющей поверхности детали, например, фрезерование прямозубой цилиндрической фрезой.

**Плоскость и точечный контакт.** При фрезеровании плоскости цилиндрической фрезой с винтовыми зубьями имеем точечный контакт (рис. 1а) и очевидную линейную характеристику при взаимодействии  $I$  (кругового цилиндра) и  $D$  (плоскости), характеристика которой в данном случае образуется кинематически.

Благодаря главному движению резания  $D_r$  для точек винтовой режущей кромки создается виртуальная подача  $D_{S_0}$  вдоль образующей поверхности детали, т. е. образуется кинематическая характеристика  $E_k$ . Обкатка поверхности детали в направлении  $D_H$  создает некоторое множество положений, огибающая поверхность которых и будет ИИП, а движение подачи  $D_S$  совпадает с направляющей поверхности детали.

Для создания плоской грани внутренней поверхности используется протяжка (рис. 1б), которая имеет точечный контакт лезвий с поверхностью детали. Характеристика  $E'$  образуется благодаря конструктивной подаче, а ИИП – кинематически устремлением главного движения резания линии  $E'$  вдоль направляющей поверхности детали. ИИП в форме плоскости движется по грани внутренней поверхности детали, т. е. при точечном контакте сначала, с помощью движения подачи, необходимо создать образующую, а потом, используя направляющую (линию любой формы, которая лежит на плоскости поверхности детали), воссоздать и саму плоскость. Образующая и направляющая могут иметь различные формы, а это безгранично увеличивает виды и типы РИ.

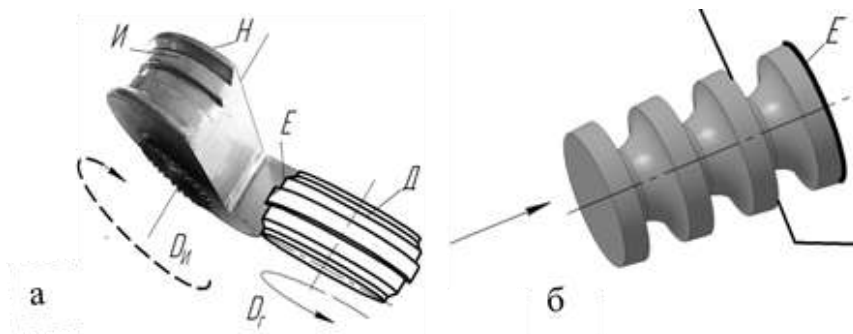


Рис. 1. Формирование ИИП: а – плоскости и линейного контакта; б – плоскости и точечного контакта

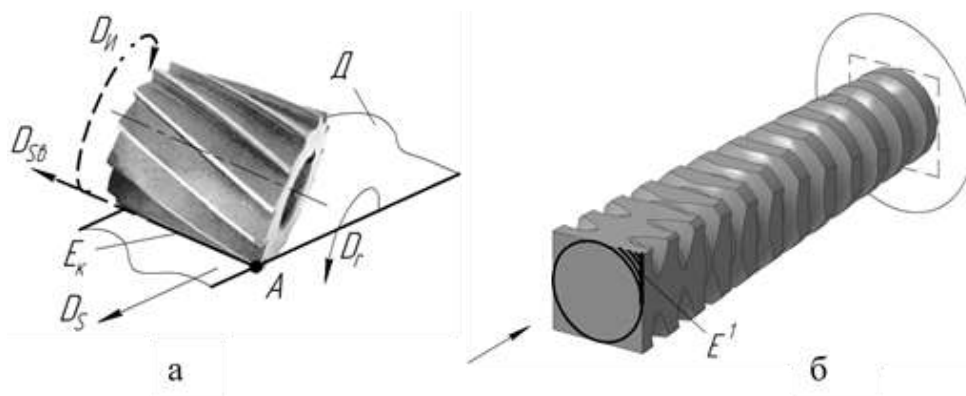


Рис. 2. Формирование ИИП: а – круговой цилиндр при линейном контакте; б – внутренняя поверхность при линейном контакте

