МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

Методические рекомендации по практическим занятиям

Дисциплина: ЕН.04 Методы научно-технического творчества

Специальность: <u>10.02.05 Обеспечение информационной безопасности</u> <u>автоматизированных систем</u>

Квалификация выпускника: Техник по защите информации

Нормативный срок обучения: 3 года 10 месяцев

Форма обучения: Очная

Методические указания по практическим занятиям дисциплины: ЕН.04 разработаны научно-технического творчества Методы на основе федерального государственного образовательного стандарта ПО профессионального образования специальности среднего Обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем Утвержденным приказом Минобрнауки России от 09.12.2016г. №1553 дата утверждения и №)

Методические указания рассмотрены на заседании методического совета СПК и рекомендованы к использованию

<u>«19» 02. 2020</u> года Протокол №1
Председатель методического совета СПК
Сергеева Светлана Ивановна

Методические указания утверждены на заседании педагогического совета СПК «28» 02. 2020 года Протокол № _6__ Председатель педагогического совета СПК

Облиенко Алексей Владимирович

Организация-разработчик: ФГБОУ ВО «ВГТУ»

Разработчики:		
Хлыстунова Ири	на Николаевна	
	(Ф.И.О., ученая степень, звание, должность	
	(Ф.И.О., ученая степень, звание, должность)	
	(Ф.И.О., ученая степень, звание, должность)	
	(Ф.И.О., ученая степень, звание, должность)	

Практическая работа № 1

Функционально-физический анализ технических объектов

Цель: Исследовать технический объект с точки зрения функциональнофизического анализа.

Теоретические сведения

Функционально-физический анализ ($\Phi\Phi A$) позволяет углубленно изучить конструкцию и структуру технического объекта (TO), который требуется усовершенствовать.

При таком изучении в первую очередь необходимо понять и уточнить следующее:

какие функции выполняет каждый элемент TO и как элементы функционально связаны между собой;

какие физические операции (преобразования) выполняет каждый элемент и как они взаимосвязаны между собой;

на основе каких физико-технических эффектов работает каждый элемент ТО и как они взаимодействуют между собой.

При выяснении этих вопросов появляется четкое и цельное представление об устройстве ТО (которое требуется усовершенствовать) с функциональной и физической точек зрения. Без такого представления затруднительно заниматься поиском наиболее эффективного нового технического решения.

Построение конструктивной функциональной структуры $-\Phi C$ основывается на законе соответствии между функцией и структурой TO.

Суть закона заключается в том, что в правильно спроектированном ТО каждый элемент от сложных узлов до простых деталей и каждый конструктивный признак имеют вполне определенную функцию (назначение) по обеспечению работы ТО. И если лишить такой ТО какого-либо элемента или признака, то он либо перестанет работать (выполнять свою функцию), либо ухудшит показатели своей работы. В связи с этим у правильно спроектированных ТО нет «лишних деталей». Это главная суть соответствия между функцией и структурой лежит в основе всей познавательной деятельности, связанной с анализом и изучением существующих ТО и всей проектно-конструкторской деятельностью по созданию новых ТО.

Гипотеза о законе соответствия между функцией и структурой ТО имеет следующую формулировку: каждый элемент ТО или его конструктивный признак имеют хотя бы одну функцию по обеспечению реализации функции ТО, то есть исключение элемента или признака приведет к ухудшению какоголибо показания ТО или прекращению выполнения им своей функции. Совокупность всех таких соответствий в ТО представляет собой функциональную структуру в виде ориентированного графа, который отражает

системную целостность ТО и соответствие между его функцией и структурой (конструкцией).

Выражение закона соответствия между структурой и функцией обеспечивает формализованное описание функций элементов через:

- 1. Указание действия, производимого рассматриваемым ТО и приводящего к желаемому результату, то есть к удовлетворению (реализации) интересующей потребности;
- 2. Указание объекта, или предмета обработки, на который направлено действие;
- 3. Указание особых условий и ограничений, при которых выполняется действие.

