

А.с. № 1291312 (СССР) МКИ В23F 9/00. Способ обработки бочкообразных зубьев / Михайлов А.Н., Финиченко В.А., Лукичев А.В., Тернюк Н.Э., Завадский А.И., Тернюк Н.Э. - Оpubл. в БИ. № 7, 1987. – 5 с. 7. А.с. № 1346360 (СССР) МКИ В23F 9/00. Устройство для обработки зубчатых изделий с пространственно модифицированными зубьями / Финиченко В.А., Чернышев Н.А., Лукичев А.В., Михайлов А.Н. - Оpubл. в БИ. № 39, 1987. - 4 с. 8. А.с. № 1348096 (СССР) МКИ В23F 9/00. Устройство для чистовой обработки зубчатых изделий с пространственно модифицированными зубьями / Финиченко В.А., Михайлов А.Н., Лукичев А.В., Колесник Е.Н., Тернюк Н.Э. Завадский А.И., - Оpubл. в БИ. № 40, 1987. - 4 с. 9. А.с. № 1333486 (СССР) МКИ В23F 3/18. Способ обработки зубчатых колес с бочкообразным зубом и устройство для его осуществления / Финиченко В.А., Ажажа В.И., Михайлов А.Н., Завадский А.И., Тернюк Н.Э. - Оpubл. в БИ. № 32, 1987. - 4 с. 10. А.с. № 15110257432 (СССР) МКИ В23F 19/00. Способ отделочной обработки зубчатых элементов муфты с пространственно модифицированными зубьями / Михайлов А.Н., Махмутов Б.М., Свечников Г.А. - Оpubл. в БИ. № 36, 1989. – 7 с. 11. А.с. № 1537432 (СССР) МКИ В23Н 9/12. Устройство и электроэрозионному станку для обработки зубчатых изделий пространственного зацепления / Михайлов А.Н., Михайлова Т.Е. - Оpubл. в БИ. № 3, 1990. – 6 с.

Сдано в редакцию 15.01.08

ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Михайлов А.Н., Михайлова Е.А., Недашковский А.П. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

In the given work the general approach in creation of function-oriented technologies is resulted and their classification is developed. And also here the basic characteristics and features of function-oriented technologies are presented. It is shown, that process of creation of these technologies is based on group of special principles of orientation of technological influences and properties of products. In work it is offered to make process of creation of function-oriented technologies on levels of depth of technology. Offered technologies provide possibility at manufacturing of products completely them to adapt for features of operation. And also to realise the set, demanded or limiting operational potential of a product in the car.

1. Введение

В последнее время, в связи со стремительным развитием техносферы непрерывно совершенствуются технологии машиностроения, широко развиваются и обновляются общие подходы создания технологических процессов и технологий, создаются качественно новые технологии, обеспечивающие нетрадиционные свойства изделий [1, 2, 3, 4]. К таким технологиям, технологиям нового класса, относятся и функционально-ориентированные технологии изготовления изделий машиностроения [5, 6, 7, 8].

Основная идея создания функционально-ориентированных технологий базируется на следующих положениях [8]:

1. В технологии машиностроения при составлении технологического процесса принято каждое изделие разбивать на исполнительные поверхности, и технологический процесс проектировать, основываясь на определенной последовательности обеспечения свойств этих исполнительных поверхностей.

В данной работе предлагается вести разработку технологических процессов более тонко и прецизионно с разбивкой изделия и процесса его изготовления по уровням глубины технологии. Эта разбивка изделия должна выполняться на некоторое определенное множество функциональных элементов, представляющее собой иерархическую структуру, состоящую из уровней глубины деления и технологии. К этим уровням можно отнести следующие: уровень всего изделия, уровень частей изделия, уровень составляющих изделия (поверхностная точка, объемная точка, поверхностная линия, объемная линия, поверхность, поверхностный слой, объем), уровень зон изделия, уровень макрозон, уровень микрозон, уровень нанозон. Для сформированной иерархической структуры множества функциональных элементов изделия разрабатывается иерархическая структура элементарных процессов обеспечения заданных, требуемых или предельных свойств множества функциональных элементов изделия в зависимости от особенностей их эксплуатации. При этом разработанная иерархическая структура элементарных технологических процессов должна базироваться на следующих технологиях: технологии для изделия, технологии для частей изделия, технологии для составляющих изделия, технологии для зон изделия, макротехнологии, микротехнологии, нанотехнологии.

2. Между свойствами каждого функционального элемента изделия, особенностями эксплуатации этого функционального элемента в машине и технологическими воздействиями средств обработки на функциональный элемент должны существовать определенные связи. Эти связи в функционально-ориентированных технологиях определяются и формируются на базе ряда разработанных особых принципов.

3. Процесс реализации технологических воздействий на каждый функциональный элемент изделия необходимо выполнять прецизионно, особо или супер прецизионно на местном уровне. При этом необходимо обеспечивать возможность изменения свойств функциональных элементов изделия в пространстве и во времени в зависимости от особенностей их эксплуатации в машине или технологической системе, а также в зависимости от заданного, требуемого или предельного эксплуатационного потенциала всего изделия в целом.

Функционально-ориентированная технология это специальная наукоемкая технология, базирующаяся на функционально-ориентированном технологическом процессе и обеспечении. В них предусмотрена реализация заданного множества ориентированных местных прецизионных технологических воздействий и свойств изделий в зависимости от особенностей их эксплуатации или заданного, требуемого и предельного эксплуатационного потенциала изделия. При этом технологические воздействия и свойства изделия формируются и реализуются на основе иерархической структуры уровней глубины технологии и группы особых принципов их ориентации [7, 8].

