

**ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ПРИНЦИПЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОТРЕЗНЫХ РЕЗЦОВ И ДИСКОВЫХ ФРЕЗ  
С БОКОВОЙ УСТАНОВКОЙ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ПЛАСТИН**

**Настасенко В.А., Бабий М.В., Вирич В.В.**

*(Херсонская государственная морская академия, НПО «Заря-Машипроект», Украина)*

**Аннотация:** На базе анализа общих принципов построения функционально-ориентированных технологических процессов и технических систем, показана потребность создания аналогичного комплекса принципов функционально-ориентированного проектирования и конструирования сборных отрезных резцов и дисковых фрез, с учетом условий их изготовления, эксплуатации, ремонта и утилизации

**Ключевые слова:** сборные отрезные резцы и дисковые фрезы, механическое крепление неперетачиваемых режущих пластин, функционально-ориентированное проектирование и конструирование

**Введение.** Работа относится к области проектирования, производства и эксплуатации режущих инструментов, в частности – к сборным отрезным резцам и дисковым фрезам с механическим креплением неперетачиваемых режущих пластин.

**Анализ состояния проблемы, цели и задачи работы.** Научно-технический прогресс требует постоянного усовершенствования режущих инструментов, среди которых к наиболее прогрессивным относятся сборные конструкции с механическим креплением неперетачиваемых режущих пластин. В рамках этих требований появляется все большее количество разнообразных конструкций, однако оценить полноту охвата возможных решений, их уровень и определить наиболее перспективные направления развития, без разработки научных основ проектирования, не представляется возможным.

Следует учесть, что в сфере промышленного производства получили развитие информационные и специальные технологии, которые привели к созданию качественно новых их видов – функционально-ориентированных технологий (ФОТ) [1], основанных на системных подходах и принципах. Однако для предложенных инструментов [2, 3], являющихся новым видом, системные подходы не разработаны, тогда, как основные принципы ФОТ, учитывающие приспособление изделия к максимально возможным условиям эксплуатации, могут быть применены и к данным инструментам, как к специальному виду изделий.

Цель данной работы – использовать приемы и иерархические структуры ФОТ с учетом общественных потребностей и полного жизненного цикла технических систем, включая проектирование, конструирование, изготовление, эксплуатацию, ремонт и утилизацию, применительно к новым видам сборных отрезных резцов и дисковых фрез с боковой схемой резания.

**Актуальность, научная новизна и практическая значимость данной работы.**

Особенностью отрезных резцов и фрез [3] является применение боковой схемы резания и боковой установки пластин, однако следует учесть, что в настоящее время в научной и учебной литературе [4 – 8], выделены лишь две схемы резания – радиальная (рис.1.а) и тангенциальная (рис.1.б). Главным преимуществом тангенциальной схемы по сравнению с радиальной является рост нагрузок, выдерживаемых пластиной в процессе резания, за счет увеличения сечения пластины в направлении действия силы резания  $P_z$ , что ведет к увеличению объема срезаемой стружки и производительности обработки.

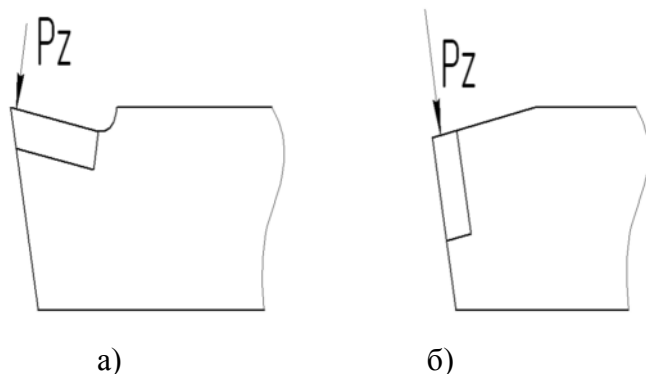


Рис. 1. Традиционно известные схемы резания и установки режущих пластин: (а) радиальная, (б) тангенциальная