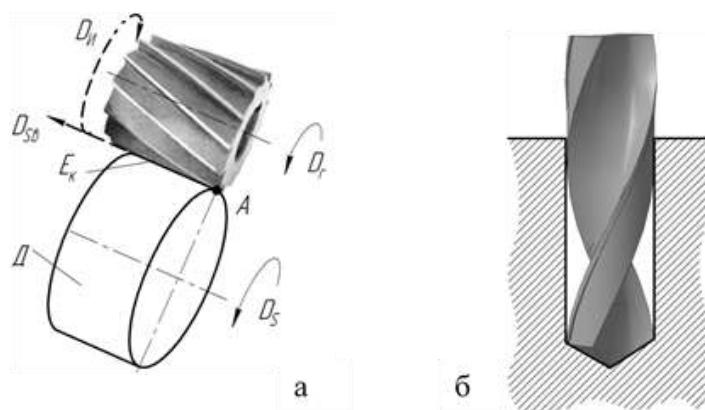


Рис. 3. Формирование ИИП круговым цилиндром при точечном контакте

Торцевая фреза и строгальный резец имеют точечный контакт с плоскостью и линейную кинематическую характеристику  $E'$  (направляющую) благодаря прямолинейной подаче.

Однако линейная образующая требует использования резца, а образующая типа дуги – торцевой фрезы. Упрощение форм координатных линий уменьшает это разнообразие, т. е. количество типов образующих даже в пределах одного вида РИ.

Например, теоретически режущие кромки циковки могут быть дугowymi, криволинейными, ломаными и т. д., но в итоге циковка имеет прямолинейные режущие кромки и соответствующую конструкцию.

**Круговой цилиндр при линейном контакте.** Точение круглым фасонным резцом создает взаимодействие двух материальных поверхностей  $I$  и  $D$  (рис. 2а), а линия их контакта  $E$  – это характеристика режущей кромки. Движение  $D_{II}$  режущей кромки по направляющей  $H$  создает ИИП, и эта поверхность, поверхность вращения, является огибающей последовательных положений поверхности детали при осуществлении ею главного движения резания  $D_r$ . При точении фасонным резцом есть возможность сформировать и исследовать реальную ИИП  $I$ , но и здесь нет однозначного решения при проектировании этой поверхности и инструмента в целом. Например, если за направляющую взять не круг, а прямую линию, то получим призматический резец. Причем, если ось круглого резца не будет парал-

лельной оси детали, то получим форму, отличную от предыдущей формы ИИП.

Внутреннюю поверхность при линейном контакте можно создать с помощью протяжки, когда образующая поверхности детали совпадает с образующей ИИП, а это режущая кромка РИ и одновременно характеристика  $E$  (рис. 2б). Движение по прямой направляющей линии  $E$  создает ИИП  $I$ , а, соответственно, движение  $I$  вдоль своей оси формирует поверхность детали.

**Круговой цилиндр при точечном контакте.** При фрезеровании поверхности вращения цилиндрической фрезой с винтовыми зубьями имеем точечный контакт – точка  $A$  (рис. 3а), а также линейную характеристику при взаимодействии  $I$  для кругового цилиндра и  $D$  для поверхности вращения.

Здесь характеристика образуется кинематически благодаря главному движению резания  $D_r$ , а для точек винтовой режущей кромки создается виртуальная подача  $D_{Sb}$  вдоль образующей поверхности детали, т. е. образуется кинематическая характеристика  $E_k$ . Обкатывание поверхности детали в направлении  $D_{II}$  создает множество ее положений, огибающая поверхность которых и будет ИИП. Причем движение подачи  $D_s$  совпадает с направляющей поверхности детали.

При сравнении рис. 1а и рис. 3а необходимо отметить, что в рассмотренных случаях кривизна направляющей поверхности детали на форму ИИП  $I$  никакого влияния не оказывает.

Круговой цилиндр можно формировать вершиной лезвия, а это может быть токарный и расточный резцы, сверло и т. д. При сверлении отверстия (рис. 3б) вершина инструмента, вращаясь вокруг своей оси, создает образующую, или кинематическую характеристику, которая с помощью осевой подачи, т. е. движения по направляющей кинематически образует ИИП  $I$ . Движение этой ИИП вдоль оси  $PI$  создает поверхность детали.

