

2. Букунов А.С. Технологии работы с информацией при моделировании зданий // Инженерный вестник Дона. 2019. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5960/ (дата обращения: 30.04.2020).

3. Bukunov A. Functional Modeling of an Integration Information System for Building Design // Arseniev D., Overmeyer L., Kälviäinen H., Katalinić B. (eds.) Cyber-Physical Systems and Control. CPS&C 2019. Lecture Notes in Networks and Systems. Vol 95. Springer, Cham, 2020. P.525–535. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-34983-7_51.

4. Akinade O.O., Oyedele L.O., Bilal M., Ajayi S.O., Owolabi H.A., Alaka H.A., Bello S.A. Waste minimisation through deconstruction: a BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS) // Resources, Conservation and Recycling. 2015. Vol. 105. DOI: [dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.018](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.018).

5. Giglio F. Controlling environmental impacts in the dismantling phase. Design for deconstruction and materials reuse // Proc. of the CIB task group 39 – Deconstruction Meeting. Vol. 272. Karlsruhe, 2002. URL: iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_272.pdf (access date: 30.04.2020).

6. Kibert C. J. Deconstruction's role in an ecology of construction. Design for deconstruction and materials reuse // Proc. of the CIB task group 39 – Deconstruction Meeting. Vol. 272. Karlsruhe, 2002. URL: iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_272.pdf (access date: 30.04.2020).

УДК 621.75.04 : 621.91.04 : 004.9
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-215

Колыбенко Евгений Николаевич,
канд. техн. наук, ведущ. науч. сотр.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА СРЕДСТВ
ДЛЯ ПЕРЕХОДА К ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
АВТОМАТИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРАКТИКИ
ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА МЕХАНООБРАБОТКИ**

Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия,
e.n.kolybenko@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены условия преобразования существующих знаний в технической подготовке механообрабатывающего производства для перехода к информационной технологии автоматизации решения задач практики высокого уровня. Традиционные знания основаны на использовании конструкторской элементной базы средств решения задач, что препятствует достижению необходимого уровня автоматизации и целей экономической эффективности. Необходима специфическая технологическая элементная база средств, определяемая в структуре базовых объектов по семи их уровням в предложенной базе знаний. Рассмотрены инструментальные средства решения задач практики, в основу которых положены методы и средства технологической элементной базы.

Ключевые слова: техническая подготовка производства, обработка резанием, системный анализ, информационная технология, моделирование решений, системология, технология.

Evgeniy N. Kolybenko,
Candidate of Technical Sciences, Chief Researcher

**TECHNOLOGICAL ELEMENT BASE OF TOOLS
FOR TRANSITION TO INFORMATION TECHNOLOGY
OF AUTOMATION FOR SOLVING PRACTICAL TASKS
OF PREPARATION TO MACHINING PRODUCTION**

Don State Technical University, Rostov on Don, Russia,
e.n.kolybenko@mail.ru

Abstract. The paper considers the conditions of transformation of existing knowledge in the technical preparation to machining production for the transition to information technology automation of solving tasks of high-level practice. The basis of traditional knowledge is the use of a design element base for problem solving, which hinders the achievement of necessary level of automation and goals of economic efficiency. A specific technological elemental base of tools is required, which is determined in the structure of basic objects at their seven levels in the proposed knowledge base. The tools for solving practical tasks are examined, which are developed around the methods and tools of the technological element base.

Keywords: technical preparation to machining, cutting processing, system analysis, information technology, modeling solutions, systemology, technology.

Конструкторская подготовка производства (КПП) оперирует с объектами {детали, сборочные узлы}. Технологическая подготовка механообрабатывающего производства (ТПП) оперирует с объектами {исходные заготовки, заготовки}, {режущие инструменты}, {станки}, {приспособления для установки заготовок}, {приспособления для установки режущих инструментов} в их информационной и логической связи с объектами (детали, сборочные узлы) стадии КПП. В предшествующих и существующих знаниях для оперирования с объектами обеих стадий КПП и ТПП по-прежнему используется функционально единая конструкторская элементная база средств соответствующая методам определения указанных объектов. Средства определены в пяти группах основных элементов интеграции структуры объектов {детали, сборочные узлы} для их обеспечения параметрами проектного качества (рис. 1).

Исходя из предлагаемых методов отображения и преобразования возможного множества элементов формы в структуре объектов обеих стадий КПП и ТПП, вводим ограничение – задаваемые каркасом точек в плоских сечениях объемные поверхности далее не рассматриваем.

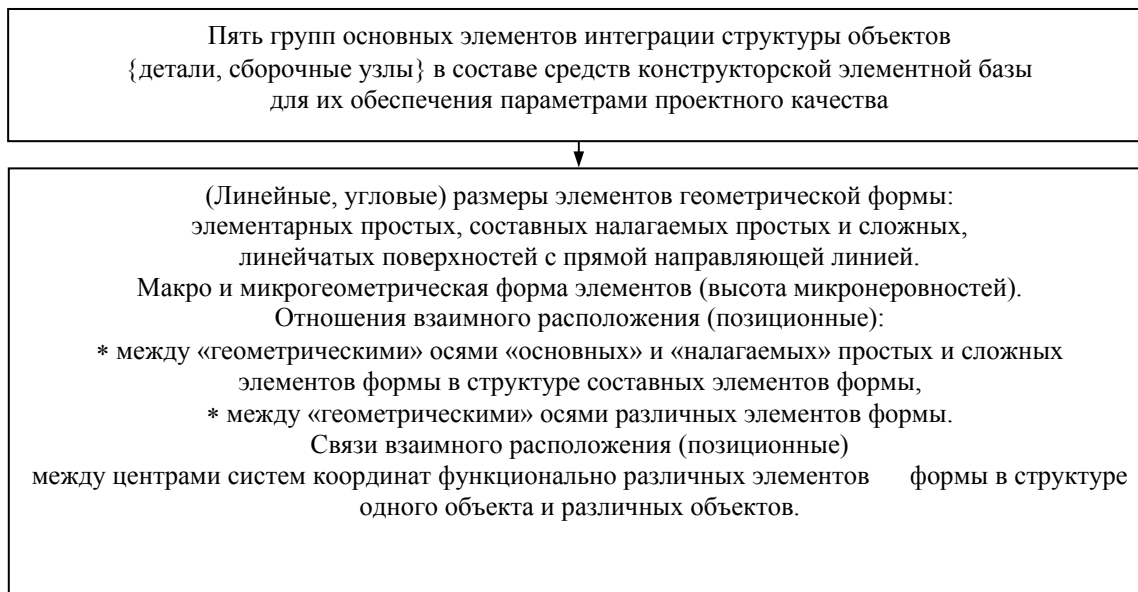


Рис. 1. Определение пяти групп основных элементов для интеграции структуры объектов конструирования в составе средств конструкторской элементной базы

Однако использование средств конструкторской элементной базы для определения объектов ТПП существенно затрудняет переход к информационной технологии автоматизации высокого уровня решения задач по всему циклу ее практики. В решении задач автоматизации принятия проектных решений в процессе преобразований исходных заготовок в детали накоплен обширный опыт знаний прошлых лет. В основу работ предшественников 60–80 годов были положены методы классификации деталей по подобию формы их конструктивных элементов (КЭ) в связи с технологией их изготовления, аппарат соответствующих понятий, а также справочная информация о станках и их технологическом оснащении.