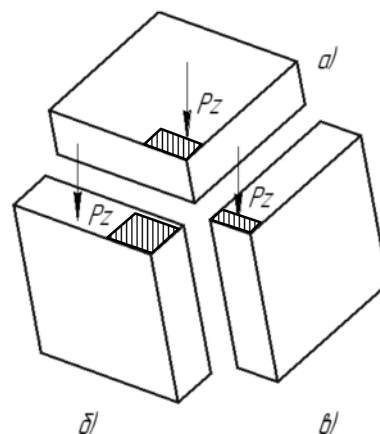


Рис. 2. Возможные варианты схем резания и установки пластин в режущих инструментах: а) радиальная, б) тангенциальная, в) боковая

Таблица 1. Современные канавочные и отрезные пластины для резцов

Обозначение	Рисунок	Применение
Q-Cut		для глубокой отрезки с диаметром до 55 мм
CoroCut 2		с максимальным диаметром отрезки до 30 мм
CoroCut XS		для высокоточной отрезки малоразмерных деталей на прутковых автоматах
CoroCut MB		для внутренней обработки канавок отверстий диаметром 10 -25 мм
CoroCut3		для неглубокой отрезки до 6,4 мм
U-Lock		для обработки внутренних и внешних канавок глубиной до 6 мм
Multicut 4		с максимальной глубиной отрезки до 6,5 мм
PentaCut		с максимальной глубиной отрезки до 10 мм

В работе [9] была впервые выделена, как самостоятельная, 3-я – боковая схема резания и установки режущих пластин (рис.2), закрывающая третью плоскость в общей

структурной схеме, что дает основание судить о ее завершенности. Однако особенности данной схемы, отличающие ее от предыдущих, в работе [9] не были выделены.

В выполняемой работе указанный недостаток работы [9] устранен – выделен ряд главных классификационных особенностей, которые позволяют отнести третий вариант (рис.2.в):

1) к схеме резания – поскольку для нее наиболее полно обеспечиваются условия свободного резания;

2) к схеме боковой установки неперетачиваемых пластин, которая впервые реализована в патенте [2], поскольку у фирм – мировых производителей отрезных резцов (Sandvik Coromant, ISCAR, Taegu Clamp, HORN, BOTHLERIN и др.), используется не боковая установка, а боковое крепление винтом неперетачиваемых режущих пластин специальной формы (табл. 1) к головке резца, что ограничивает резание глубиной 6-10 мм.

Подтверждением новизны отрезных резцов с боковой установкой многогранных неперетачиваемых режущих пластин [2], как вида инструмента, является их отсутствие в общей классификации продукции (ОКП), в которой группа 2100 отнесена к резцам, а подгруппы 2150...2190 отнесены к их сборным конструкциям [10]. В наиболее полной подгруппе 2190 – «резцы для станков с ЧПУ и автоматических линий, твердосплавные и сборные с механическим креплением многогранных пластин», представлены лишь такие виды: 2191 – резцы токарные проходные; 2192 – резцы токарные для контурного точения; 2193 – резцы расточные; 2194 – резцы токарные резьбовые; 2195 – резцы токарные канавочные; 2197 – вставки для станков с ЧПУ; 2198 – оправки расточные и подрезные к станкам с ЧПУ. В других подгруппах также отсутствуют сборные отрезные резцы с механическим креплением многогранных неперетачиваемых режущих пластин.

Аналогична ситуация для дисковых отрезных фрез новой конструкции [3]. При этом важным фактором применения неперетачиваемых пластин является не только сокращение расхода инструментальных материалов и повышение технологичности их обслуживания, но и уменьшение ширины резания, обеспечиваемое в новых схемах.

Совокупность приведенных сведений по новизне схемы резания и установки пластин, а также отсутствие предлагаемых конструкций отрезных резцов и фрез в ОКП, новизну которых подтверждают патенты [2,3], вызывает потребность решения вопросов их проектирования, в первую очередь – наиболее прогрессивными системными методами. Решение этой проблемы составляет научную новизну выполняемой работы, поскольку в исходной работе [1] они решены недостаточно полно – без учета всех общественных потребностей и всего жизненного цикла изделий. Исходя из этого, задачами данной работы является учет методов ФОТ в проектировании и изготовлении отрезных резцов и дисковых фрез, в полном объеме их жизненного цикла.

Решение поставленных задач является актуальным и важным в условиях роста применения принципов ФОТ в сфере проектирования и производства инструментов. Практическое значение данной работы заключается: 1) в разработке новых принципов системного подхода с учетом общественных потребностей; 2) в повышении технико-экономических показателей на всем жизненном цикле изделий; 3) в оказании помощи ученым, конструкторам, технологам и потребителям новых видов отрезных резцов и дисковых фрез в их создании, изготовлении, эксплуатации и исследовании.