Причем на одних схемах формообразования (рис. 1б и 2б) очевидным является определение направляющей поверхности детали как направление главного движения резания, а на других (рис. 1а и 3а) – направление движения подачи.

Что касается случая формообразования поверхности вершиной лезвия  $PI$ , то направляющая и образующая поверхности детали могут меняться местами.

**Эвольвентная поверхность при точечном контакте.** Такая поверхность образуется при использовании метода центроидного огибания, при котором ИИП эвольвентная, которая может имитировать сцепление с поверхностью детали, а это могут быть зубчатые колесо или рейка. Инструмент, как парное колесо, наглядно создается поверхностью долбяка (рис. 4а).

На имитации сцепления с рейкой сконструированы зуборезная гребенка, гребенчатая фреза и червячная фреза, поверхности которых, создающие сцепление с поверхностью зубчатой детали, могут быть образованы кинематически, например, нарезание конических колес с круговым зубом или конических колес с прямым зубом.

**Эвольвентная поверхность при линейном контакте.** Здесь линейный контакт возможен при методе копирования, например, пальцевыми и дисковыми фрезами. При работе таких  $PI$  формирование профиля

зубьев колеса происходит при периодическом линейном контакте. Зубодолбежная головка (рис. 4б) контактирует с поверхностью детали по характеристике  $E$ , форма которой полностью совпадает с профилем колеса. Двигаясь вдоль оси детали, характеристика  $E$  создает эвольвентную ИИП  $I$ , а при постоянном линейном контакте такое движение  $I$  формирует эвольвентную поверхность детали.

**Винтовая поверхность при точечном контакте.**

При нарезании резьбы метчиком с укороченной стружечной канавкой (рис. 5а) характеристика  $E'$  создается кинематически ИИП, которая является образующей поверхности детали, а движение ее по винтовой направляющей создает поверхность детали  $I$ . При этом осуществляется непрерывный точечный контакт  $PI$  с поверхностью детали. Очевидно, что и при нарезании резьбы резцом, и при нарезании метчиком ИИП является винтовая поверхность. Но в первом случае она формируется кинематически, а во втором – это материальная винтовая поверхность, на которой после пересечения стружечными канавками созданы режущие кромки.

**Винтовая поверхность при линейном контакте.**

Если предусмотреть режущие кромки и на калибрующей части метчика (рис. 5б), то характеристика поверхности  $E$ , являющейся режущей кромкой калибрующей части, окончательно формирует поверхность детали и материальную линию контакта для поверхностей  $I$  и  $D$ , имеющих непрерывный линейный контакт.

При обычном и «вихревом» фрезеровании резьбы происходит линейный периодический контакт и кинематическое образование ИИП  $I$ , а различное положение осей вращения для режущих кромок этих поверхностей отразилось на конструктивных отличиях этих  $PI$ .