Очень привлекательны идеи типизации проектных решений [1], группирования КЭ на основе определения «комплексной» детали [2], а также формирования групповых наладок (модулей) режущих инструментов [3]. Именно эти идеи заслуживают развития в классические академические знания по функциям формализации знаний для перехода к информационной технологии автоматизации решения задач ТПП. Для достижения экономической эффективности производства различной серийности необходимо их развитие по функциям прогрессивных форм организации производства (специализация, концентрация, кооперирование).

Попытки решения задач ТПП внесением в технологические знания свойств концептуальности делались в двух работах. В работе [4] для управления содержанием и последовательностью операций преобразований ставилась задача формулирования утверждений, информационно и логически связанных в законченную их систему. Однако сформулирован весьма ограниченный состав таких утверждений. В работе [5] в общем

виде на множестве примеров ставилась задача программирования взаимодействия между объектами обеих стадий на основе справочной информации. Использовалась обширная система понятий и логические операторы теории множеств с целью определения функций их информационной и логической связи. Последующие преобразования функций авторы осуществляли исходя из традиционных неформализованных знаний содержания и последовательности выработки проектных решений. Результаты преобразования полученных функций рассматривали как логические утверждения в процессе проектирования алгоритма в технологии принятия решений. По причине огромных сложностей управления содержанием и последовательностью операций преобразования исходных заготовок в детали, возникших в процессе проектирования алгоритмов в технологии автоматизированного принятия решений, обе указанные работы реализованы не были. В существующих знаниях акценты на формализацию КЭ остались. Однако, множественные попытки формализации алгоритмов в технологии автоматизированного принятия решений с использованием современного математического аппарата неудачны по причине наличия существенных трудностей в преодолении «барьера» для управления содержанием и последовательностью операций преобразования исходных заготовок в детали. Например, авторами работы [6] сделаны выводы, что формализация проектных решений затруднена. «Детализация приводит к стремительному увеличению количества проектных процедур и усложнению их анализа»; «...отсутствие целостного представления классификации технологических операций с позиций структурного многообразия делает невозможным создание обобщенной модели проектирования технологических операций со сложной структурой и не позволяет использовать эти модели и методы в САПЛТП».

Принципиально важно. По объективным причинам информационные и логические связи существующих знаний ТПП прерваны по маршруту технологических операций при переходе от одной рабочей машины к другой. Также прерваны связи между стадиями КПП и ТПП – перевод информации о деталях, сборочных узлах, изделиях конструирования с бумажных носителей в электронную форму ее отображения для принятия решений преобразования исходных заготовок в детали ничего не меняет. Содержательно существует огромное разнообразие информационных и логических связей в функционально различных совокупностях параметров проектного качества основных элементов интеграции в структуре изделий стадии КПП. Например, информационной и логической основой определения изделий стадии КПП являются {детали}, в общем случае, обладающие сложной структурой [7] (рис. 2). Исходя из этих об-

стоятельств, существует «барьер» для управления содержанием и последовательностью операций преобразования исходных заготовок в детали.

В существующей практике решения задач ТПП содержание знаний остается на прежнем уровне, носит описательный характер, понятия не связаны в необходимую их систему и часто не актуализированы для решения задач формализации знаний. Используются диалоговые технологии, в основу которых положены знания работ наших предшественников 60-80 годов в электронной форме представления справочной информации, выхода в САПР необходимого уровня автоматизации не имеющие.

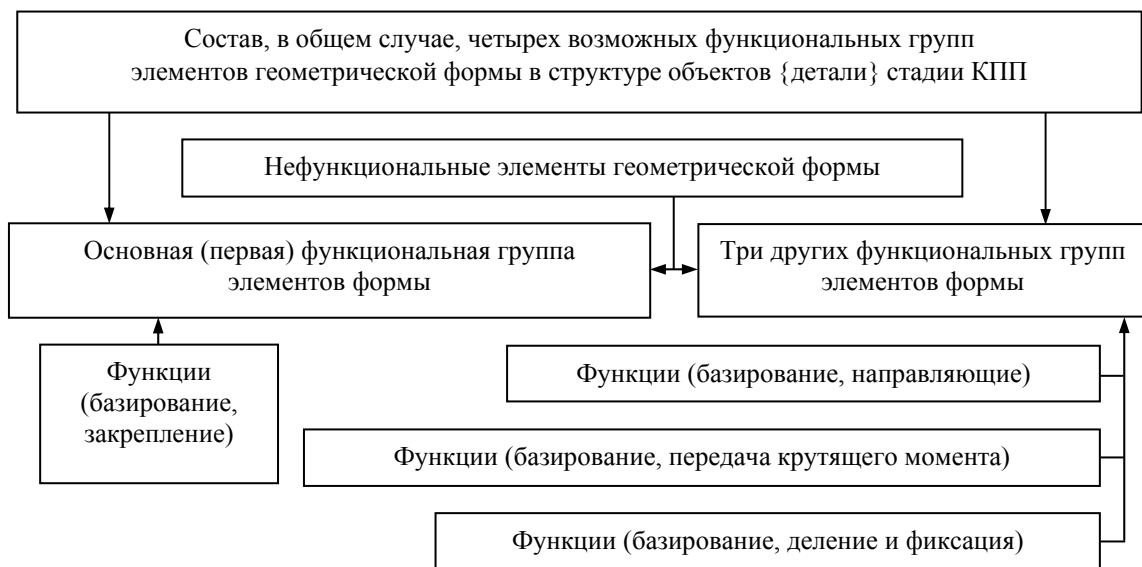


Рис. 2. Состав в общем случае четырех возможных функциональных групп элементов геометрической формы в структуре объектов {детали} стадии КПП

Переход от описательного характера полного цикла знаний ТПП к сущностным изменениям их содержания и последовательности необходимо по функциям формализации знаний с привлечением концепции технологии системной инженерии, которая формировалась в практике успешных разработок. Для реализации этих функций в работе [8] предложена иерархическая структура базы знаний по семи уровням классификации ее сложно организованных базовых объектов различных типов в их информационной и логической связи органического единства (рис. 3).