**Поиск путей решения поставленных задач.** В основу поиска положен вывод о необходимости учета при разработке новых технических систем всего их жизненного цикла, включая проектирование, изготовление, эксплуатацию, ремонт и утилизацию.

Для принципиально новых конструкций инструментов, к которым относятся предложенные отрезные резцы и дисковые фрезы, указанные проблемы являются более

острыми, поскольку отсутствует необходимый для этого практический опыт. Следует также учесть, что любая созданная новая базовая конструкция или система, как технический комплекс, решающий изначально поставленную задачу, дорабатывается затем конструктивно и технологически, не только для устранения ее недостатков, но и для решения новых задач, вытекающих уже из реальных условий и потребностей.

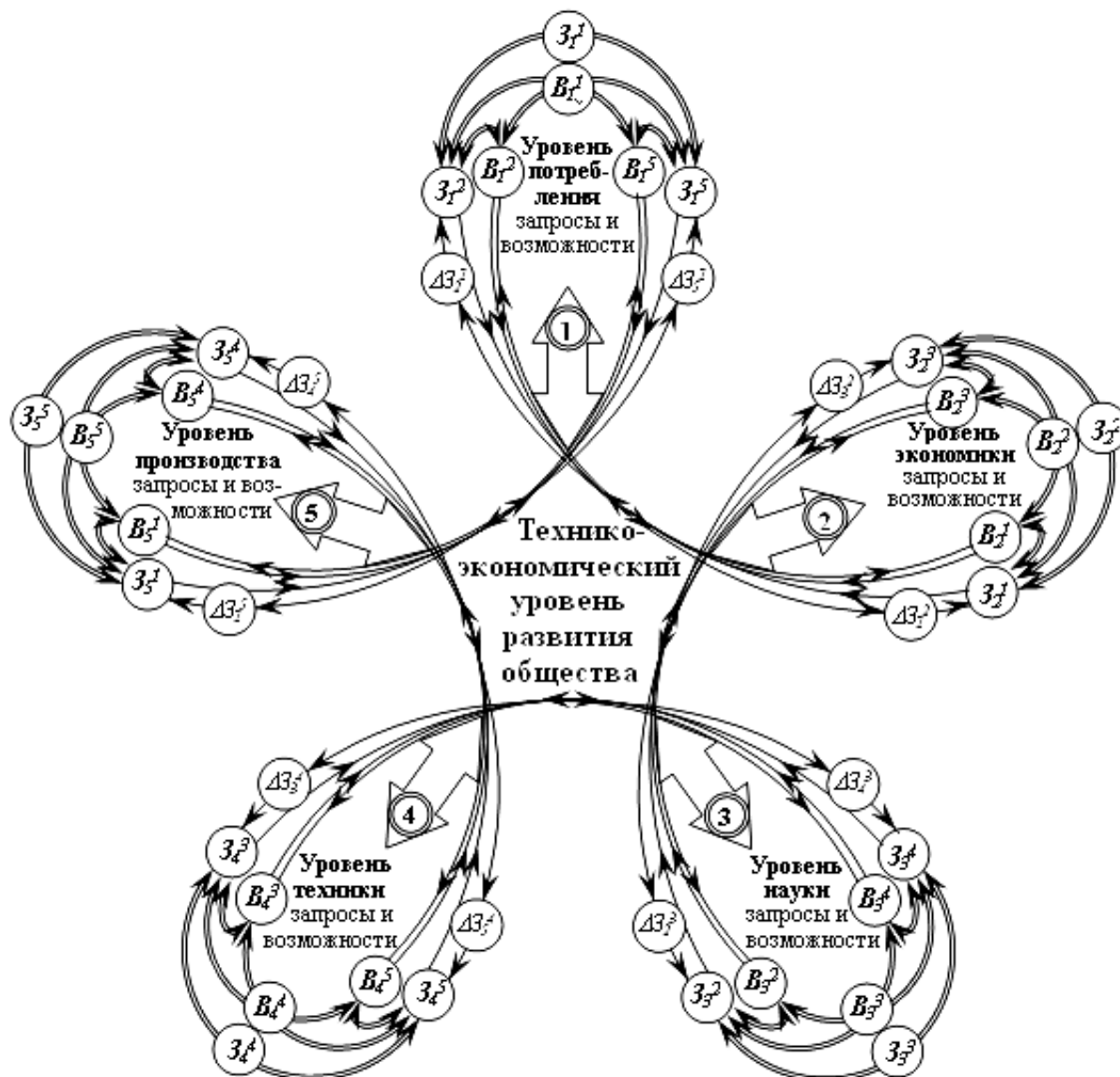


Рис. 3. Спиральная общая структурная модель развития макросистемы

Проведенный выше анализ показал, что любая задача изготовления возникает как результат проектирования изделия на базе запросов, потребностей и возможностей общества, и далее совершенствуется с их учетом и ростом. При этом для нового вида изделий решение данных задач наиболее целесообразно на базе системных методов, по заранее отработанным алгоритмам, что позволяет исключить выбор неверных путей и нерациональный расход людских, сырьевых и производственных ресурсов. Решение задачи учета всех значимых факторов и усовершенствования структур взаимодействия всех систем, требуется также для общественных запросов и возможностей, без которых прогресс в любой области техники невозможен. Исходя из этих принципов, в общем виде структурная схема технико-экономического развития общества показана на рис.3.

В предложенной спиральной схеме единство переходной зоны определяет возможность взаимного воздействия любой из пяти макросистем друг на друга, в т.ч. при увеличении их количества. Кроме того, общая зона характеризует начальное состояние развития и возможности роста (в направлении стрелок) непосредственно для любой макросистемы.