Представление функциональной структуры ТО возможно в виде ориентированного графа, у которого вершинами являются элементы ТО, а ребрами могут быть функции элементов по обеспечению работы других элементов или (и) потом вещества, энергии или сигналов, передаваемых между элементами.

Разделение ТО на элементы. В основу анализа функций ТО и построения конструктивной ФС положен принцип выделения и рассмотрения структур с двухуровневой иерархией, то есть любой ТО можно разделить на несколько элементов, каждый из которых имеет вполне определенную функцию (или функции) по обеспечению работы ТО или его элементов. При этом рассматриваемый ТО представляет собой верхний уровень, а выделенные функциональные элементы — нижний.

Если требуется продолжить (углубить) анализ, то каждый из выделенных элементов нижнего уровня рассматривается как самостоятельный ТО, который также можно разделить на несколько функциональных элементов и так далее. Объединение таких структур с двухуровневой иерархией позволяет получить многоуровневую структуру.

Глубина многоуровневого разделения ТО на элементы обычно определяется характером решаемой проектно-конструкторской задачи или задачей изучения ТО. Предельное детальное разделение ТО возможно до неделимых (в функциональном смысле) элементов.

Неделимым элементом будем называть деталь (или часть детали) с минимальным числом функций (не менее одной) по обеспечению работы других элементов, при любом делении которой появляются элементы, не имеющие самостоятельной функции или с одинаковыми функциями. Примерами таких элементов являются шарик в подшипнике или шариковой авторучке, труба, проводящая жидкость, жидкость в гидроцилиндре, конусная заостренная часть гвоздя и т.п.

Таким образом, любой ТО (кроме неделимых элементов) может быть разделен на несколько укрупненных функциональных элементов, каждый из которых должен иметь минимальное число (не менее одной) определенных функций. Такое разделение обычно соответствует установившемуся в инженерной практике конструктивному разделению на агрегаты, блоки, узлы, детали, части деталей.

Одновременно с разделением ТО на элементы выделяют объекты окружающей (ОС), с которыми рассматриваемый ТО находится в функциональном или вынужденном взаимодействии, и которые существенно влияют на конструкцию ТО. В первую очередь к ОС относятся объекты, воспринимающие действия ТО.

К объектам ОС также могут относиться подводимая энергия, управляющие сигналы, объекты, на которые действуют отработанные вещества, неблагоприятные излучения и другие воздействия, оказывающие существенное влияние на конструкцию ТО, и т.д.

Среди всех выделенных элементов ТО при проектно-конструкторских разработках особое внимание чаще всего уделяют *главным элементам* (или первичным, исходным элементам), которые можно выделить у большинства ТО. К главным элементам будем относить рабочие органы и другие элементы, которые непосредственно взаимодействуют с предметами обработки и другими объектами ОС. При выделении главных элементов и соответствующих им объектов ОС рекомендуется иметь в виду следующие свойства:

Функция главных элементов, как правило, совпадает с функцией ТО или решающей мере зависит от функции ТО;

объекты ОС для главных элементов, как правило, совпадают с объектами, на которые направлено действие ТО.

В табл. 1 приведены примеры главных элементов и соответствующих им объектов ОС.

Главным элементам присваивают обозначение E_0 (если их несколько, то E_{01} , E_{02} , ...). Остальным элементам присваивают обозначения E_1 , E_2 , ..., E_n . Объекты ОС, с которыми взаимодействуют ТО и его элементы, обозначают через V_1 , V_2 ,...