Эта база знаний предложена для замены традиционных знаний. Функции технологии системной инженерии в интерпретации автора этой работы как технология информационного логического моделирования в составе необходимых (методов, соответствующих средств, алгоритмов, операций) – управление процессами отображения и преобразования объектов информационной природы в технологических системах организа-

ции. Только математически строгая постановка задачи на автоматизированное решение задач практики ТПП по всему ее циклу средствами предложенной базы знаний предметной области позволяет определить действительно необходимую технологическую элементную базу средств.

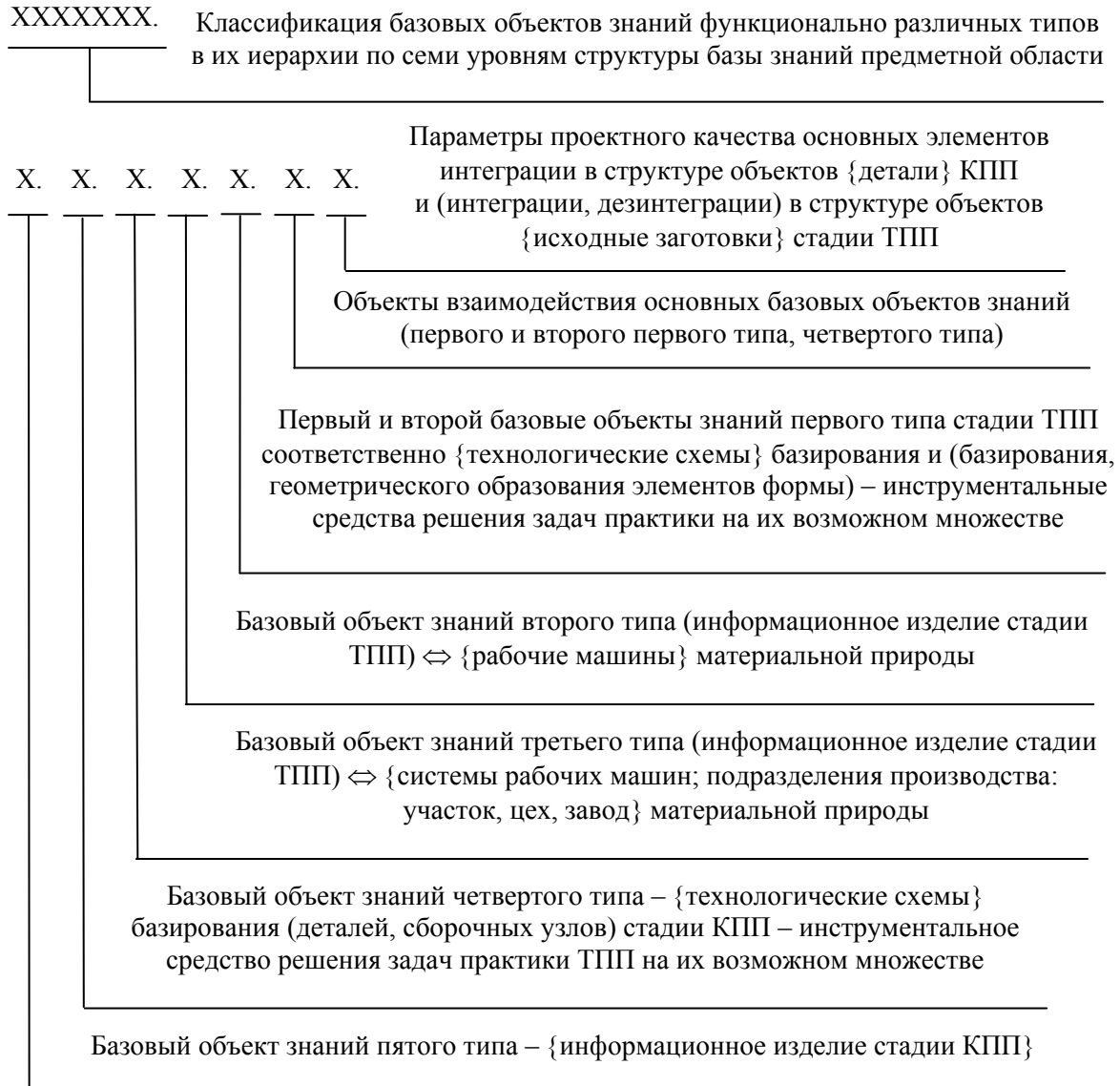


Рис. 3. Определение базы знаний предметной области в ее иерархии по семи уровням структуры базовых объектов знаний функционально различных типов

Важнейшим условием успешного перехода к информационной технологии автоматизации в решении задач ТПП является разграничение понятий «логическое моделирование» и «математическое моделирование» [9]. Из разграничения этих понятий следует разграничение понятий «технология системной инженерии» – в системах организации информационных объектов и «технология системотехники» – в процессах управ-

ления преобразованиями соответствующих материальных объектов. Информационные объекты необходимо рассматривать в условиях статической настройки технологических схем взаимодействия объектов. Материальные объекты не идеальны, поэтому подлежат рассмотрению в условиях динамической настройки технологических процессов взаимодействия объектов функционально различной природы (технической, физической, химической, биологической) с учетом неизбежных функционально различных погрешностей. Погрешности параметров проектного качества для основных элементов интеграции материальных объектов подлежат определению экспериментальными измерениями размерных и геометрических погрешностей.

Основные элементы интеграции структуры объектов стадий (КПП ТПП) – элементы знаний как системная концептуальная основа познания структуры объектов, характеризующая функционально различные элементы структуры и связи между элементами структуры объектов {детали} стадии КПП и {исходные заготовки} стадии ТПП по шести видам их обеспечения (организационное, методическое логическое, нормативное, информационное, программное, техническое).

Проектное качество основных элементов интеграции в структуре объектов {детали} стадии КПП и {исходные заготовки} стадии ТПП – функция, подлежащая безусловному исполнению для совокупности параметров проектного качества, характеризующая возможное множество различных свойств объектов в их распределении по различным элементам структуры и связям между элементами структуры объектов.