Наглядно также вид несбалансированного развития любой макросистемы, когда ее запросы и возможности могут опережать запросы и возможности других связанных с нею макросистем. Кроме того, из предложенной схемы ясно, что состояние между запросами  $3_i^j$  и возможностями  $B_i^j$  в системе может быть оценено по зависимостям.

$$3_i^j > B_i^j \rightarrow \Pi_i^j \quad (1)$$

$$3_i^j = B_i^j \rightarrow C_i^j \quad (2)$$

$$3_i^j < B_i^j \rightarrow P_i^j \quad (3)$$

$$3_i^j \leq B_i^j \rightarrow B_{pn} \quad (4)$$

$$3_i^j > B_i^j \rightarrow \Delta 3_i^j \quad (5)$$

Как прогресс  $\Pi_i^j$  оценивается состояние (1), когда запросы  $3_i^j$  превышают возможности  $B_i^j$ , поскольку именно растущие запросы являются стимулом развития, что также наглядно вытекает из представленной схемы. Как стагнация  $C_i^j$  оценивается состояние (2), когда запросы соответствуют возможностям, что способствует застою развития; Как регресс  $P_i^j$  оценивается состояние (3), когда возможности превышают запросы, но так и остаются невостребованными, что также наглядно вытекает из представленной схемы, если  $3_i^j$  и  $B_i^j$  в ней меняются местами. В том случае, когда запросы  $i$ -й системы к  $j$ -й входят в рамки возможностей  $j$ -й системы по отношению к  $i$ -й, возможно быстрое решение проблемы  $B_{pn}$  (4), если нет, возникает проблема или дополнительный запрос  $\Delta 3_i^j$ , усиливающий потребность прогресса данной проблемной макросистемы (5). При этом, во всех случаях, развитие запросов  $3_i^j$  внутри системы автоматически обеспечивает развитие отношений  $F_i^j$ , а запросы и возможности имеют не только прямую и обратную связь, но и формируют в данной схеме внутренний и внешний контуры системы запросов и возможностей.

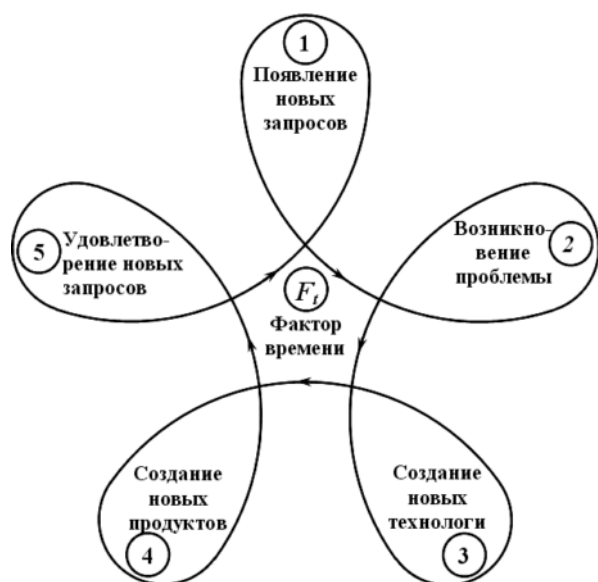


Рис. 4. Спиральная схема рекуррентной последовательности основных этапов процесса развития элементов макросистемы