Таблица 1 Примеры главных элементов и объектов окружающей среды (OC)

		тртды (ос)	
Наименова-ние ТО	Объекты ОС V	Главные элементы E_{θ}	Функция главных элементов,
			совпадающая с функцией ТО
Ручка для письма	Бумага	Перо или шариковый	Образует на бумаге
		узел	непрерывный видимый след,
			произвольной формы
Экскаватор	Грунт	Ковш	Зачерпывает,
			транспортирует от забоя до
			отвала и выгружает грунт
Лампа	Окружающие	Нить накаливания	Освещает окружающие
накаливания	объекты		объекты
Двигатель	Вал	Поршни и цилиндры	Вращает вал
внутреннего			
сгорания			
Трансформатор	Переменный	Первичная обмотка,	Изменяет напряжение
	электрический	вторичная обмотка и	переменного электрического
	ток	ферромагнитный	тока
		сердечник	

Описание функций элементов

Каждый ТО может быть представлен описаниями, имеющими иерархическую соподчиненность. Эти описания характеризуются следующими свойствами:

- каждое последующее описание является более детальным и более полно характеризует ТО по сравнению с предыдущим;
- каждое последующее описание включает в себя предыдущее.

Согласно иерархической соподчиненности ТО характеризуется следующими понятиями:

- 1. *Потребность или функция ТО* это краткое описание назначения ТО или цели его создания.
- 2. Tехническая функция $(T\Phi)$.

Описание ТФ содержит следующую информацию:

- Потребность, которую может удовлетворить ТО;
- Физическая операция (физическое превращение, преобразование), с помощью которой реализуются потребности.
- 3. Φ ункциональная структура (Φ C).

Подавляющее большинство ТО состоит из нескольких элементов (агрегатов, блоков, узлов), которые могут быть естественными образом разделены на части. Каждый элемент как самостоятельный ТО выполняет определенную функцию и реализует определенную физическую операцию (ФО), т.е. между элементами существуют связи, что сказывается на структурной организации ТО.

Существуют функциональные структуры ТО двух видов: конструктивная ФС и потоковая ФС, которые дополняют друг друга.

Таблица 2 Примеры описания физических эффектов

CНаименование физико-технических эффектов Закон Гука Твердое тело Сила Линейная деформация Закон Джоуля Электрический Проводник Теплота Ленца ток Термоэлектронная Оксидная Поток Теплота эмиссия (нагревание) суспензия электронов Пьезоэлектрически Деформация Пьезокристалл Электрическое (сила) й эффект поле Ультразвуковой Ультразвук Жидкость в Подъем капиллярный эффект капилляре жидкости

В *потоковой ФС* каждый элемент реализует определенную ФО. Такая реализация происходит на основе одного или нескольких физико-технических эффектов

Под физико-техническими эффектами будем понимать различные приложения физических законов, закономерностей и следствий из них, физические эффекты и явления, которые могут быть использованы в технических устройствах. Как правило, в физико-технических эффектах имеет место определенная причинно-следственная связь между «входом» и «выходом». Физико-технический эффект должен иметь стандартное формализованное (имеющее определенную структуру) описание, удобное для технических приложений и машинной обработки.

Наиболее обобщенное качественное описание физико-технического эффекта состоит из трех компонент:

$$(A, B, C,)$$
, или $(A \rightarrow B \rightarrow C)$, (1)

где A — входной поток вещества, энергии или сигналов; C — выходной поток; B — физический объект, обеспечивающий или осуществляющий преобразование A в C. Для входного A и выходного C потоков, можно указать их качественные и количественные характеристики. В табл. 2 приведены примеры описания физико-технических эффектов по формуле (1).

Физический принцип действия (ФПД). Под ФПД будем понимать ориентированный граф, вершинами которого являются наименования физических объектов B, а ребрами входные A и выходные C потоки вещества, энергии и сигналов. Таким образом, во многих случаях ФПД легко построить с помощью потоковой ФС путем замены наименований или физических операций на наименования объектов B.

Описание ФПД, как правило, содержит изображение принципиальной схемы ТО, в которой в упрощенно-идеализированной форме показаны основные конструктивные элементы, обеспечивающие реализацию ФПД, и направления указаны потоков И основные физические величины, характеризующие физико-технические эффекты. используемые Принципиальная схема облегчает последующую разработку (конструирование) технического решения.