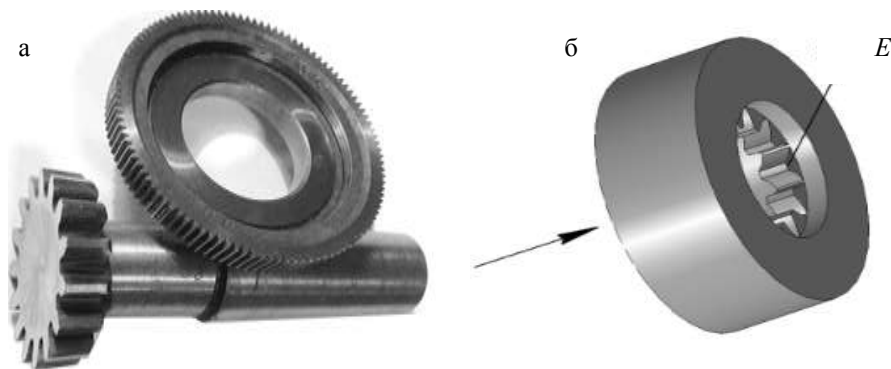


Рис. 4. Формирование ИИП эвольвентной при точечном контакте

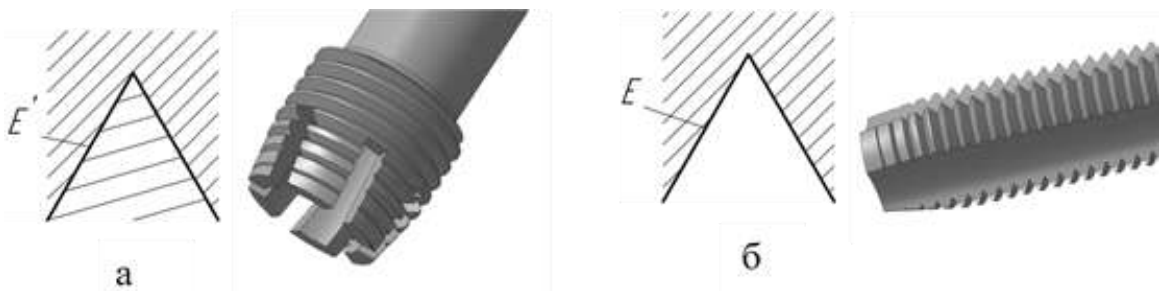


Рис. 5. Формирование ИИП эвольвентной при линейном контакте

**2. Кинематическое формирование ИИП.** Режущие инструменты выполняют две функции [1; 3; 6]:

- контактируют с припуском, распределяя его в определенной последовательности на стружку при различных схемах резания;

- формируют поверхность детали при точечном или линейном контакте при различных методах формообразования.

Определяющим в конструкции РИ является метод формообразования, т. е. какими геометрическими элементами: точкой или линией – будет создаваться при соответствующих относительных движениях поверхность детали (рис. 5). Это означает, что для таких контактов с поверхностью детали могут использоваться тела разных форм и размеров.

При формообразовании поверхностей схемы резания могут значительно влиять на конструкцию РИ, если уделять внимание распределению припуска при резании, например, одинарной или групповой протяжкам.

Базируясь на неизменных положениях теории формообразования как взаимодействия двух звеньев некоторого механизма [2], ИИП  $I$  следует считать не поверхность, которая ограничивает тело РИ, а поверхность, которая при соответствующем относительном движении формирует поверхность детали. Причем это может быть и реальная поверхность, которая действительно ограничивает тело РИ, и поверхность, образованная соответствующими движениями контактирующих с поверхностью детали элементов тела РИ (точки или линии).

От параметров движения точки или линии образуется некоторая форма ИИП  $I$ , а тело, которому принадлежит эта точка или линия, созданное с учетом конструктивных особенностей оборудования и обрабатываемой поверхности, является РИ.

Поэтому, во-первых, существует определенное множество поверхностей, каждая из которых может контактировать с поверхностью детали при формообразовании, т. е. иметь множество ИИП  $I$ . Во-вторых, можно использовать некоторое множество реальных тел (РИ), которые при соответствующих движениях создают ту или другую ИИП, а это создает неоднозначность в проектировании РИ, выход из которого дает только опыт, знание и творческий подход.

**3. Основные этапы проектирования РИ.** Наличие множества ИИП, например, как материальных, так и созданных кинематически, не позволяет предложить формализованную методику проектирования РИ. Можно использовать эвристический метод морфологического анализа [5; 7–9], основанный на подборе возможных решений для отдельных частей РИ, имеющих характеризующие морфологические признаки, которые систематизируют путем их сочетания и комбинирования. Для проведения морфологического анализа необходима точная формулировка проблемы для данной системы резания, а затем получают ответ на возможности обработки резанием с помощью поиска различных отдельных вариантов, независимо от того, что изначально шла речь только об одной конкретной системе резания.

**4. Синтез теории резания при обработке лезвийным РИ с ИИП.** Выбор и обеспечение лезвийному РИ максимально возможной работы РИ при расчете рациональных режимов системы резания с использованием ИИП для различных материалов является основной

задачей при разработке и проектировании технологических процессов (ТП) изготовления изделий.