Для решения всех тех задач практики (КПП, ТПП), которые связаны с понятием «технологическая система» необходимо два этапа технологии в их связи органического единства под управлением единого интегрального алгоритма. Первый этап – распределение параметров проектного качества основных элементов интеграции из структуры объектов {детали} в структуру объектов {исходные заготовки} по функциям решения двух задач. Структура объектов {детали} на входе в технологическую систему автоматизированной обработки информации на компьютере для решения задач стадии ТПП фактически предопределена. Первая задача – обеспечение единства и общности последовательной нумерации состава элементов геометрической формы в этих объектах. Вторая задача – интеграция структуры объектов {исходные заготовки} инструментальными средствами базы знаний ТПП (рис. 3) по технологии информационного логического моделирования в условиях статической настройки соответствующих технологических схем. Структуру объектов {исходные заготовки} необходимо рассматривать как по содержанию, так и по последо-

вательности преобразований параметров проектного качества для основных элементов интеграции структуры. Информация по содержанию и последовательности преобразований вполне может быть определена в пределах технологических операций средствами структуры базового объектов знаний второго типа для {рабочих машин}. Информация о последовательности преобразований по маршруту технологических операций в структуре {исходных заготовок} изначально определена быть не может. Инструментальные средства необходимы для определения информационных изделий (рабочие машины, системы рабочих машин, подразделения производства). Второй этап – дезинтеграция структуры объектов {исходные заготовки} методами и средствами технологии обработки резанием в условиях динамической настройки функционально различных {рабочих машин}.

Функции назначения средств конструкторской и технологической элементных баз различаются принципиально. Ничто не бывает бесцельным осознанно. Средства конструкторской элементной базы необходимы для обеспечения условий сборки изделия и его рабочих свойств в эксплуатации. Принципиально важно, что решение задач практики ТПП по всему ее циклу средствами конструкторской элементной базы не может обеспечить достижение основных целей экономической эффективности. Функции технологических элементов (переход, операция, позиция, процесс) (ЕСТД ГОСТ 3.1109-82 «Термины и определения основных понятий») – управление содержанием и последовательностью преобразований {исходных заготовок, заготовок}. Исходя из этих функций, параметры проектного качества основных элементов (интеграции, дезинтеграции) структуры объектов {исходные заготовки, заготовки} подвержены преобразованиям в общем случае в {системе рабочих машин}.

Конструкторская элементная база непригодна для преобразований параметров проектного качества основных элементов (интеграции, дезинтеграции) в структуре {исходные заготовки, заготовки} в параметры качества основных элементов интеграции в структуре {детали}.

Это возможно только методами и соответствующими средствами технологической элементной базы в информационной технологии автоматизации решения задач практики высокого уровня (рис. 4).

Информационные и логические задачи (отображения, преобразования) структуры объектов {исходные заготовки, заготовки} на их возможном множестве по маршруту операций в {системе рабочих машин} связаны между собой. Только решение их всех обеспечивает цельность автоматизированной информационной технологии.

Для информационной технологии автоматизации решения задач практики ТПП высокого уровня принципиально важно обеспечить информационные и логические связи органического единства между объектами {детали} стадии КПП, {рабочими машинами} и их технологическим обеспечением в составе: {исходные заготовки}, {режущие инструменты}, {станки}, {приспособления для базирования и закрепления исходных заготовок, заготовок, режущих инструментов} средствами соответствующих идентификаторов. Это возможно средствами технологической элементной базы определяемой в структуре основных базовых объектов базы знаний ТПП во взаимодействии элементов их структуры.

Основные базовые объекты знаний стадии ТПП – объекты базы знаний, определяемые в единой среде одного уровня структуры соответствующих технологических схем на основе взаимодействия элементов структуры «ведомого» объекта преобразования в общем случае с группой элементов структуры «ведущего» объекта как системная основа знаний функционально различных информационных изделий ТПП.

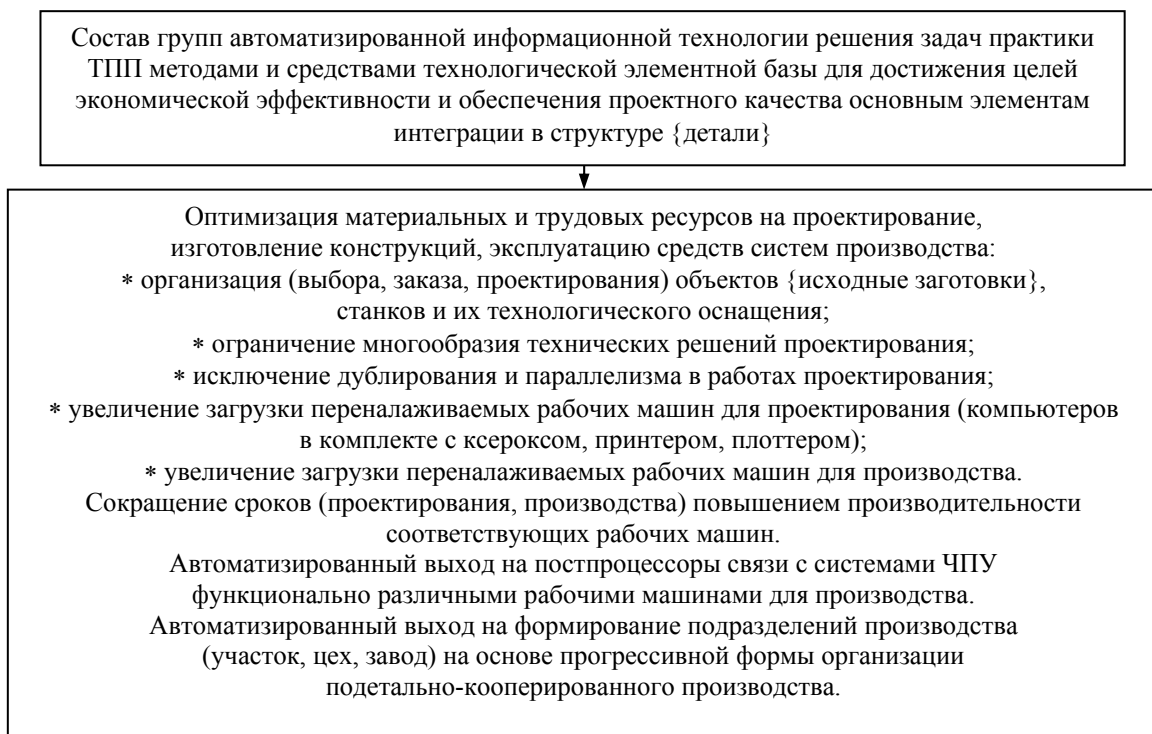


Рис. 4. Определение групп информационной технологии решений задач практики ТПП для достижения целей ее экономической эффективности

Рассмотрению далее подлежат основные первый и второй базовые объекты знаний первого типа (рис. 3). Соответствующие два «ведомых» объекта в структуре этих основных базовых объектов знаний рассматриваем в их информационной и логической связи органического единства

как две составные части каждого функционально единого объекта взаимодействия | исходная заготовка | определенного по его формализованному обозначению. Одна часть – для базирования в рабочие машины, другая – для (базирования, геометрического образования элемента геометрической формы) на рабочих машинах.