Можно отметить, что в проведенных ранее исследованиях разработан общий подход и основные принципы создания функционально-ориентированных технологий. А также предложена методология и алгоритм проектирования этих технологий. Вместе с тем, так как функционально-ориентированные технологии находятся на начальной стадии развития их необходимо постоянно совершенствовать, а также вести разработку основ их синтеза. Это обусловлено с тем, что в настоящее время нет данных об особенностях проектирования таких технологий для различных изделий и операций, а также не исследованы возможные варианты схем технологических воздействий и особенности обеспечения свойств изделий на базе этих технологий.

Целью данной работы является проведение дальнейших исследований по развитию основ синтеза функционально-ориентированных технологий, направленных на углубление и совершенствование общей методологии синтеза технологий этого класса. Поэтому в представленной работе планируется выполнить исследования ряда следующих основных задач: произвести анализ функционально-ориентированных технологий, а также выявить их основные особенности и характеристики; разработать классификацию функционально-ориентированных технологий и технологических воздействий; разработать основы функционально-структурного синтеза схем технологических воздействий и свойств функциональных элементов изделий.

2. Основное содержание и результаты работы

Процесс создания функционально-ориентированных технологий относится к сложным задачам, базирующимся на решении целого ряда вопросов особого характера. При этом общая методика создания таких технологий строится по следующему алгоритму: устанавливаются особенности действия эксплуатационных функций на изделие; производится разбивка изделия на множество функциональных элементов по уровням глубины технологии, а также формируется иерархическая структура функциональных элементов; выполняется определение параметров функциональных элементов, в которых действуют различные эксплуатационные функции; производится определение необходимых технологических воздействий орудий и средств обработки на функциональные элементы изделия по уровням глубины технологии в зависимости от их эксплуатационных особенностей или от заданного, требуемого или предельного эксплуатационного потенциала всего изделия в целом; составляется план ориентации технологических воздействий на функциональные элементы по уровням глубины технологии на базе особых принципов их ориентации; для сформированной иерархической структуры множества функциональных элементов изделия разрабатывается иерархическая структура элементарных процессов обеспечения заданных, требуемых или предельных свойств множества функциональных элементов изделия в зависимости от особенностей их эксплуатации; формируется функционально-ориентированный технологический процесс, состоящий из иерархической структуры элементарных процессов; разрабатывается и организуется необходимое функционально-ориентированное технологическое обеспечение, позволяющее выполнять необходимые технологических воздействий в соответствии с особыми принципами их ориентации по уровням глубины технологии; выполняется функционально-ориентированный технологический процесс в соответствии с особыми принципами ориентации технологических воздействий по уровням глубины технологии, при этом обеспечивается заданный, требуемый или предельный эксплуатационный потенциал изделий.

Основными признаками и особенностями функционально-ориентированных технологий является то, что технологические воздействия орудий и средств обработки на изделия и процесс обеспечения заданных и требуемых свойств изделий выполняется на следующих уровнях (рис. 1): на уровне всего изделия в целом; на уровне участков; на уровне составляющих; на уровне зон; на уровне макрозон; на уровне микрозон; на уровне нанозон.

В этом случае, процесс анализа и синтеза технологии и изделия на этих уровнях должен быть итерационным. А также построение процесса должно вестись на базе предельного критерия качества и эффективности технологии с обеспечением качественно новой совокупности свойств и меры полезности изделия.

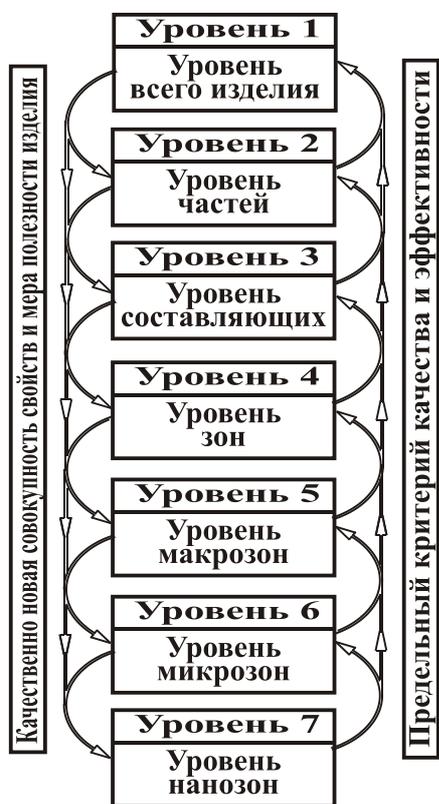


Рис. 1. Уровни глубины технологии или уровни деления изделия, реализации технологических воздействий и обеспечения свойств изделия

При этом заданные, требуемые и предельные свойства изделий обеспечиваются за счет ориентации технологических воздействий потоков материи, энергии и информации на базе следующих восьми особых принципов [8]:

1. Функционального соответствия особенностей действия элементарной функции в каждом функциональном элементе изделия, характеристик реализации технологических воздействий и параметров обеспечения необходимых свойств этом функциональном элементе изделия на каждом уровне глубины технологии.

2. Топологического соответствия геометрических параметров функционального элемента изделия, в котором действует элементарная функция при эксплуатации, геометрическим параметрам зонального элемента реализации технологических воздействий потоков материи, энергии и информации на изделие и геометрических параметров зонного элемента обеспечения необходимых свойств на каждом уровне глубины технологии.

3. Количественного соответствия множества функциональных элементов, в которых действует множество различных элементарных функций при эксплуатации, множеству реализации технологических воздействий и множеству элементов обеспечения необходимых свойств в функциональных элементах изделия на каждом

уровне глубины технологии.