При разработке классификатора установления рациональных режимов резания при обработке лезвийным РИ из композитных и твердосплавных материалов одной из задач является синтез рациональных вариантов компоновочных решений выбора лезвийного РИ с использованием ИИП.

В классификаторе лезвийный РИ имеет шесть основных классов, обозначенных цифрами для конкретного материала лезвийного РИ. Конструктивные элементы геометрии режущей части лезвийного РИ формируются в конкретный класс по определяющему признаку данного класса, что и определяет класс с характерным признаком.

Количество характеристик, охватываемых классификатором, должно быть достаточным для описания системы резания любых представленных материалов лезвийного РИ (рис. 6).

Выбор рационального варианта основных режимов системы резания для лезвийного РИ из совокупности известного массива – достаточно сложная и трудоемкая задача, для решения которой был разработан единый технологический классификатор для системы резания, расчета и выбора основных режимов резания для лезвийного РИ на ЭВМ. Данный классификатор позволяет значительно упростить выбор требуемого варианта режимов резания для лезвийного РИ с ИИП из совокупности известного массива данных. Количество характеристик, охватываемых классификатором, должно быть достаточным для выбора, оценки и описания любого из представленных режимов системы резания из совокупности известного массива экспериментальных и расчетных параметров, участвующих в процессе системы резания.

При технологической проработке выбора рационального варианта основных режимов системы резания для лезвийного РИ из совокупности известного массива формируется множество вариантов системы резания для конкретного лезвийного РИ с ИИП, совокупность которой можно описать зависимостью:

$$T = \bigcap_{\eta \in L} t_{\eta},$$

где  $L = \{1, 2, \dots, \alpha\}$ . При конструкторской проработке ИИП лезвийного РИ выявляется совокупность конструктивных особенностей из созданного массива как известных конструкторских решений, так и оригинальных, формируется совокупность, которая способствует созданию ИИП для лезвийного РИ с качественными свойствами:

$$K = \bigcap_{\mu \in M} k_{\mu},$$

где  $M = \{1, 2, \dots, \beta\}$ . Схема получения рационального варианта компоновочного решения выбора ИИП для лезвийного РИ и параметров системы резания представлена на рис. 7.

По каждому варианту ТП с ИИП при лезвийной обработке варьируют конструктивными элементами профиля ИИП лезвийного РИ и формируют множество рациональных конструкторских решений:



Рис. 6. Классификатор технологического процесса для системы резания

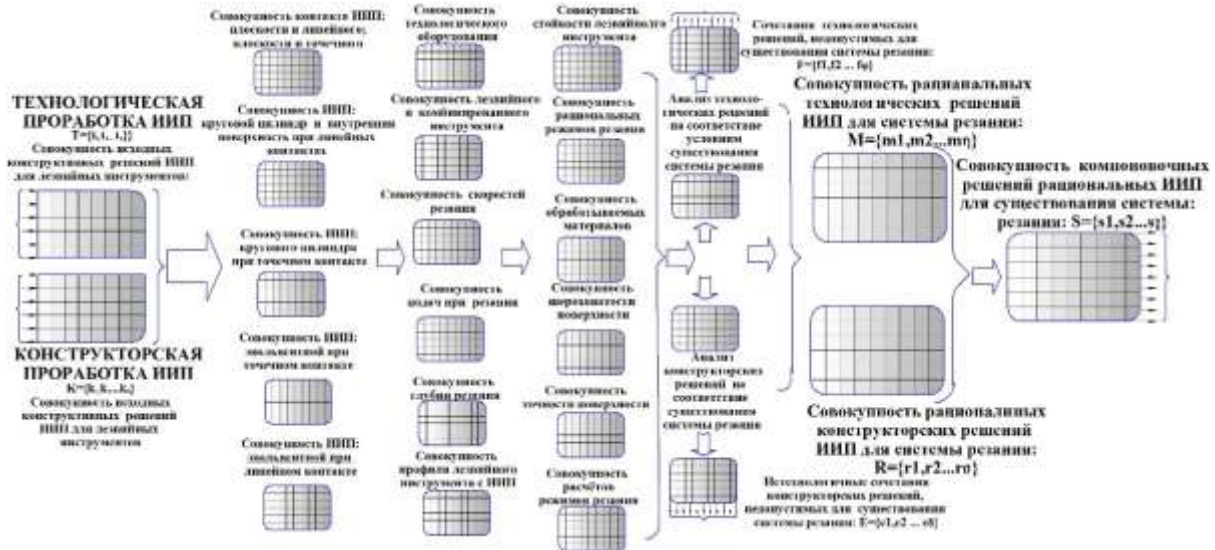


Рис. 7. Схема синтеза компонентного решения для выбора рационального варианта ИИП системы резания