Объекты взаимодействия видны наглядно, а основные базовые объекты знаний во втором и пятом уровне иерархии структуры базы знаний (рис. 3) скрыты как по содержанию, так и по форме отображения, их определение возможно только на основе системного анализа взаимодействия объектов в технологических системах познания [8].

Только во взаимодействии объектов средствами технологической элементной базы возможно определение методов преобразования «ведомых» объектов и соответствующих им информационных средств. Существование структуры основных базовых объектов знаний обеспечивают только те исходные (ранее определенные) и полученные новые понятия, которые могут быть определены как формализованные и унифицированные аналоги элементов структуры и связей между элементами структуры подлежащие встраиванию в структуру. Формализация унифицированных понятий и их встраивание в структуру базовых объектов различных типов обеспечивает возможности математически строгого оперирования, как с понятиями, так и структурами базовых объектов знаний.

Формализация – целевая функция практической значимости знаний предметной области для преобразования традиционных понятий мыслительной природы по форме их отображения в понятия информационной природы на основе присвоения понятиям, характеризующим структуру базовых объектов знаний различных типов, формализованных обозначений пригодных для обработки их информации на компьютере при решении задач практики.

Унификация – целевая функция практической значимости знаний для приведения отдельных и составных понятий определенных по функциям соответственно семантических и синтаксических свойств к единообразию их структуры на формализованной основе с использованием тезауруса обозначений, в основу которого положено коренное понятие.

Для определения структуры основных базовых объектов знаний, в частности, используются две функции решения соответствующих задач. Одна функция – определение (вида, метода наложения, рабочих функций) связей; параметров различных свойств элементов геометрической формы участвующих в решении задач. Другая функция – определение структуры позиционных (отношений, связей) взаимного расположения соответственно между координатными «геометрическими» осями и

центрами систем координат функционально различных элементов геометрической формы участвующих в решении задач. В итоге определения структуры основных базовых объектов знаний, именно эти две функции решения задач необходимы для определения методов и соответствующих средств технологической элементной базы.

На основе возможного множества технологических схем взаимодействия объектов заданных в структуре каждого из основных базовых объектов знаний определяется соответствующая информационная модель и формируется база данных решений «прошлого» опыта проектирования, накопленного предприятиями механообработки. Информационные модели первого и второго базовых объектов знаний первого типа подлежат встраиванию в структуру базового объекта знаний второго типа для определения информационного изделия стадии ТПП \Leftrightarrow {рабочие машины} материальной природы. Эти же модели, а также информационная модель базового объекта знаний четвертого типа стадии КПП подлежат встраиванию в структуру базового объекта знаний третьего типа для определения информационного изделия стадии ТПП \Leftrightarrow {системы рабочих машин} материальной природы.

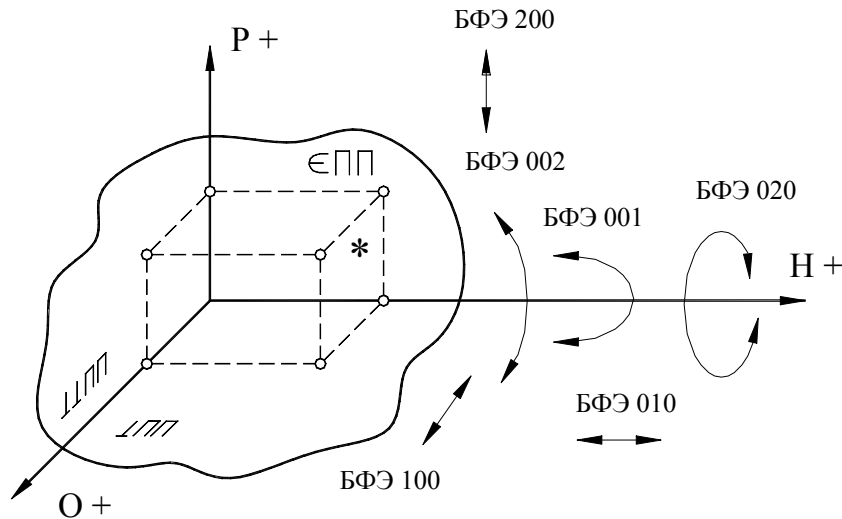
Средства технологической элементной базы – основа систематизации накопленного «прошлого» опыта проектных решений в базах данных предприятий механообработки.

Сформированные базы данных используются для информационного поиска необходимых решений и их заимствования в текущей практике проектирования по функциям работ ТПП. Информационный поиск в базах данных «прошлого» опыта решений должен быть ориентирован на то, чтобы найти «иголку в стоге сена».

Средства технологической элементной базы – основные элементы информационного поиска нужных решений в базах данных «прошлого» опыта проектирования, основа достижения целей экономической эффективности в решении задач практики ТПП по всему ее циклу (рис.4).

Объекты базирования {исходные заготовки, заготовки} в {рабочие машины} – информационные геометрические объекты, подлежащие рассмотрению вне времени в пространстве в общем случае совокупности информационно и логически связанных систем координат, идеально в условиях статической настройки технологических схем взаимодействия объектов без применения каких-либо сил. Структуре первого базового объекта знаний первого типа (рис. 3) соответствует структура технологических схем базирования объектов {исходные заготовки, заготовки} в {рабочие машины} на их возможном множестве. Для определения методов и средств технологической элементной базы в структуре технологи-

ческих схем базирования объектов используется схема распределения элементарных функций базирования между элементами структуры правой прямоугольной системы координат Декарта (рис. 5) [10].



КСБ – система координат объекта базирования;
 КСБ: \in ПП (Н, Р), \perp ПП (Н, О), $\perp\perp$ ПП (О, Р);

- | | |
|--|--|
| КСБЦ – центр системы координат; | ПП – плоскость параллелизма; |
| \in ПП (Н, Р) – направляющая плоскость; | \perp ПП (Н, О) – опорная плоскость; |
| Н: $ \in$ ПП \cap $ \perp$ ПП – «направляющая» ось; | $\perp\perp$ ПП (О, Р) – упорная плоскость; |
| О: $ \perp$ ПП \cap $ \perp\perp$ ПП – опорная ось; | Р: $ \in$ ПП \cap $ \perp\perp$ ПП – «упорная» ось; |
| БФЭ – элементарная функция базирования; | (БФЭ, БФС) = XXX ; |
| БФС – составная функция базирования; | * – точка положения наблюдателя. |

Рис. 5. Схема распределения элементарных функций базирования между элементами структуры правой прямоугольной системы координат Декарта

Технологические схемы базирования объектов накоплены и реализованы в практике «прошлого» опыта проектных решений предприятий механообработки. Различие технологических схем базирования объектов на возможном их множестве необходимо рассматривать на системной основе в составе трех средств технологической элементной базы их интеграции. Первое средство – состав элементарных простых, составных налагаемых простых и сложных, линейчатых элементов формы участвующих в решении задачи базирования объектов и определенных по параметрам проектного качества их размерных и геометрических свойств в соответствии со средствами конструкторской элементной базы в оригинальном отображении. Второе средство – распределение элементарных функций базирования между элементами формы участвующими в реше-

нии задач базирования объектов. Третье средство – параметры проектного качества в структуре позиционных (отношений, связей) взаимного расположения соответственно между координатными «геометрическими» осями и центрами систем координат функционально различных элементов геометрической формы участвующих в решении задач.