4. Адекватной зависимости пространственных особенностей действия элементарной функции при эксплуатации, технологических воздействий и эксплуатационных свойств в пространстве каждого функционального элемента изделия на каждом уровне глубины технологии.

5. Адекватной зависимости временных особенностей действия элементарной функции при эксплуатации, временных или пространственных особенностей реализации технологических воздействий и временных эксплуатационных свойств в каждом функциональном элементе изделия на каждом уровне глубины технологии.

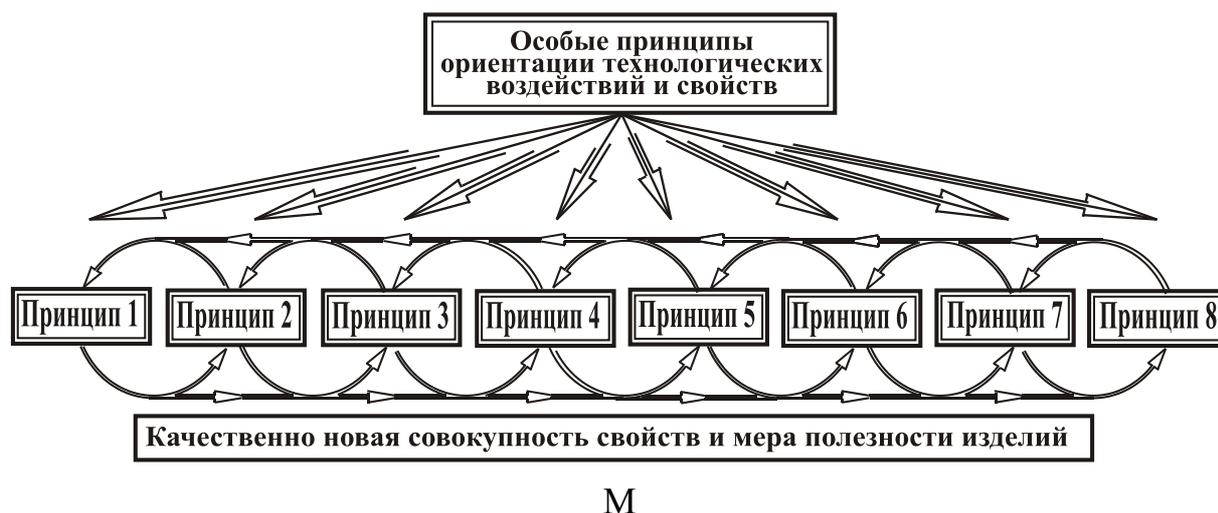
6. Структурного соответствия действия множества элементарных функций, реализации множества технологических воздействий и выполнения множества свойств в функциональных элементах изделия из условия обеспечения заданных, требуемых или предельных свойств всего изделия на каждом уровне глубины технологии.

7. Адекватного структурно-функционального соответствия свойств в пространстве и во времени каждого функционального элемента заданному, требуемому или предельному потенциалу общих свойств всего изделия в целом на каждом уровне глубины технологии.

8. Адекватного структурно-функционального соответствия свойств в окрестностях каждого функционального элемента в пространстве и во времени

заданному, требуемому или предельному потенциалу общих свойств всего изделия в целом на каждом уровне глубины технологии.

При этом можно отметить, что процесс реализации приведенных принципов ориентации технологических воздействий и свойств изделия должен выполняться на базе итерационного подхода. На рис. 2 приведена итерационная схема реализации основных принципов ориентации технологических воздействий и свойств. Итерационный подход дает возможность выполнять синтез функционально-ориентированных технологий посредством реализации приведенных принципов с учетом, как последовательных процессов, так и многократных повторяющихся возвратных процессов, выполняемых за счет обратных связей.



Процесс проектирование современных технологий представляет собой сложную многокритериальную задачу синтеза, решение которой сводится к направленному поиску оптимального варианта технологического процесса. Однако для того, чтобы выполнять синтез прогрессивного технологического процесса необходимо иметь определенную базу данных, из которой можно было бы производить выбор необходимых вариантов решений или относить получаемые решения к какому-то классу технологических объектов. При этом содержание этой базы данных обязано подчиняться определенным законам, а расположение технологических объектов должно выполняться по некоторым закономерностям. Эта проблема может быть решена с помощью классификации функционально-ориентированных технологий.

Можно заметить, что классификация это средство упорядочивания знаний. Поэтому при проектировании прогрессивных технологий изготовления изделий определение общих свойств технологии помогает проектировщику найти общие ключевые абстракции, механизмы, принципы и поведение. А это в свою очередь приводит к более простому и эффективному синтезу технологического процесса. К сожалению, в технологии машиностроения пока не разработаны общие строгие методы классификации и нет общих правил, позволяющих выделять классы и объекты новых технических решений. Однако, классифицируя, мы объединяем в одну группу объекты, имеющие одинаковое строение или поведение. Разумная классификация, несомненно, часть любой точной науки. Заметим, что классификация функционально-ориентированных технологий существенно облегчает понимание основной проблемы и дальнейшего развития общего теоретического подхода их создания. Она помогает

определить обобщенную, специализированную и собирательную иерархию объектов и классов. В связи с этим целью классификации функционально-ориентированных технологий является нахождение общих свойств и поведения происходящих процессов.