Достоинством предложенной структурной схемы является то, что она наглядно демонстрирует связь макросистем, а в них – главенствующую роль уровня потребления, обеспечиваемого уровнем экономики и производства, развитие которых невозможно без развития науки и техники, что подтверждается состоянием стран с неразвитой наукой и техникой. Этот вывод еще раз, уже на научной основе, определяет роль правительства и государства: они должны удовлетворять рост потребностей общества за счет развития экономики и производства, на базе развития науки и техники.

Разработанная структурная модель развития макросистемы (рис.3) может быть применена к предложенным отрезным резцам и фрезам. Рост технико-экономического уровня

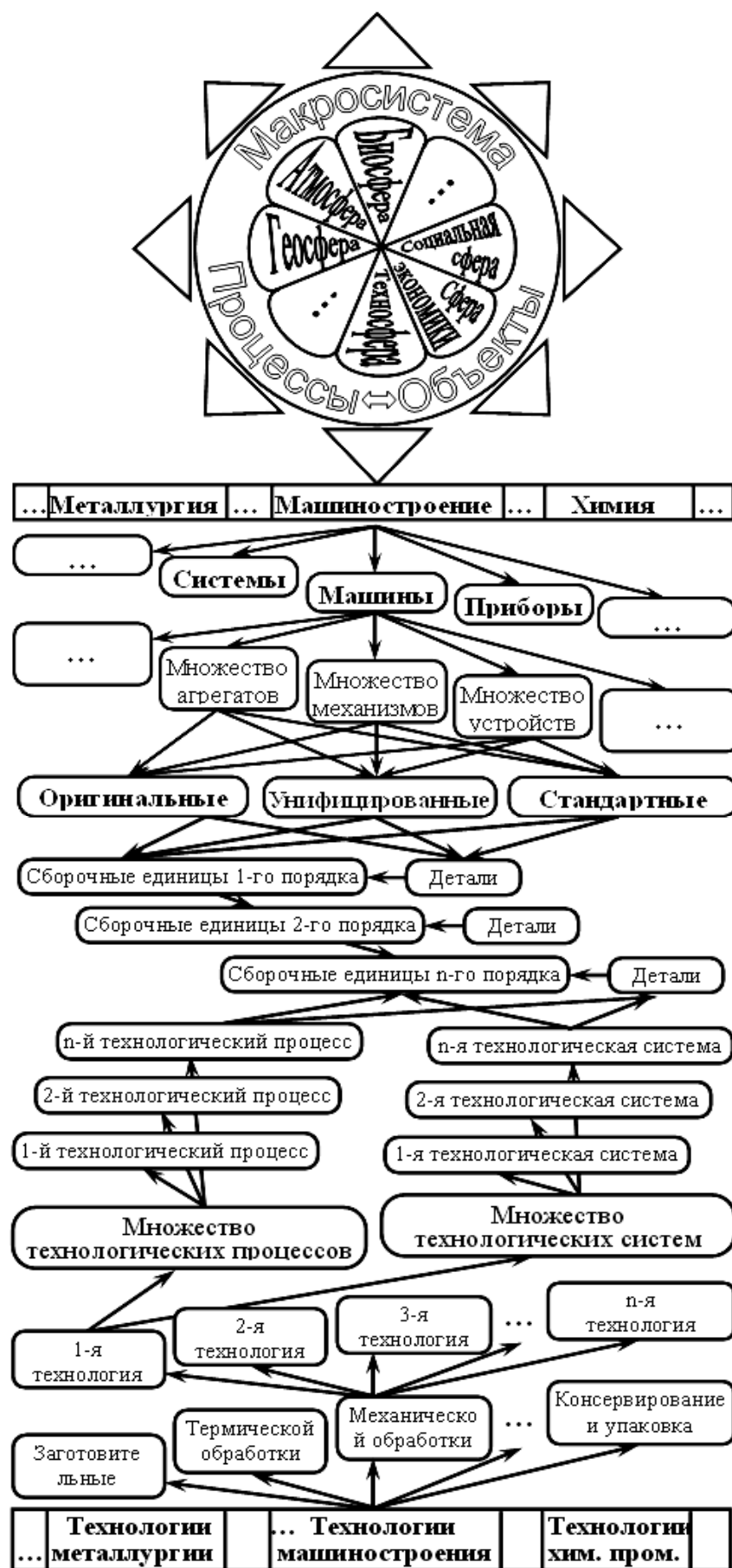


Рис. 5. Иерархическая структура макросистемы для процессов и объектов техники

обеспечивающих повышение производительности обработки и сокращение затрат на производство. Однако для известных отрезных инструментов запрос не удовлетворен, поскольку для резцов их возможности ограничены глубиной отрезки, а для фрез – шириной формируемого паза, минимальная величина которого при радиальной или тангенциальной установке пластин составляет  $>12$  мм. Потребность в инструментах с быстросменными неперетачиваемыми пластинами растет, как за счет роста объемов производства изделий, где они применяются, так и за счет унификации конструкций, что особенно важно для современных обрабатывающих центров и станков с ЧПУ. Но уровень экономичности изготовления и применения сборных конструкций отрезных резцов и фрез еще необходимо повышать. Таким образом, можно выделить запрос в сфере науки – необходимо создание высокоэкономичных инструментов, что уточняет задачи проектирования. При этом уровень техники и технологии должен обеспечивать решение поставленных экономических задач, что формирует задачи их собственного усовершенствования, а дополнительные затраты на новые инструменты и технологии должны перекрываться выгодами их применения в основном производстве, что подтверждает потребность комплексного решения всех перечисленных задач.