Структуре второго базового объекта знаний первого типа (рис. 3) соответствует структура технологических схем на их возможном множестве, определяемая по функциям решения двух задач. Первая задача – базирование функционально различных элементов формы в {рабочие машины} для резания. Вторая задача – геометрическое образование {элементов формы} обработкой резанием на {рабочих машинах}. Указанные две функции решения задач реализуются одновременно в пространстве и времени в условиях динамической настройки технологических процессов управления преобразованиям функционально различных {исходных заготовок, заготовок}, необходимы для определения методов и соответствующих средств технологической элементной базы.

Решение задач базирования функционально различных элементов формы реализуется на основе выхода рабочих органов машины несущих исходную заготовку или заготовку и режущий инструмент в точку контакта режущей части инструмента с подлежащим преобразованиям резанием элементом формы средствами вспомогательных (позиционных, межпереходных) движений.

Решение задач геометрического образования элементов формы реализуется средствами исполнительных (движений, вращения), врезанием движений рабочих органов машины несущих заготовку и режущий инструмент по векторам $\rho: \langle \perp \rho_1; \rho_1; \rho_2 \rangle$ относительно координатных плоскостей и «направляющей» оси {рабочих машин}. Решение этих задач иллюстрируем по функциям информационной и логической связи трех идентификаторов связи {K}, {E}, {H} объектов взаимодействия в структуре рассматриваемых технологических схем (рис. 6 – 9) [11].

Различие технологических схем (базирования, геометрического формообразования) элементов формы, реализованных в практике «прошлого» опыта проектирования предприятий механообработки необходимо рассматривать на системной основе в составе четырех средств технологической элементной базы их интеграции в оригинальной интерпретации. Первое средство – элементы структуры (линии) вспомогательных (позиционных, межпереходных) движений несущих заготовку и режущий инструмент. Второе средство – элементы структуры (линии) исполнительных (движений, вращения) рабочих органов станков несущих заготовку и режущий инструмент реализуемые методом следа в общем случае по векторам $\rho: \langle \perp \rho_1, \rho_1, \rho_2 \rangle$ относительно координатных плоско-

стей и «направляющей» оси {рабочих машин}. Третье средство – элементы структуры (линии) движения врезания рабочих органов станков несущих заготовку или режущий инструмент реализуемые методом копирования в общем случае по векторам $\rho: \langle \perp \rho_1, \rho_1, \rho_2 \rangle$ относительно координатных плоскостей и «направляющей» оси {рабочих машин}. Четвертое средство – элементы структуры (линии) режущей части инструмента реализуемые методом копирования после окончания движения методом следа в общем случае по векторам $\rho: \langle \perp \rho_1, \rho_1, \rho_2 \rangle$ относительно координатных плоскостей и «направляющей» оси {рабочих машин}.

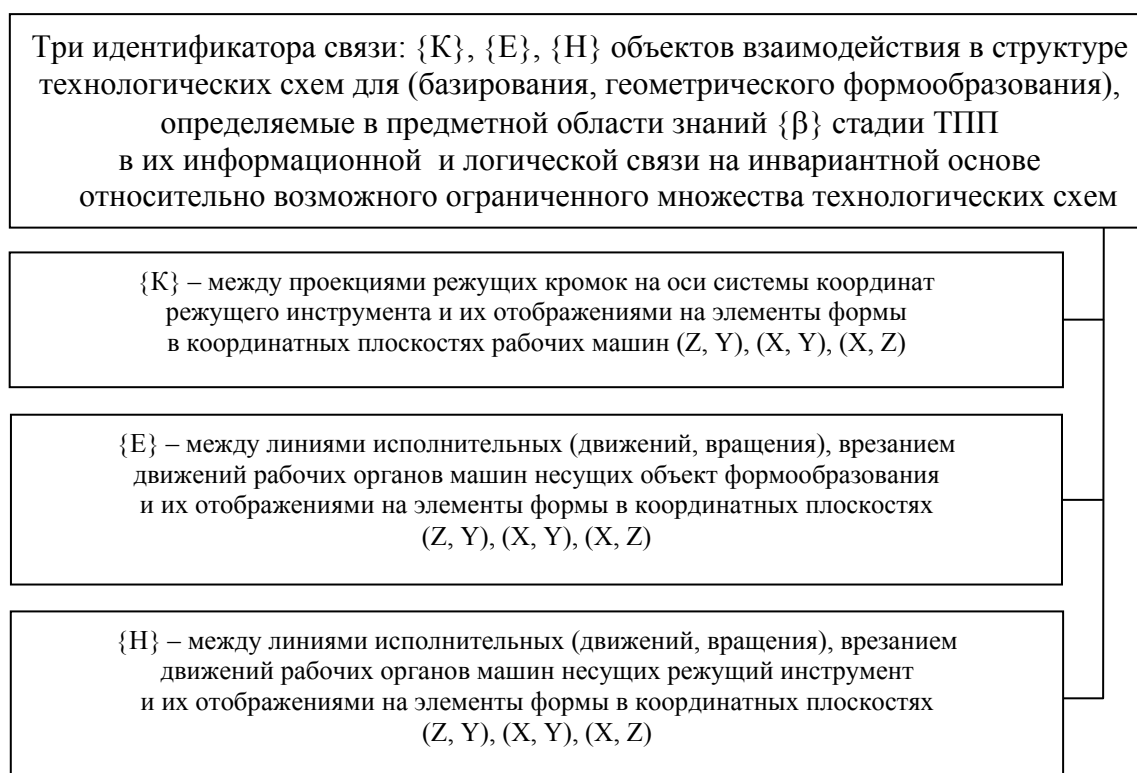


Рис. 6. Распределение функций решения задач базирования и геометрического формообразования в три направления их информационной и логической связи

Средства технологической элементной базы, определенные в рассмотренных двух технологических схемах взаимодействия «ведомых» и «ведущих» объектов – основа определения идентификаторов информационных и логических связей органического единства между всеми объектами взаимодействия. Это важнейшее условие связи информации различных баз данных объектов взаимодействия для достижения алгоритмами в информационной технологии автоматизации решения задач целевых функций их практической значимости (непрерывность, гибкость).