При создании функционально-ориентированных технологий основным является то, что в них технологические воздействия орудий и средств обработки на изделия, а также обеспечения заданных свойств изделий выполняются на нано, микро, макроуровнях, на уровне элементов и частей изделия. При этом технологические воздействия и свойства функционально ориентируются на базе целого ряда специальных принципов. Это основные признаки функционально-ориентированных технологий, но в этих технологиях имеются и вспомогательные признаки.

На рис. 3 приведена классификация функционально-ориентированных технологий. Эта классификация базируется на следующем:

- в зависимости от уровня реализации технологических воздействий и свойств изделия,
- в зависимости от степени применения принципов ориентации технологических воздействий и свойств изделия,
- в зависимости от объема применения функционально-ориентированных технологий к изделию,
- в зависимости от уровня применения функционально-ориентированной технологии,
- в зависимости от вида применяемого обеспечения,
- в зависимости от получаемых свойств изделий,
- в зависимости от организационной формы технологии,
- в зависимости от типа производства,
- в зависимости от назначения применяемых технологий,
- в зависимости от других параметров.

Следует заметить, что каждый из приведенных иерархических уровней подразделяется на ряд подуровней приведенных на рис. 3.

На основе приведенной классификации технолог или разработчик может выбирать необходимое технологическое решение и формировать наиболее рациональные или оптимальные варианты функционально-ориентированных технологических процессов.

На основании этого функционально-ориентированные технологии имеют свои отличительные особенности и характеристики. На рис. 4 представлена иерархическая схема основных характеристик и особенностей функционально-ориентированных технологий. Основными признаками этих технологий является то, что формирование технологических воздействий и свойств изделия выполняются на местных уровнях, а также прецизионно, особо прецизионно и супер прецизионно. При этом реализуется зависимость технологических воздействий и свойств изделий от эксплуатационных функций. А также выполняются технологические воздействия и свойства изделий по уровням глубины технологии $1, 2, \dots, P$, где $P = 7$, а именно: на уровне всего изделия в целом, на уровне частей изделия, на уровне составляющих, на уровне зон, на уровне макрозон, на уровне микрозон, на уровне нанозон. Здесь реализация технологических воздействий и свойств в этих элементах изделия должна выполняться за счет их ориентации на основе целого ряда принципов $1, 2, \dots, R$, где $R = 8$.

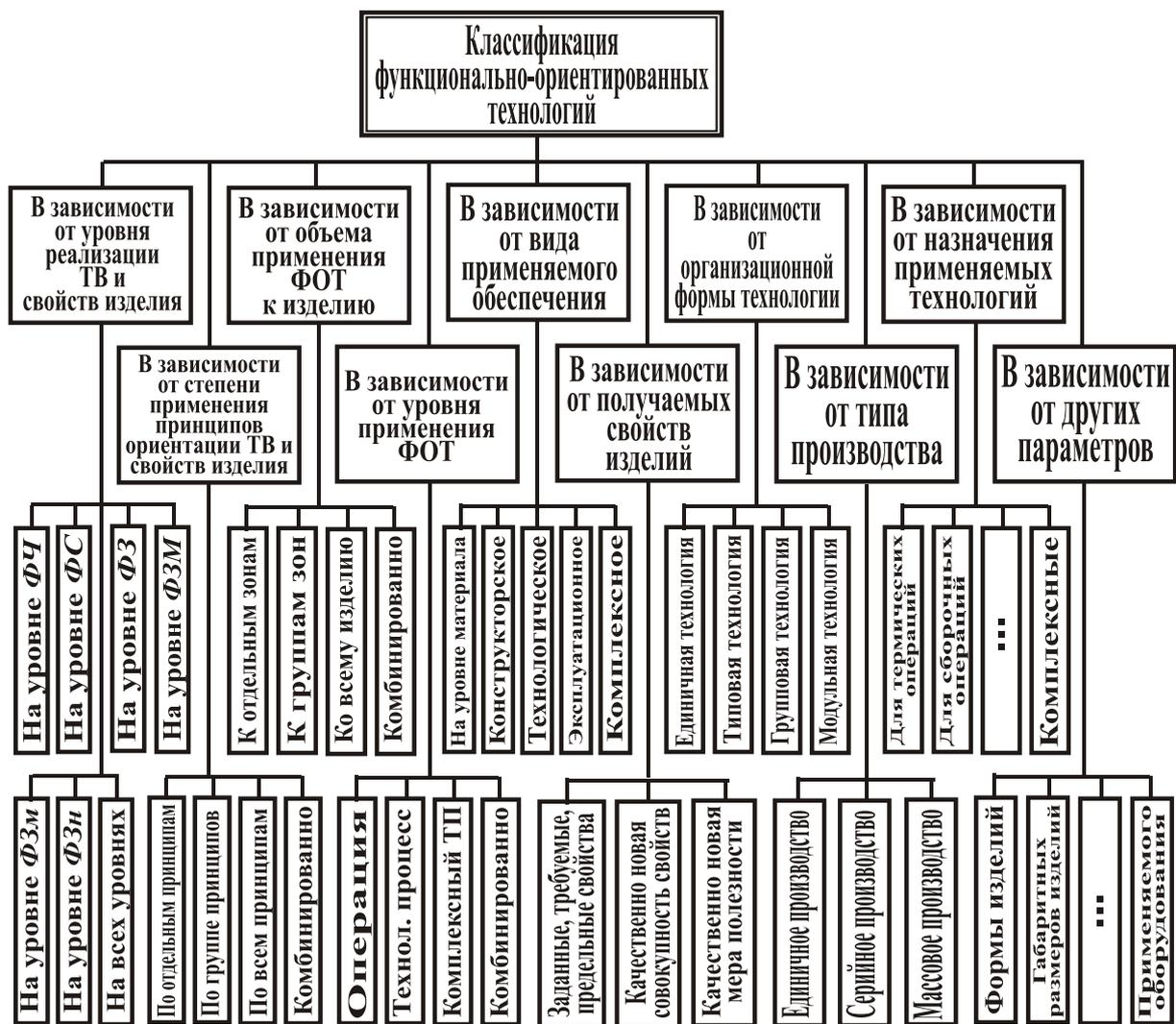


Рис. 3. Классификация функционально-ориентированных технологий (ФОТ):
 ТВ – технологические воздействия, ТП – технологический процесс