Техническое решение (TP). Оно представляет собой конструктивное оформление ФПД или ФС. ТР конкретного ТО, как правило, описывается в виде двухуровневой структуры через характерные признаки ТО в целом и его элементов. При этом используют следующие группы признаков:

- Указание (перечень) основных элементов;
- Взаимное расположение элементов в пространстве;
- Способ и средства соединения и связи элементов между собой;
- Последовательность взаимодействия элементов во времени;
- Особенности конструктивного исполнения элементов (геометрическая форма, материал и т.д.);
- Принципиально важные соотношения, параметров для ТО в целом или отдельных элементов.

В зависимости от вида рассматриваемого ТО элементом может быть часть детали, деталь, узел, блок, агрегат, техническая система (TC), комплекс TC. При описании TP некоторых TO может использовать только часть признаков.

ТР конкретного ТО может быть описано с *любой степенью детализации*. Для этого используют иерархический набор двухуровневых описаний ТР, т.е. сначала описывают ТР устройства в целом, затем ТР каждого блока, затем – каждого узла и т.д. Описание ТР ни естественном языке, как правило, дополняют его графическим изображением.

Способы описания TP достаточно хорошо разработаны, поскольку во всех патентах и авторских свидетельствах на устройство дается описание TP прототипа и нового решения.

При описании функций элементов целесообразно в скобках дублировать обозначения объектов ОС и других элементов, которые участвуют в описании функции. Сами функции будем обозначать буквами $\Phi_0, \Phi_1, \Phi_2, ...$ (индексы соответствуют обозначениям элементов).

Результаты разделения ТО на элементы и описание их функций оформляют в одной таблице анализа функций. Примеры составления таких таблиц для различных ТО приведены в табл. 3,4. Поскольку результаты разделения ТО на элементы и описания функций элементов оформляются в одной таблице, то их целесообразно выполнить одновременно.

Таблица 3 Анализ функций шарикоподшипника. Функция шарикоподшипника: обеспечить передачу вращающего момента с минимальной величиной силы трения

MOMENTA C MINIMARIBITOR BETH THIRD CHIRD TPETRA				
Элемент			Функция	
Обозна-	Наимено-	Обозна-	Описание	
чение	вание	чение		
			Обеспечивают передачу	
E_{I}	Шарики	${m \Phi_I}^{'}$	вращающего момента с	
L_I			минимальной величиной силы	
			трения	
			Осуществляют связь между	
		$\Phi_{I}{}^{"}$	подвижным кольцом E_2 и	
			неподвижным E_3 и находятся в	
			контакте с E_4	
	Кольцо		Для закрепления подшипника	
E_2	•	Φ_2	на валу V_I , находится в	
	внутреннее		контакте с E_I	
E_3	Кольцо наружное	Φ_3	Для закрепления подшипника	
			в корпусе V_2 , находится в	
			контакте с E_I	
			Для равномерного удаления	
E_4	E_4 Сепаратор Φ_4	Φ_4	тел качения (шариков) E_1 друг	
			от друга	

Таблица 4 Анализ функций электроплитки. Функция электроплитки: нагревает емкость с жидкостью до кипения

	Killiellin			
Элемент		Функция		
Обозна-	Наимено-	Обозна-	Описание	
чение	вание	чение		
E_0	Спираль	Φ_0	Нагревает емкость с жидкостью	
L 0	Спираль		(V_2) до кипения	
E_I	Провод	Φ_I	Проводит ток от электросети	
E_I	Провод		(V_I) до спирали (E_0)	
E_2	Разъем	Φ_2	Соединяет и разъединяет провод	
\mathbf{L}_2	Тазьсм	Φ_2	(E_l) с электросетью (V_l)	
E_3	Огнеупор-	$\Phi_{3}^{'}$	Уменьшает тепловое воздей-	
E_3	ный элемент	Ψ_3	ствие спирали (E_0) на стол (V_3)	
		Φ_3 "	Поддерживает спираль E_0 в	
		Ψ_3	определенном положении	
		$\Phi_3^{'''}$	Изолирует спираль (E_{θ})	
E_4	Корпус	Φ_4	Передает воздействие массы емкости с	
114	Rophyc		жидкостью (V_2) на стол (V_3)	

Построение конструктивной функциональной структуры.