Аналогичным образом, переход к предлагаемым системам со спиральными схемами взаимных связей влияющих факторов, позволил усовершенствовать разработанную в работе [1] структурную схему рекуррентной последовательности основных этапов процесса развития элементов макросистем, приведенную на рис.4. Кроме того, переход к спиральной структурной схеме, показанной на рис. 4, позволяет ввести в нее новый элемент – фактор времени  $F_t$ , который будет тем меньше, чем выше запрос общества на решение возникшей проблемы. Таким образом, можно сформировать еще одну задачу – уменьшения фактора времени.

Преимущества спиральных связей в предложенных макросистемах (рис.3 и 4), позволяют также усовершенствовать предложенную в работе [1] общую иерархическую структуру макросистемы технологий, с учетом в ней, не только технологий (в общем случае их следует считать процессами), но и объектов техники, рассматриваемых в едином комплексе: Природа – Общество – Человек – Техника (рис.5). Кроме того, ее отличием от исходной структуры, является объединение на начальном этапе признаков макросистемы в спираль с общей переходной центральной зоной, поскольку они связаны между собой как напрямую, так и перекрестно, и каждая из сфер может влиять друг на друга в любой комбинации. Далее в каждой из сфер этой макросистемы могут

быть выделены объекты и процессы (для сфер, созданных человеком, последние можно считать технологиями), что также дополняет исходную иерархическую структуру работы [1]. Поскольку предложенная структура (рис.5) и ее развитие для технологий в работе [1] представлены достаточно полно, далее она не рассматривается.

Дальнейший анализ и совершенствование структур обусловлены потребностью учета в них всех остальных этапов жизненного цикла технических систем и изделий, что позволяет предложить обобщенную структурную схему, показанную на рисунке 6. Первой



Рис. 6. Обобщенная структурная схема жизненного цикла технических систем и изделий

особенностью данной структурной схемы является дополнение рассмотренных в работе [1] лишь двух исходных этапов – производства и эксплуатации, двумя парами взаимосвязанных этапов жизненного цикла: 1) проектированием и конструированием, 2) ремонтом и утилизацией. Вторая особенность – сам вид схемы, в которой проектирование, конструирование и производство объединены в группу, в виде триединой системы с общей переходной зоной, которые формируют ядро системы, неразрывно связанное с оболочкой, как конечной целью первой группы факторов – эксплуатацией, ремонтом и утилизацией.