Важнейшим условием достижения информационной технологией автоматизации решения задач практики ТПП целей экономической эффективности является управление проектными решениями по функциям понятий «систематизация» и «группирование».

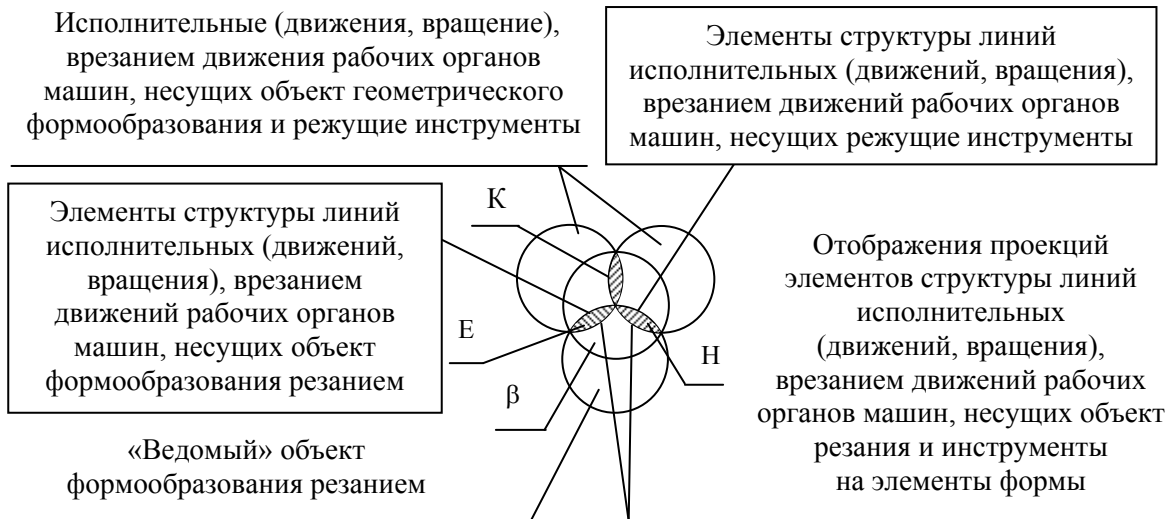


Рис. 7. Подход к отображению проекций элементов структуры линий исполнительных (движений, вращения), врезанием движений на элементы формы в плоскостях систем координат рабочих машин для обработки резанием

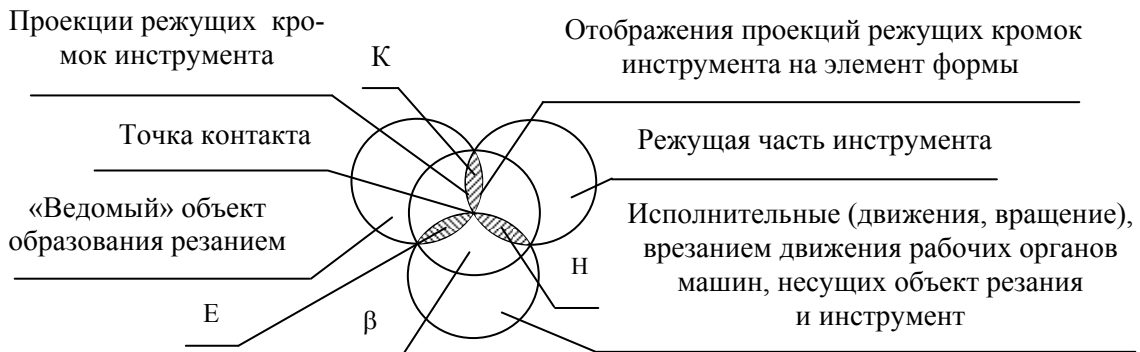


Рис. 8. Подход к отображению проекций режущих кромок инструмента на элементы формы в рабочих плоскостях систем координат машин для обработки резанием

Систематизация проектных решений задач практики ТПП – целевая функция практической значимости знаний для упорядочивания информации по содержанию преобразований «ведомых» объектов взаимодействия технологических схем методами и средствами технологической элементной базы в базах данных «прошлого» опыта проектных решений предприятий механообработки, основа группирования решений.

Группирование проектных решений задач практики ТПП – целевая функция практической значимости знаний для достижения целей эконо-

мической эффективности информационной технологии автоматизации по результатам информационного поиска в базах данных «прошлого» опыта таких идентификаторов связи объектов взаимодействия, которые обладают свойствами органического единства и общности содержания технологических преобразований «ведомых» объектов.