При этом функционально-ориентированные технологии строятся в соответствии со следующей последовательностью (рис. 4):

- комплексный анализ изделия и установление особенностей действия эксплуатационных функций на его функциональные (исполнительные) части, элементы и зоны, а также изучение изделия с позиций художественного дизайна и эстетики;
- деление изделия на функциональные элементы;
- определение необходимых параметров функциональных элементов изделия;
- объединение функциональных элементов изделия в группы для индивидуальной обработки по единичной технологии, в типы для типовых технологий, в группы для групповых технологий или в модули для модульных технологий;
- определение необходимых технологических воздействий для каждого функционального элемента изделия;
- ориентация технологических воздействий и свойств в каждый функциональный элемент изделия на базе ряда особых принципов;

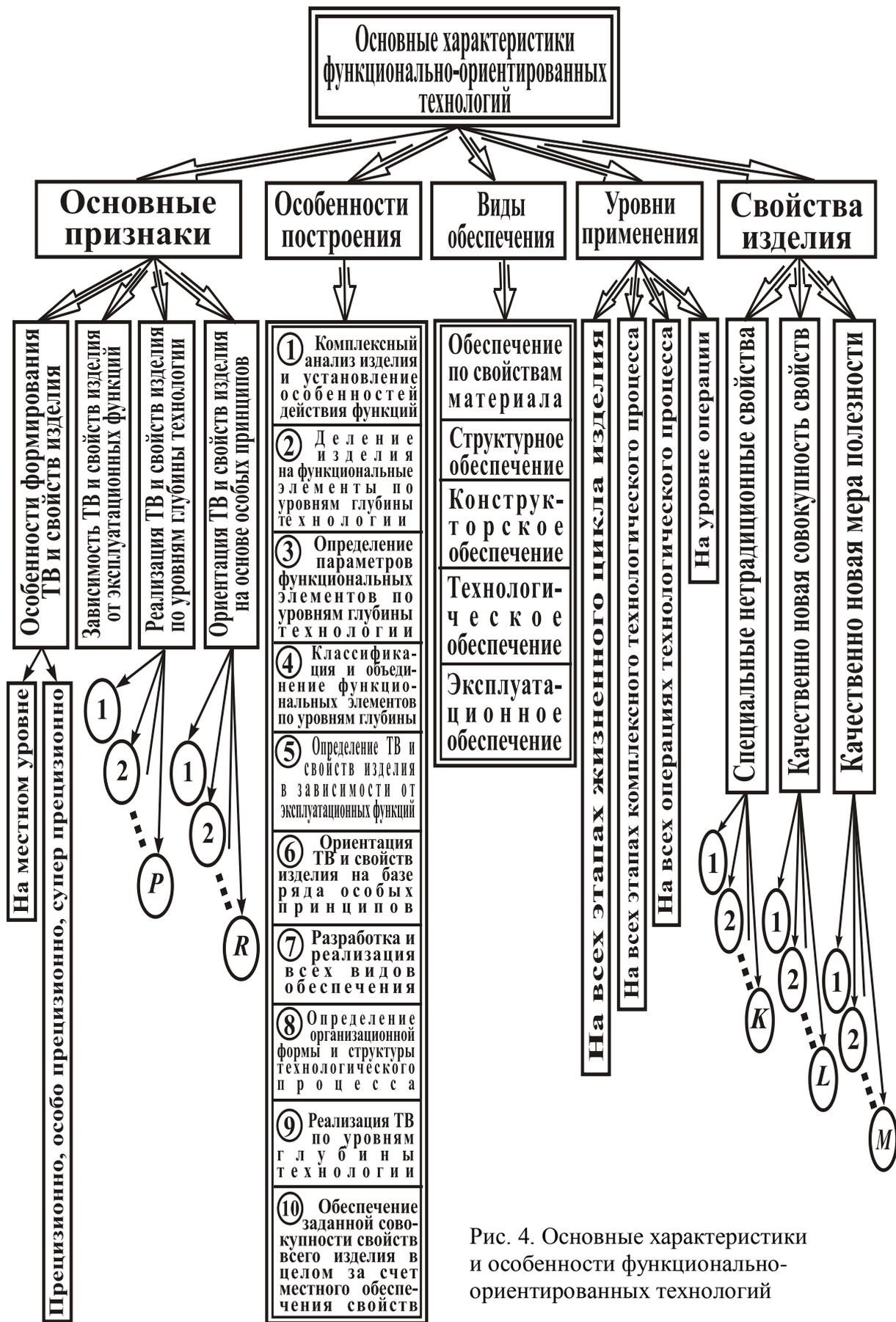


Рис. 4. Основные характеристики и особенности функционально-ориентированных технологий

- разработка и реализация всех видов обеспечения для реализации необходимых технологических воздействий в заданные функциональные (исполнительные) элементы изделия;

- определение организационно-технологической формы реализации технологического процесса и составление структуры функционально-ориентированного технологического процесса;

- реализация технологических воздействий в заданные функциональные элементы изделия;

- обеспечение заданной совокупности свойств всего изделия в целом за счет местного обеспечения свойств в функциональных (исполнительных) элементах изделия в зависимости от особенностей действия в них эксплуатационных функций.