$$R = \bigcap_{\rho \in N} r_{\rho}$$

где  $N = \{1, 2, \dots, \gamma\}$ . При анализе ИИП на технологичность из совокупности предварительных конструкторских решений формируется множество нетехнологичных конструктивных элементов ИИП лезвийного РИ:

$$E = \bigcap_{\varphi \in J} e_{\varphi}$$

где  $J = \{1, 2, \dots, \delta\}$ . При этом формируются результирующие множества рациональных режимов системы резания для конкретного материала детали:  $T \cap E = \{\emptyset\}$  и  $K \cap E = \{\emptyset\}$ .

Результатом поиска является совокупность компонентных решений ИИП, удовлетворяющих рациональным режимам системы резания:

$$S = \bigcap_{\lambda \in I} s_{\lambda}$$

где  $I = \{1, 2, \dots, \varepsilon\}$ . Формирование множества компонентных решений ИИП для рациональных режимов системы резания определяется по условию:  $S = (T \cap K) \cup E$ . Условие существования компонентного решения ИИП рациональных режимов системы резания с ИИП для конкретных материалов РИ и изделия в целом описывается выражением:

$$\exists_{\lambda \in I} s_{\lambda} = \left[ \left( \bigcap_{\eta \in L} t_{\eta} \right) \cup \left( \bigcap_{\mu \in M} k_{\mu} \right) \right] \cap \left( \bigcap_{\varphi \in J} e_{\varphi} \right)$$

При составлении типажа пластин и РИ не учитывалась технология их получения, которая не является элементом процесса системы резания, но представлена следующими идентификаторами: 1 – с образованием рациональных углов заточки РИ; 2 – с образованием специального профиля режущей кромки лезвийного РИ; 3 – с образованием специального РИ; 4 – с образованием специального комбинированного РИ.

Таким образом, анализ и синтез алгоритма для проектирования РИ на основании использования понятия ИИП следующий:

- определяют цели проектирования: повышение производительности обработки, улучшения качества поверхности детали, возможность использования имеющегося оборудования с его кинематикой, полная свобода выбора движений;

- выделяют отдельные характерные признаки задания проектирования с позиции сформулированного множества целей: условия контакта РИ с деталью, например, точечный или линейный; формы поверхностей, которые могут контактировать с поверхностью детали; перечень и возможные комбинации простых движений;

- на основании анализа аналогичных схем формообразования строят соответствующие блок-схемы работы механизма, который состоит из двух звеньев – поверхности детали и ИИП, а также определяют статус ИИП, например, материальная, или создана кинематически;

- для каждого признака проектирования, исходя из личного опыта и эрудиции, а также руководствуясь материалами справочников и банков данных, предлагают варианты решений как очевидные, так и, на первый взгляд, не осуществимые;

- создают комбинации из всех характерных признаков задания и их вариантов, проверяется их соответствие целям проектирования, осуществляется выбор.

Морфологический анализ, синтез компоновочного решения по выбору рационального варианта системы резания для проектирования РИ удобно и наглядно проводить, используя морфологические схемы, таблицы или ящики.

При этом эвристическая составляющая проектирования РИ очень существенна и зависит от следующих субъективных факторов:

- интуитивное выделение характерных признаков задания проектирования и их вариантов;

- отсутствие уверенности, что учтены все признаки и варианты;

- необходимость делать выбор, используя возможности интеллекта.

Возможное количество комбинаций для конструкций РИ зависит от:

- ограничения в движениях – 2 (количество и вид заданы или свободный выбор);

- вида контакта – 4 (точечный или линейный, постоянный или периодический);

- комбинации движений – 5 (линейное, вращательное, два линейных, два вращательных);

- возможной формы ИИП – 4 (призма, цилиндр, винтовая или эвольвентная поверхности).