Объясняется это тем, что все указанные процессы являются взаимосвязанными, поскольку проектирование и конструирование без учета производства не может быть оптимальным, а возможности производства, как обратная связь, влияют и на проектирование, и на конструирование технических систем и изделий. Кроме того, для реализации производства необходимо проектирование технологических процессов, в т.ч. проектирование и конструирование приспособлений, специальных режущих и контрольно-измерительных инструментов и других сопутствующих технологических, технических и организационных систем. И лишь весь этот комплекс может обеспечить оптимальные условия в целом процессов эксплуатации, ремонта и утилизации новых изделий и технических систем.



Рис. 7. Структурная схема общих факторов развития объектов техники

Основываясь на разработанной схеме (рис. 6) исходный вариант создания новой техники на базе функционально-ориентированных технологий (ФОТ), следует развить до системы Комплексно-Ориентированной Разработки Техники и Технологий (КОРТТ), охватывающих все этапы их жизненного цикла. Поскольку предложенная в [1] общая объектно-ориентированная модель синтеза структур комплексного функционально-ориентированного технологического процесса производства изделий ФОТ, составляет



лишь часть системы КОРТТ, поэтому ее необходимо дополнить новыми подобными структурами для этапов проектирования и конструирования.

Следует учесть, что принципы ФОТ достаточно полно разработаны в [1], в т.ч. в сфере понятий и терминологии, а принципы КОРТТ требуют их уточнения и развития. В первую очередь – для многообразия методов проектирования, которое обусловлено разнообразием его целей, объектов и средств. Например, по целям – его разделяют на текущее и перспективное, направленное на комплексное обеспечение всех элементов жизненного цикла изделия; а по типу отображения объекта проектирования – на описательное, чертежное, объемное, и т.д. [11].

Для решения всех перечисленных задач КОРТТ, должен широко использоваться прогрессивный опыт проектирования, накопленный в передовых ВУЗах и проектно-конструкторских организациях, в т.ч. – по разработке системных методов творчества, включая АРИЗ, метод морфологического анализа и др. Следует также учесть, что кроме функциональных и технологических факторов, в проектировании и производстве должны быть учтены и другие факторы, в частности – экономические и социальные, как это было предложено в работе [12] профессором Половинкиным А.И. (рис. 7).

При этом все комплексы факторов должны обеспечивать стратегию наивысшей экономичности и экологичности на всех этапах жизненного цикла объектов техники, от проектирования и производства, до эксплуатации, ремонта и утилизации [12].

**Общие выводы и рекомендации.** Проведенный анализ показал, что в настоящее время в сфере производства технических изделий и систем, к наиболее прогрессивным относят функционально-ориентированные технологии (ФОТ). Однако разработанные для ФОТ иерархические структуры не дают всей полноты факторов и их взаимосвязей, поскольку не охватывают всех этапов жизненного цикла изделия, что затрудняет проведение исследований и получение оптимальных конечных результатов.

При конструировании новых технических систем целесообразно использовать принципы ФОТ, с учетом в них всех этапов их жизненного цикла – проектирования, конструирования, производства, эксплуатации, ремонта и утилизации, при этом новая структура представляет триединую систему (ядро) из первых трех этапов, неразрывно связанных с оболочкой – последних трех этапов жизненного цикла.

Для учета всех этапов жизненного цикла объектов техники следует использовать все функциональные и технологические факторы их производства, основываясь на экономических и социальных факторах, разработанных на базе системных методов творчества, включая АРИЗ, метод морфологического анализа и другие.

Предложенные иерархические структурные схемы спирального типа с общей переходной центральной зоной определяют возможность взаимного воздействия любой из макросистем друг на друга, в т.ч. при увеличении их количества, при этом наглядны возможности несбалансированного развития каждой из макросистем, когда ее запросы и возможности могут опережать запросы и возможности связанных с нею макросистем.

На исходном этапе разработок основу всех предлагаемых структур составляют технико-экономические показатели, учитывающие уровень потребления, как систему запросов и возможностей, развитие которых невозможно без развития науки и техники. При этом введен новый элемент систем – фактор времени, который тем меньше, чем выше запрос общества на решение возникшей проблемы.