Можно отметить, что при создании функционально-ориентированных технологий, для обеспечения заданной совокупности свойств изделий, должны реализовываться следующие виды обеспечения (рис. 4): обеспечение по свойствам материала, структурное обеспечение, конструкторское обеспечение, технологическое обеспечение, эксплуатационное обеспечение. Следует иметь в виду, что эти технологии могут выполняться по следующим уровням применения: на всех этапах жизненного цикла изделия, на всех этапах комплексного технологического процесса, на всех операциях технологического процесса, на уровне операции. При этом они могут реализовывать следующие свойства: специальные нетрадиционные свойства изделий, представляемые множеством $1, 2, \dots, K$; качественно новую совокупность свойств изделий, представляемые множеством $1, 2, \dots, L$; качественно новую меру полезности изделий $1, 2, \dots, M$.

Можно отметить, что функционально-ориентированные технологии позволяют не только обеспечивать высокие физико-механические местные свойства материала изделия, но и создавать местные специальные нетрадиционные его свойства. К некоторым местным особенностям материала изделия можно отнести следующие свойства:

- функционально зависимые свойства материала изделия и его функциональных элементов;

- функционально независимые свойства материала изделия и его функциональных элементов;

- модульные функционально зависимые свойства материала изделия и его функциональных элементов;

- модульные функционально независимые свойства материала изделия и его функциональных элементов;

- градиентные свойства материала изделия и его функциональных элементов;

- слоистые свойства материала изделия и его функциональных элементов;

- макро блочные свойства материала изделия и его функциональных элементов;

- микро блочные свойства материала изделия и его функциональных элементов;

- макро структурные свойства материала изделия и его функциональных элементов;

- микро структурные свойства материала изделия и его функциональных элементов;

- специальные свойства материала изделия и его функциональных элементов;

- комбинированные свойства материала изделия и его функциональных элементов;

- получение материала и изготовление изделий на основе нанотехнологий и другие.

В функционально-ориентированных технологиях процесс преобразования заготовки в готовые изделия выполняется посредством технологических воздействий орудий и средств обработки на изделия. Технологические воздействия можно классифицировать по следующим основным признакам (рис. 5):

- по типу технологических воздействий,
- по основным особенностям реализации технологических воздействий,
- по применяемому технологическому обеспечению,
- по концентрации и дифференциации технологических воздействий,
- по характеру и времени действия технологических воздействий,
- по наличию кинематики,
- по структуре технологических воздействий,
- по виду операции.



Рис. 5. Классификация технологических воздействий в функционально-ориентированных технологиях

Рассмотрим более подробно представленную классификацию технологических воздействий (рис. 5).

По типу, технологические воздействия могут быть следующие: материальные, энергетические, информационные и комбинированные. Используя теорию множеств [50], в целом технологические воздействия можно представить следующим образом:

$$ТВ = \{M, E, I\},$$

где M - множество (поток) технологических воздействий материального типа;
 E - множество (поток) технологических воздействий энергетического типа;
 I - множество (поток) технологических воздействий информационного типа.

Технологические воздействия (TB) можно записать множеством кортежей вида (m_k, e_k, i_k) , каждый из которых реализуется в заданную точку k пространства изделия, где m_k - элементарное технологическое воздействие материального типа, e_k - элементарное технологическое воздействие энергетического типа, i_k - элементарное технологическое воздействие информационного типа. В связи с этим, технологические воздействия, реализуемые на функциональный элемент изделия, можно записать множеством кортежей следующего вида:

$$TB = \{(m_1, e_1, i_1), (m_2, e_2, i_2), \dots, (m_n, e_n, i_n)\},$$

где (m_k, e_k, i_k) - трех элементарный кортеж элементарного технологического воздействия орудий и средств обработки материального, энергетического и информационного типов.

Параметры элементов каждого кортежа (m_k, e_k, i_k) материального, энергетического и информационного типов элементарного технологического воздействия определяются из условия необходимого преобразования свойств материала функционального элемента изделия в заданной точке пространства:

$$C_H : \varphi_k \rightarrow C_K,$$

где C_H - начальные свойства точки k пространства функционального элемента изделия;

C_K - конечные свойства точки k пространства функционального элемента изделия;

φ_k - функция преобразования начальных свойств точки k пространства функционального элемента изделия в конечные свойства под действием элементарного технологического воздействия (m_k, e_k, i_k) материального, энергетического и информационного типов, здесь $\varphi_k = f(m_k, e_k, i_k)$.

Для выполнения требуемых технологических воздействий на функциональный элемент изделия в функционально-ориентированных технологиях, множество кортежей технологического воздействия необходимо упорядочить. То есть здесь необходимо направить заданное количество технологических воздействий в необходимые точки пространства функционального элемента изделия. Этот процесс выполняется с помощью разработки схем технологического воздействия [6].

Основные особенности реализации технологических воздействий следующие:

- реализация технологических воздействий на местном уровне,
- точность реализации технологических воздействий,
- зависимость технологических воздействий от эксплуатационных особенностей изделия,

- реализация технологических воздействий по уровням глубины технологии,
- ориентация технологических воздействий на базе особых принципов.

Следует заметить, что технологические воздействия могут подразделяться в зависимости от применяемого технологического обеспечения. Общее количество применяемых вариантов технологического обеспечения может определяться множеством G (рис. 5). В это множество входят различные устройства, установки, станки, оборудование и другие технологические системы.