Очевидно, что при проектировании возможное количество комбинаций для вариантов конструктивных решений, соответственно, равно  $2 \times 4 \times 5 \times 4 = 160$ .

Рассмотренный алгоритм способствует выявлению конструкций ИИП РИ, которые могут при соответствующих движениях формировать заданную поверхность детали, т. е. связан с методом формообразования ИИП. Однако и условия взаимодействия с припуском для различных схем резания также существенно влияют на окончательную конструкцию РИ, например, машинный и ручной метчик, коническая развертка, одинарная и групповая протяжка.

## ВЫВОДЫ

1. Определение ИИП как ограничивающей тело РИ предоставляет информацию относительно проектирования только для отдельных видов РИ.

2. ИИП следует считать поверхность, которая, при соответствующем относительном движении, формирует поверхность детали. Это может быть материальная поверхность, ограничивающая тело РИ, и поверхность, образованная соответствующими движениями контактирующих с поверхностью детали элементов тела РИ, например, точки или линии.

3. Если ИИП (даже мнимая) – это поверхность, которая контактирует с поверхностью детали во время формообразования, то даже при наличии некоторого множества таких поверхностей можно создавать тела (РИ) и движения, которые способны ее создать.

4. При линейном контакте поверхности детали и ИИП есть возможность определения ИИП, что ограничивает тело РИ.

5. При наличии хоть бы одной «жесткой» координатной линии на поверхности детали существует возможность создания РИ с линейным контактом с поверхностью детали.

6. При точечном контакте РИ с деталью ИИП образуется движениями точки контакта, поэтому является мнимой и зависит от кинематики станка и конструктивных особенностей детали.

7. Предложенное понятие ИИП может использоваться для анализа и определения возможных форм поверхностей, способных контактировать с поверхностью детали, на основе которых можно проектировать движения и конструкции РИ.

8. При проектировании РИ существенной является эвристическая составляющая, зависящая от интуиции, опыта и интеллектуального выбора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенченко И.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. М., 1963.
2. Родин П.П. Основы формообразования поверхностей резанием. К., 1977.
3. Лаинев С.И. Геометрическая теория формирования поверхностей режущими инструментами. Курск, 1997.
4. Кудряшов Е.А. Ресурсосберегающие системы резания с инструментом из композитных материалов // СТИН. 2013. № 7. С. 29-35.
5. Емельянов С.Г., Настасенко В.А. Морфологический анализ – метод синтеза тысяч изобретений. К., 1994.
6. Теория резания: математическое моделирование и системный анализ / С.Г. Емельянов и др. Старый Оскол, 2010.
7. Яцун Е.И., Ремнев А.И. Модельный ряд энергосберегающих инструментов // Компрессорное и энергетическое машиностроение. Сумы, 2011. № 2 (24). С. 50-53.
8. Емельянов С.Г., Ремнев А.И., Яцун Е.И. Напряженное состояние в зоне резания // Технология машиностроения. 2011. № 12. С. 13-17.
9. Емельянов С.Г., Ремнев А.И., Яцун Е.И., Швец С.В. Механизм стружкообразования при резании металлов // Вестник машиностроения. М., 2011. № 7. С. 73-76.

Поступила в редакцию 7 декабря 2015 г.

Ремнев Алексей Ильич, Курский институт кооперации (филиал) Белгородского университета кооперации, экономики и права, г. Курск, Российская Федерация, доктор технических наук, доцент кафедры товароведно-технологических дисциплин, e-mail: alexeyremnev@mail.ru

Кретьева Оксана Григорьевна, Курский институт кооперации (филиал) Белгородского университета кооперации, экономики и права, г. Курск, Российская Федерация, старший преподаватель; Курский государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, соискатель, кафедра экономической и социальной географии, e-mail: kretova-o@mail.ru

Мячикова Нина Ивановна, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Российская Федерация, кандидат технических наук, доцент кафедры продукции общественного питания, e-mail: myachikova@bsu.edu.ru