Совокупность предлагаемых систем и методов является перспективной для последующей разработки технических изделий, систем и процессов их производства, что расширяет возможности оптимального сочетания всех связанных с этим факторов. Их применение необходимо для разработки предлагаемых отрезных резцов и отрезных дисковых фрез, созданных по патентам [2,3].

**Список литературы:** 1. Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2009. -346 с. 2. Патент Российской Федерации на изобретение № 2366542 МПК В23 В 27/04 Сборный

отрезной резец и режущие пластины к нему. Авт. изобр. Настасенко В.А., Бабий М.В. Заявка № 2007111687 от 29.03.2007. Бюл. Открытия, Изобретения, № 25 от 10.09.2009. 3. Патент України на винахід № 91670 МПК В23С 5/02 Збірна дискова фреза та ріжучі пластины до неї (варіанти). Заявка № 2006036 від 04.04.06. Авт. винах. Настасенко В.О., Яремчук М.Л. //Бюлетень Патенти України, 2010, № 16 від 25.08.2010. 4. Кукляк, М.Л. Металорізальні інструменти. Проектування: навч. посібник / М.Л. Кукляк, І.С. Афтаназів, І.І. Юрчишин – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2003. – 556 с. 5. Ящерицын П.И. Теория резания: учеб. пособие / П.И. Ящерицын, Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич – 2-е изд., испр. и доп. – Мн.: Новое знание, 2006. – 468 с. 6. Солоненко, В.Г. Резание металлов и режущие инструменты: Учеб. пособие для вузов / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. – М.: Высшая школа, 2007. – 586 с. 7. Шагун В.И. Металлорежущие инструменты: Учеб. пособие для машиностроительных специальных вузов / В.И. Шагун – М.: Высшая школа, 2007. – 534 с. 8. Верещака А.С. Резание материалов / А.С. Верещака – М.: Высшая. школа, 2009 – 458 с. 9. Настасенко В.А., Бабий М.В., Блах І.В. Вирич В.В. Новые конструкции многогранных неперетачиваемых пластин боковой установки. //Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. Вип. 41, - с.186–194. 10. Справочник инструментальщика /И.А.Ординарцев, Г.В.Филиппов, А.Н.Шевченко и др. Под общ. ред. И.А.Ординарцева. – Л.: Машиностроение, 1987. - с.260,261, 322. 11. Политехнический словарь /Редкол.: А.Ю.Ишлинский (гл. ред.) и др. – М.: Сов. энциклопедия. 1989 – 656 с. 12. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. –М.: Машиностроение, 1988. -368 с.

#### **FUNCTIONAL-ORIENTED DESIGN PRINCIPLES OF CUTTING CUTTER AND SIDE CUTTERS WITH THE LATERAL MOUNTING NON-REFACE PLATES**

**Nastasenko V.A., Babii M.V., Vyrych V.V.**

*(Kherson State Marine Academia (Ukraine), NPO "Zarya-Mashproekt")*

**Abstract:** *On the basis of the analysis of the general principles of design functional-oriented technological processes and technical systems, there is shown the need for creation a similar set of principles of functionally-oriented design and construction of prefabricated cutting cutters and side cutters, according to the conditions of their manufacture, operation, maintenance and disposal*

**Keywords:** *prefabricated cutting blades and disc cutters, mechanical fastening non-reface inserts, function-oriented design and construction*

#### **ФУНКЦІОНАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНІ ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ ВІДРІЗНИХ РІЗЦІВ І ДИСКОВИХ ФРЕЗ З БОКОВОЮ УСТАНОВКОЮ НЕПЕРЕТОЧУВАНИХ ПЛАСТИН**

**Настасенко В.О., Бабій М.В., Вірич В.В.**

*(Херсонська державна морська академія, НВО «Зоря-Машпроєкт» (Україна))*

**Анотація:** *На базі аналізу загальних принципів побудови функціонально-орієнтованих технологічних процесів і технічних систем, показана потреба створення аналогічного комплексу принципів функціонально-орієнтованого проектування і конструювання, об'єднаних загальною метою – оптимізацією умов виробництва, експлуатації, ремонту і утилізації відрізних різців і дискових фрез*

**Ключові слова:** *збірні відрізні різці і дискові фрези, механічне кріплення непереточуваних ріжучих пластин, функціонально-орієнтоване проектування і конструювання*

Надійшла до редколегії 28.06.2011 р.