Конструктивная ΦC представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются наименования элементов ТО и объектов ОС, а ребрами — функции элементов.

При построении ФС сначала изображают вершины. Первая сверху вершина — наименование ТО. Во втором ряду (по горизонтали) предпочтительно располагать вершины-объекты ОС, в третьем ряду вершины-элементы. В вершинах, представляющих собой овалы или прямоугольники, указывают обозначения (в соответствии с табл. 3,4) и наименования объектов ОС и элементов.

После этого строят направленные ребра графа. Ребра выходят из вершинэлементов, чьи функции они описывают, и заканчиваются в вершинахэлементах, работу которых они обеспечивают, или в вершинах-объектах ОС, взаимодействующих с рассматриваемым элементом. Из каждой вершиныэлемента выходит столько ребер, сколько функций имеет элемент. Вершины, в которых заканчиваются ребра-функции, указаны в описании функции (в скобках). Конструктивная ФС может иметь ребра двух типов. Первый тип — простые ребра, начинающиеся в одной вершине и заканчивающиеся в другой единственной вершине. Ребра второго типа описывают функции элементов, которые обеспечивают соединение или взаимодействие между другими несколькими элементами и объектами ОС. Такие ребра имеют один «выход» и несколько «выходов», соединенных между собой И-вершиной, т.е. они начинаются в одной вершине-элементе и через абстрактную И-вершину заканчиваются в двух и более вершинах-элементах (объектах ОС).

Всем ребрам на графе присваивают обозначения, совпадающие с обозначениями соответствующих функций элементов. Вершины графа (при их изображении) рекомендуется располагать в таком порядке, чтобы было минимальное число пересечений ребер и чтобы вершины, связанные ребрами, были ближе друг к другу. При этом можно допустить расположение элементов и в четвертом ряду.

На рис.1,2 изображены конструктивные ФС, построенные на основе табл. 3,4. Конструктивная ФС позволяет получить более наглядное и цельное представление о ТО с функциональной точки зрения.

Иногда может оказаться целесообразным построение и использование единой конструктивной ΦC для многоуровневого иерархического разделения TO на элементы.

Построение конструктивной ФС технологического процесса, материала или вещества.

Аналогично анализу функций ТО может быть проведен анализ веществ. процессов, При технологических материалов И ЭТОМ ДЛЯ технологических процессов ФС представляет собой граф, вершинами которого являются обрабатываемые объекты E, а ребрами — элементарные операции Φ с указанием режимов обработки. У материалов (веществ) к вершинам относятся компоненты E, из которых состоит материал, а ребрами функции компонентов Φ .

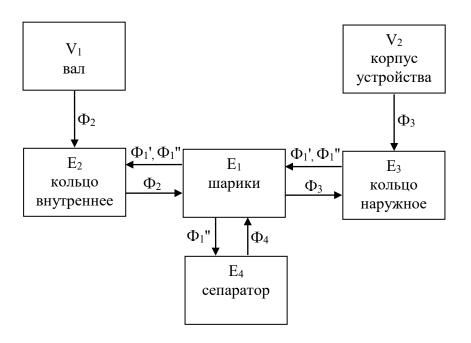


Рис. 1. Конструктивная функциональная структура (ФС) шарикоподшипника

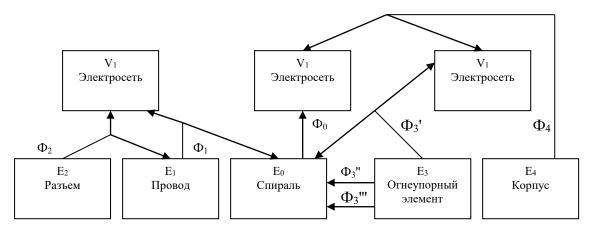


Рис. 2. Конструктивная ФС бытовой электроплитки

Для более глубокого понимания сущности рассматриваемого ТО конструктору (технику) предлагается ответить на следующие вопросы:

Список контрольных вопросов функционального анализа

- 1. Какова основная функция узла (детали)?
- 2. Что представляет собой «идеальный» узел (деталь)?
- 3. Что будет, если убрать данный узел (деталь)?
- 4. Какие и сколько функций выполняет данный узел (деталь), нельзя ли часть из них сократить?
- 5. Как иначе можно выполнить основную функцию?
- 6. В какой отрасли техники наилучшим образом выполняется данная функция и нельзя ли позаимствовать решение?
- 7. Можно ли разделить узел (деталь) на части? Можно ли объединить несколько деталей (узлов)? Можно ли разборные соединения сделать неразборными и наоборот?
- 8. Можно ли неподвижные детали сделать подвижными и наоборот? Можно ли использовать холостые ходы? Можно ли от периодического движения перейти к непрерывному и наоборот?
- 9. Нельзя ли поменять последовательность технологических операций? Ввести или исключить предварительные сборочные и обработочные операции? Исключить отделочные операции?
- 10. Какой элемент узла (детали) самый «слабый», нельзя ли его отделить от детали (узла), «усилить»?

- 11. Какие факторы, функции в работе узла (детали) самые «вредные»? Нельзя ли их использовать? Что будет с изделием, если узел станет выполнять противоположные функции? Как реализовать работу «наоборот»?
- 12. Нельзя ли упростить узел, добиваясь не 100% полезного эффекта, а чуть меньше или больше?
- 13. Можно ли уменьшить допуск, снизить чистоту, упростить форму, усовершенствовать прочие аналогичные элементы узла (детали)?
- 14. Можно ли заменить специальные детали стандартными?
- 15.Какие дополнительные функции может выполнять данный узел (деталь)?
- 16. Можно ли изменить материал, сортамент?
- 17. Можно ли уменьшить отходы или использовать их?
- 18. Нельзя ли взять более дешевый материал и применить покрытия, биметаллы и т.д. либо вставки из высококачественного материала?
- 19. Что в детали (узле) в первую очередь изнашивается?
- 20. Где в детали (узле) заложены излишние запасы, нельзя ли их сократить?

Домашние задание

[1] 13 c 41....47

Содержание отчета:

- 1. Название работы.
- 2. Цель работы.
- 3. Ксерокопия описания изобретения рассматриваемого устройства (способа).
- 4. Таблица, в которой представлен функционально-физический анализ рассматриваемого технического решения.
- 5. Построение конструктивной функциональной структуры рассматриваемого технического решения.

- 6. Ответы на список контрольных вопросов функционального анализа.
- 7. На основе анализа ФФА рассматриваемого ТО представить новое техническое решение, содержащее отличия (желательно-существенные) по отношению к анализируемому объекту.
- 8. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1. Объяснить с какой целью проводится ФФА ТО?
- 2. Сформулируйте закон соответствия между функцией и структурой ТО?
- 3. Какими признаками характеризуются главные элементы ТО?
- 4. Какими признаками характеризуются понятия «техническая функция» TO?
- 5. Что понимают под термином «функциональная структура» ТО?
- 6. Что понимается под термином «физико-технический эффект», «физический принцип действия»? Приведите соответствующие примеры.
- 7. Перечислите признаки, характеризующие термин «техническое решение» ТО

Библиографический список

- 1. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества уч. пособие / А.И. Половинкин, М.: Машиностроение, 1988, 368 с.
- 2. Половинкин А.И. Функционально-физический метод поискового конструирования, уч. пособие / А.И. Половинкин, Т.И. Зверева, Иваново, ИЭИ, 1983, 83 с.
- 3. Альтшуллер Т.С. Алгоритм изобретения / Т.С. Альтшуллер, М.Московский рабочий, 1973, 296 с.