Швец Станислав Владимирович, Сумский государственный университет, г. Сумы, Украина, кандидат технических наук, доцент кафедры металлорежущих станков и инструментов, e-mail: shvets46@yandex.ua

Воронцова Марина Леонидовна, Региональный открытый социальный институт, г. Курск, Российская Федерация, старший преподаватель, зав. кафедрой технологии продуктов питания; аспирант, кафедра технологии продуктов питания, e-mail: ladyperfectm@inbox.ru



UDC 621.787

DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-1-316-324

## ANALYSIS AND SYNTHESIS OF TOOLS WITH THE ORIGINAL TOOL SURFACE METHODOLOGY OF DESIGN

© **A.I. Remnev, O.G. Kretova, N.I. Myachikova,  
S.V. Shvets, M.L. Vorontsova**

The proposed methodology of analysis and synthesis contributes to reveal of tools with the original tool surface providing a rational choice when designing different designs of the cutting tool, ensuring the formation of the corresponding movements of specified surfaces on the parts by means of shaping. The methodology of designing and creating layout of different variants of cutting tools using the original tool surface.

*Key words:* original tool surface; system of cutting; formation process; methods of forming surfaces of part.

### REFERENCES

1. Semenchenko I.I., Matyushin V.M., Sakharov G.N. *Proektirovanie metallovezhushchikh instrumentov*. Moscow, 1963.
2. Rodin P.R. *Osnovy formoobrazovaniya poverkhnostey rezaniem*. Kiev, 1977.
3. Lashnev S.I. *Geometricheskaya teoriya formirovaniya poverkhnostey rezhushchimi instrumentami*. Kursk, 1997.
4. Kudryashov E.A. Resursoberegayushchie sistemy rezaniya s instrumentom iz kompozitnykh materialov. *STanki INstrument*, 2013, no. 7, pp. 29-35.
5. Emelyanov S.G., Nastasenko V.A. *Morfologicheskiy analiz – metod sinteza tysyach izobreteniy*. Kiev, 1994.
6. Emelyanov S.G. et al. *Teoriya rezaniya: matematicheskoe modelirovanie i sistemnyy analiz*. Stary Oskol, 2010.
7. Yatsun E.I., Remnev A.I. Modelnyy ryad energosberegayushchikh instrumentov. *Kompressornoe i energeticheskoe mashinostroenie*. Sumy, 2011, no. 2 (24), pp. 50-53.
8. Emelyanov S.G., Remnev A.I., Yatsun E.I. Napryazhennoe sostoyanie v zone rezaniya. *Tekhnologiya mashinostroeniya*, 2011, no. 12, pp. 13-17.
9. Emelyanov S.G., Remnev A.I., Yatsun E.I., Shvets S.V. Mekhanizm struzhkoobrazovaniya pri rezanii metallov. *Vestnik mashinostroeniya*, Moscow, 2011, no. 7, pp. 73-76.

Received 7 December 2015

Remnev Aleksey Ilyich, Kursk Institute of Cooperation (branch) of Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Kursk, Russian Federation, Doctor of Technics, Associate Professor Commodity Research and Technological Disciplines Department, e-mail: alexeyremnev@mail.ru

Kretova Oksana Grigoryevna, Kursk Institute of Cooperation (branch) of Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Kursk, Russian Federation, Senior Lecturer; Kursk State University, Kursk, Russian Federation, Competitor, Economic and Social Geography Department, e-mail: kretova-o@mail.ru

Myachikova Nina Ivanovna, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russian Federation, Candidate of Technics, Associate Professor Production of Catering Department, e-mail: myachikova@bsu.edu.ru

Shvets Stanislav Vladimirovich, Sumy State University, Sumy, Ukraine, Candidate of Technics, Associate Professor Metal-Cutting Machine and Tool Department, e-mail: shvets46@yandex.ua

Vorontsova Marina Leonidovna, Kursk Regional Open Social Institute, Kursk, Russian Federation, Senior Lecturer, Head of Technology of Food Department, Post-graduate Student, Foodstuff Technology Department, e-mail: ladyperfectm@inbox.ru