В функционально-ориентированных технологиях по концентрации и дифференциации технологических воздействий, также как и в обычных технологиях,

технологические воздействия могут делиться следующим образом: последовательного действия, параллельного действия, раздельного действия, совместного действия, комбинированного действия.

Эти принципы широко используются при разработке технологических процессов и применяются в практике создания прогрессивных технологий.

По характеру и времени действия технологических воздействий они подразделяются: изменяющиеся во времени, изменяющиеся в пространстве, постоянные, переменные, прерывистого действия, непрерывного действия, одновременного действия, смешанного действия.

Посредством кинематики (движений) реализуются необходимые перемещения орудий и средств обработки в пространстве для выполнения заданных технологических воздействий на функциональный элемент изделия. По структуре кинематики, технологические воздействия могут быть следующие: основанные на применении элементарных прямолинейных движений; основанные на применении элементарных вращательных движений; основанные на применении сложных движений; основанные на применении комбинированных движений. На базе этих структурных вариантов кинематики формируются необходимые технологические воздействия для их реализации в необходимую точку пространства функционального элемента изделия.

Можно отметить, что технологические воздействия подразделяются также в зависимости от сложности структуры состава технологического воздействия. По этому признаку технологические воздействия делятся: с простой структурой, со сложной структурой, с аддитивной структурой, с мультипликативной структурой, со смешанной структурой.

Технологические воздействия могут формироваться в зависимости от вида технологической операции процесса. Поэтому технологические воздействия делятся по виду технологической операции: для изготовления материала, для заготовительных операций, для термических операций, для операций сварки, для механической обработки, для физико-химических методов обработки, для отделочных операций, для операций ППД, для операций нанесения покрытий, для других операций.

Представленная классификация технологических воздействий дает возможность вести анализ и синтез необходимого состава технологических воздействий в функционально-ориентированных технологиях. А также она обеспечивает требуемые преобразования свойств детали в зависимости от особенностей эксплуатации изделия в машине или технологической системе.

Совокупное технологическое преобразование заготовки в изделие в процессе технологического воздействия орудий и средств обработки можно анализировать, используя некоторые положения теории множеств и топологии. В этом случае, заготовку необходимо рассматривать как фиксированное множество D' , между точками и подмножествами которого определено предельное отношение или отношение близости δ [9], а изделие – как множество D'' , в котором также определено отношение близости. При этом состояние заготовки в период технологических преобразований можно описать множеством D' , состоящим из множеств элементарных топологических пространств, которые можно представить следующим выражением:

$$D' = \{d'_1, d'_2, \dots, d'_k, \dots, d'_g\}, \quad (1)$$

где D' - множество топологических пространств, описывающих заготовку;

d'_k - текущее множество элементарного топологического пространства в k -й точке заготовки;

g - количество функциональных элементов заготовки.

Отметим, что в ряде случаев элементы множества (1) могут принимать значения пустого множества.

Текущее множество элементарного топологического пространства заготовки в k -й точке можно представлять элементами материального, энергетического и информационного типов в виде кортежа состоящего из трех элементов:

$$d'_k = (m'_k, e'_k, i'_k), \quad (2)$$

где m'_k - элементарное топологическое пространство в k -й точке материального типа;

e'_k - элементарное топологическое пространство в k -й точке энергетического типа;

i'_k - элементарное топологическое пространство в k -й точке информационного типа.

Выполняя подстановку кортежей (2) в выражение (1) получим следующую зависимость

$$D' = \{(m'_1, e'_1, i'_1), (m'_2, e'_2, i'_2), \dots, (m'_k, e'_k, i'_k), \dots, (m'_g, e'_g, i'_g)\}.$$

Общее совокупное технологическое воздействие орудий и средств обработки также можно записать множеством TB , состоящим из множеств элементарных технологических воздействий, которые можно представить следующим выражением:

$$TB = \{TB_1, TB_2, \dots, TB_k, \dots, TB_g\}, \quad (3)$$

где TB - общее совокупное технологическое воздействие орудий и средств обработки;

TB_k - текущее множество элементарного технологического воздействия в k -й точке пространства изделия;

g - количество точек пространства изделия.

При этом заметим, что в ряде случаев элементы множества (3) могут принимать значения пустого множества.

Текущее множество элементарного технологического воздействия в k -й точке пространства можно представлять элементами материального, энергетического и информационного типов в виде кортежа состоящего из трех элементов:

$$TB_k = (m_k, e_k, i_k), \quad (4)$$

где m_k - элементарное технологическое воздействие в k -й точке материального типа;

e_k - элементарное технологическое воздействие в k -й точке энергетического типа;

i_k - элементарное технологическое воздействие в k -й точке информационного типа.

Произведя подстановку кортежей (4) в выражение (3) общее совокупное технологические воздействия (TB) можно записать множеством кортежей вида (m_k, e_k, i_k) , каждый из которых реализуется в заданную точку k пространства изделия, где m_k - элементарное технологическое воздействие материального типа, e_k - элементарное технологическое воздействие энергетического типа, i_k - элементарное технологическое воздействие информационного типа. В связи с этим, технологические воздействия, реализуемые на функциональный элемент изделия, можно записать множеством кортежей следующего вида

$$TB = \{(m_1, e_1, i_1), (m_2, e_2, i_2), \dots, (m_k, e_k, i_k), \dots, (m_g, e_g, i_g)\}. \quad (5)$$

При этом готовое изделие можно также рассматривать как фиксированное множество D'' точек и подмножеств D' с технологическими воздействиями TB

$$D'' = D' \cup TB$$

В этом случае множество D'' можно записать следующим образом:

$$D'' = \{d_1'', d_2'', \dots, d_k'', \dots, d_g''\}, \quad (6)$$

где D' - множество топологических пространств, описывающих изделие;
 d_k' - текущее множество элементарного топологического пространства в k -й точке изделия.