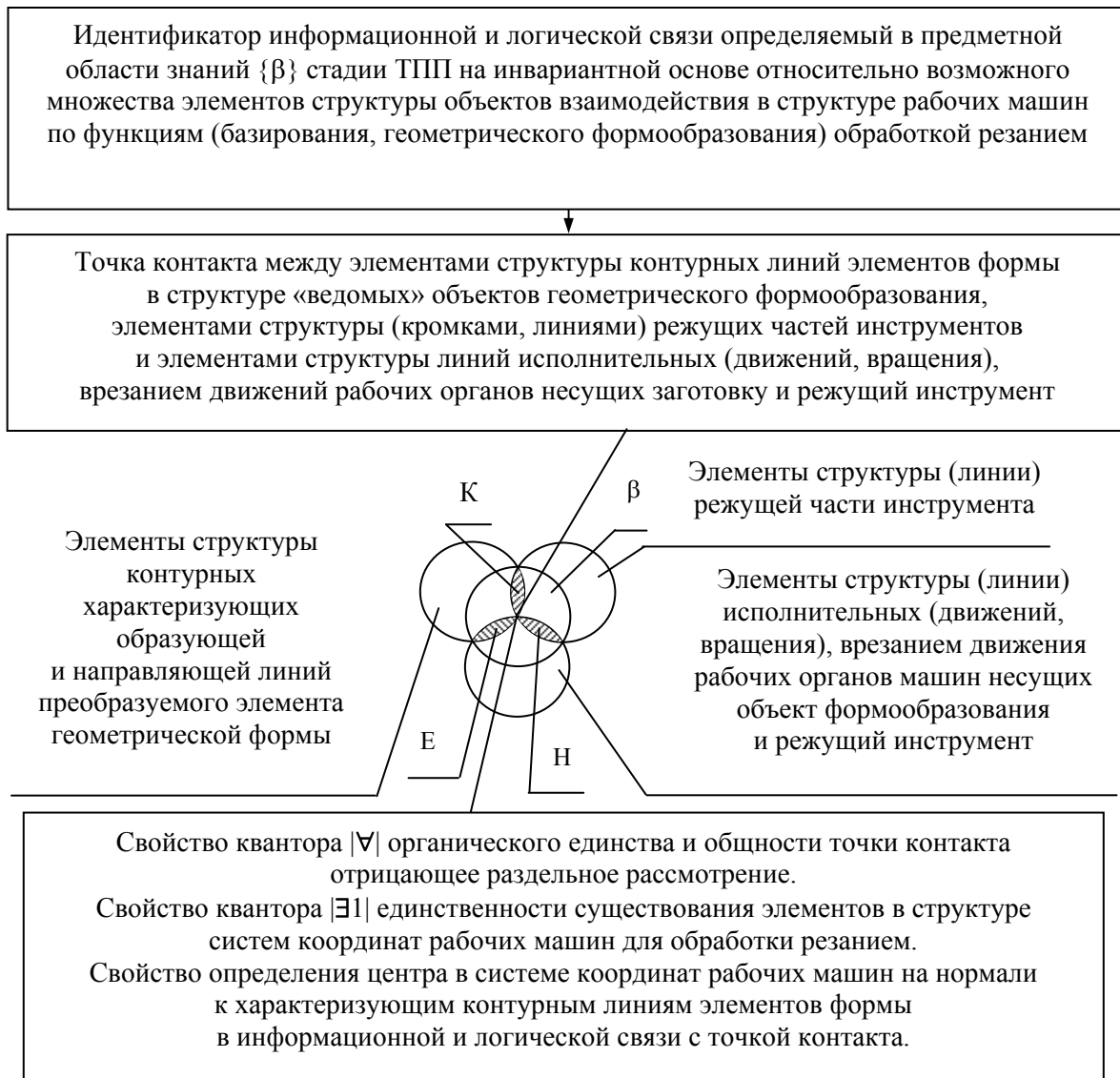


Рис. 9. Определение свойств точки контакта между элементами структуры объектов взаимодействия в структуре рабочих машин для геометрического формообразования

Важнейшим условием преобразования базы знаний ТПП для перехода к информационной технологии автоматизации решения задач высокого уровня является распределение структуры информационных моделей основных первого и второго базовых объектов знаний первого типа в две составные части информации (инвариантная, типовая объектно-

ориентированная параметрическая). Это необходимо, исходя из различия функций решаемых задач в каждой части информационных моделей.

Инвариантная безразмерная часть определена в условиях статической настройки технологических схем взаимодействия объектов. Информация инвариантной части отображена в базах данных решений задач практики ТПП по содержанию преобразования структуры соответствующих «ведомых» объектов взаимодействия технологических схем в пределах операций на {рабочих машинах}. Это является важнейшим условием достижения информационной технологией автоматизации решения задач ТПП по всему ее циклу целей экономической эффективности.

Типовая объектно-ориентированная параметрическая часть определена на основе (отношений, связей) взаимного расположения (позиционных) между элементами структуры базовых объектов знаний всех типов. Информация типовой объектно-ориентированной параметрической части основных первого и второго базовых объектов знаний первого типа включена в графы структуры базовых объектов знаний второго и третьего типа, составляет основу их определения. В типовых объектно-ориентированных параметрических частях учитываются погрешности или соответствующие им нормативно упорядоченные поля допуска для параметров проектного качества различных основных элементов (интеграции, дезинтеграции) структуры «ведомых» объектов взаимодействия технологических схем. В структуре базовых объектов знаний второго и третьего типа информация определена по последовательности преобразования функционально единых элементов формы в структуре «ведомых» объектов взаимодействия технологических схем по маршруту операций в {системе рабочих машин}. Это является важнейшим условием достижения информационной технологией автоматизации решения задач ТПП по всему ее циклу основной целевой функции: «Обеспечение основным элементам (интеграции, дезинтеграции) в структуре объектов {исходные заготовки} в конечном итоге их преобразований на {рабочих машинах} параметров качества соответствующих проектному качеству основных элементов интеграции в структуре объектов {детали}».

Список литературы

1. Соколовский А.П. Научные основы технологии машиностроения. М.: Машгиз, 1955. 514 с.
2. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2-х т. Т.1. Организация группового производства. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение. 1983. 407 с.

3. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении. М.: Машиностроение, 2001. 368 с.
4. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. Минск: Наука и техника, 1979. 264 с.
5. Челищев Б.Е., Боброва И.В., Гонсалес-Сабатер А. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении / Под ред. Н.Г. Бруевича. М.: Машиностроение, 1987. 264 с.
6. Митин С.Г., Бочкарев П.Ю. Проектирование операций со сложной структурой в многономенклатурных механообрабатывающих системах. Саратов: Саратовский ГТУ, 2016. 108 с.
7. Ракович А. Г. Основы автоматизации проектирования технологических приспособлений / Под ред. Е. А. Стародетко. Мн., Наука и техника, 1985. 285 с.
8. Колыбенко Е.Н., Мордовцев А.А. Функционально различные аспекты технологии системной инженерии в познании базы знаний предметной области в примере технологической подготовки механообрабатывающего производства // Сборник научных трудов XXIII Междунар. науч.-практич. конф., 10–11 июня 2019 г., Санкт-Петербург. В 3 ч. Ч. 3. СПб. Политех-Пресс, 2019. С. 281–293.
9. Колыбенко Е.Н. Разграничение понятий математического и логического моделирования // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. 2019. Т. 19, № 3. С. 262–267.
10. Колыбенко Е.Н., Богданова Н.Ю. Методы наложения связей базирования для определения положения элементов в системе координат объекта базирования. // Вестник машиностроения. 2005. № 10. С. 56–63.
11. Колыбенко Е.Н. Организация связей между объектами технологической системы производства. // СТИН. 2003. № 6. С. 9–14.

УДК 681.5

doi:10.18720/SPBPU/2/id20-216

*Саитова Гузель Асхатовна*¹,
канд. техн. наук, доцент, доцент;
*Елизарова Анастасия Валерьевна*²,
инженер каф. АСУ

АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДАНЫХ ИСПЫТАНИЙ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ

^{1,2} ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа, Россия,

¹ saitova@bk.ru, ² elizarovaanastasia@gmail.com

Аннотация. Авиационные двигатели оснащены огромным количеством датчиков, которые генерируют тысячи сигналов. Одна из самых важных проблем, особенно во время тестирования, заключается в том, что объем этих данных настолько велик, что специалисты уже не в состоянии обрабатывать эти данные. В статье рассматриваются задачи интеллектуальной обработки и анализ данных блока электронной системы управления (ЭСУ) в процессе проведения испытания двигателя. С помощью методов искусственного интеллекта выявлены причинно-следственные связи и закономерности параметров турбореактивного двигателя (ТРД), а также проанализировано большое количество данных. Результаты