Текущее множество элементарного топологического пространства изделия в k -й точке можно представлять элементами материального, энергетического и информационного типов в виде кортежа состоящего из трех элементов

$$d_k'' = d_k' \cup TB_k = (m_k', e_k', i_k') \cup (m_k, e_k, i_k) = (m_k'', e_k'', i_k''), \quad (7)$$

где m_k'' - элементарное топологическое пространство в k -й точке материального типа;

e_k'' - элементарное топологическое пространство в k -й точке энергетического типа;

i_k'' - элементарное топологическое пространство в k -й точке информационного типа.

Учитывая выражение (7) множество D'' можно записать в следующем виде

$$D'' = \{(m_1'', e_1'', i_1''), (m_2'', e_2'', i_2''), \dots, (m_k'', e_k'', i_k''), \dots, (m_g'', e_g'', i_g'')\},$$

где (m_k'', e_k'', i_k'') - кортеж нового состояния.

Совокупное свойство изделия можно представить через отображение свойства заготовки:

$$\varphi_1 : C' \rightarrow C'',$$

где φ_1 - функция отображения;

C' - совокупные свойства заготовки;

C'' - совокупные свойства изделия.

Можно отметить, что для преобразования заготовки в изделие для заготовки нужно реализовать множество технологических воздействий, которое может быть описано выражением (5). Вместе с тем, для выполнения процесса технологических воздействий множество кортежей технологических воздействий (5) должно быть упорядочено. Этот процесс можно выполнить с помощью схем технологического воздействия.

В данной работе процесс упорядочивания множества кортежей технологических воздействий (5) выполняется в зависимости от пространственных особенностей их реализации для следующих видов функциональных составляющих: поверхностная точка, объемная точка, поверхностная линия, объемная линия, поверхность, поверхностный слой, объем. Для этих видов функциональных составляющих в работах [6, 7] разработаны соответствующие схемы технологического воздействия. Они могут быть многовариантны для различных функциональных элементов изделия.

Схема технологических воздействий представляет собой упорядоченное во времени и в пространстве множество кортежей потоков материи, энергии и информации, реализуемое на заданный функциональный элемент изделия. При этом значения параметров технологического воздействия материального, энергетического и информационного типов, выполняемого в каждой точке функционального элемента определяются и реализуются в зависимости от необходимого преобразования функционального элемента и обеспечения заданных свойств изделия.

3. Заключение

Таким образом, представленные исследования особенностей синтеза функционально-ориентированных технологий позволили решить следующее:

- выполнен анализ функционально-ориентированных технологий и выявлены их основные характеристики, которые в работе представлены в виде иерархической структурной схемы;

- проведены функционально-структурные исследования функционально-ориентированных технологий и разработаны их общие классификации;
- предложены основы функционально-структурного синтеза схем технологических воздействий и свойств функциональных элементов изделий.

Список литературы: 1. Рыжов Э.В. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин. – Киев: Наукова думка, 1984. – 272 с. 2. Базров Б.М. Модульные технологии. – М.: Машиностроение, 2000. – 368 с. 3. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с. 4. Михайлов А.Н., Михайлов В.А., Михайлова Е.А. Ионно-плазменные вакуумные покрытия – основа широкого повышения качества изделий машиностроения. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2004. Вып. 28. С. 108-116. 5. Михайлов А.Н., Михайлов В.А., Михайлова Е.А. Методика и основные принципы синтеза функционально-ориентированных вакуумных ионно-плазменных покрытий изделий машиностроения. // Упрочняющие технологии и покрытия. – М.: Машиностроение, №7. 2005. С. 3–9. 6. Михайлов А.Н. Общий подход в создании функционально-ориентированных и интегрированных технологий машиностроения // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XII международной научно-технической конференции в г. Севастополе 12-17 сентября 2005 г. В 5-ти томах. – Донецк: ДонНТУ, 2005. Т. 2. С. 261-275. 7. Михайлов А.Н. Основные принципы и особенности синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XIII международной научно-технической конференции в г. Севастополе 11-16 сентября 2006 г. В 5-ти томах. – Донецк: ДонНТУ, 2006. Т. 3. С. 61-77. 8. Михайлов А.Н. Общие особенности функционально-ориентированных технологий и принципы ориентации их технологических воздействий и свойств изделий. // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XIV международной научно-технической конференции в г. Севастополе 17-22 сентября 2007 г. В 5-ти томах. – Донецк: ДонНТУ, 2007. Т. 3. С. 38-52. 9. Математический энциклопедический словарь. - М.: Советская энциклопедия, 1988. - 847 с.

Сдано в редакцию 23.01.08

СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО РОБАСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХОПОРНОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ ПЛАТФОРМОЙ

Никитина Т.Б. (НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)

This article deals with the mathematical model, digital robust control and digital robust observe for three-point guided platform as three-mass electrical mechanical systems. There is example of the digital robust control for three-point guided platform.

2. **Введение.** Одной из важнейших проблем современной теории и практики систем автоматического регулирования является создание быстродействующих следящих приводов с широким диапазоном регулирования скорости при обеспечении высокой точности и плавности отработки входных воздействий. В целом ряде случаев обеспечение плавного движения исполнительской оси следящего привода является решающей задачей, так как неплавное перемещение объекта снижает его выходные характеристики, а иногда не позволяет вообще их обеспечить. Так, неплавное