

Многомерная классификация систем топливопитания энергоустановок, работающих на металлизированном топливе

Национальный автомобильно-дорожный университет

Разработана многомерная классификация систем топливопитания для энергоустановок специального назначения, работающих на металлизированном топливе, позволяющая генерировать полные для данного уровня развития знаний области возможных решений и создавать алгоритмы направленного синтеза указанных систем.

Ключевые слова: системы топливопитания, металлизированное топливо, классификация.

1. Постановка проблемы

Разработка классификации систем топливопитания для энергоустановок, работающих на металлизированном топливе, является важной задачей для создания, выбора и оптимизации таких систем. Известны способы классификации технических систем по функциональному назначению, виду носителя энергии, агрегатному состоянию топлива и т.п.

2. Анализ последних исследований

Современные классификации отражают уже созданные системы топливопитания и служат преимущественно для их анализа [1]. Современное состояние теории механизмов и машин и методологии синтеза систем [2, 3] не позволяет дать однозначный ответ о полном множестве структур систем топливопитания для энергоустановок, работающих на металлизированном топливе, а значит, и выполнить их общую многомерную классификацию.

3. Определение нерешенных частей проблемы

Целью данного исследования является разработка общей многомерной классификации систем топливопитания энергоустановок, работающих на металлизированном топливе, в соответствии с их структурными отличиями и характеристическими признаками.

4. Основной материал

Структура системы топливопитания для энергоустановок, использующих металлизированное топливо, формируется необходимостью надлежащей организации потоков продуктов сгорания при выполнении задач в зависимости от вида техники, требуемых значений параметров и свойств рабочих процессов, а также обработки управляющей информации. Функциональность системы определяется требуемыми свойствами объектов техники.

Для формирования многомерной классификации системы топливопитания необходимо учесть общую структуру представления атрибутов системы [4].

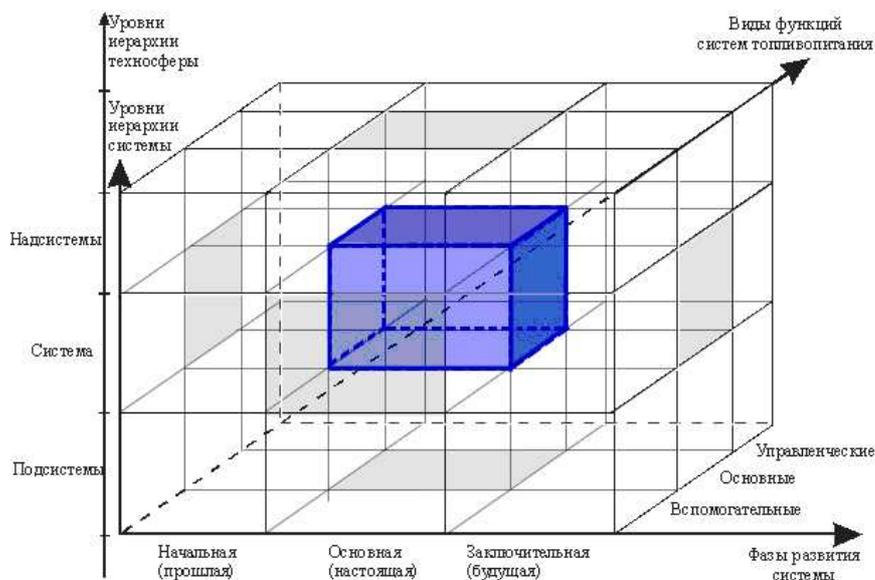


Рис. 1. Структура атрибутов системы топливопитания.

На рис. 1 показана связанность главных атрибутов системы топливопитания: уровни иерархии, виды функций, фазы развития, а также выделено ее ядро. Ядро соответствует иерархическому уровню собственно системы топливопитания в общей иерархии техносферы [4] и ее основным функциям в настоящем времени.

Оно определяет вид системы топливопитания и задает тем самым ее основной отличительный признак в области существенных атрибутов технических объектов, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Область существенных атрибутов систем топливопитания	
№ п/п	Существенные атрибуты систем топливопитания
1	Сфера применения
2	Предназначение
3	Функции
4	Кластеры физических, химических или биологических эффектов (принципы действия)
5	Процессы функционирования и развития
6	Структура
7	Параметры

Указанную в табл. 1 часть атрибутов, относящихся к определению сферы применения и предназначения технических объектов, можно рассматривать как внешнюю по отношению к системе топливопитания, раскрывающую значения характеристических признаков надсистемы. Функции, принципы действия, процессы, структуры и параметры являются внутренними атрибутами системы и подсистем. Они должны соответствовать внешним атрибутам.

Принимая во внимание сказанное, многомерную классификацию систем топливопитания для энергоустановок, работающих на металлизированном топливе, с отличиями по видам характеристических признаков соответственно уровням иерархии существенных атрибутов технических объектов, можно представить так, как показано на рис. 2 и в табл. 2, 3 и 4.

Таблица 2

Классификация систем топливопитания, работающих на металлизированном топливе, по уровням иерархии, видам характеристических признаков и значений их практической реализации в соответствии с фазами развития (вид функции системы - основная)

Уровни иерархии системы	Виды характеристических признаков систем	Значения характеристических признаков				
		Прошлая фаза	Настоящая фаза		Будущая фаза	
Надсистема	Сфера применения	Двигатели	Энергоустановки	Испытательные и измерительные установки		Радиоастрономические установки
	Предназначение	Маршевые двигатели	Управляющие двигатели	Генераторы энергии	Устройства для определения свойств и термодинамических параметров веществ	Генераторы плазмы
Система	По возможности регулирования	Нерегулируемые	Регулируемые			Саморегулирующиеся
	Объекты регулирования	Параметры	Структуры	Структуры и параметры		Процессы Виды эффектов и морфология системы
	Временное регулирование	Априорное	Оперативное			Постаприорное
	Виды технологий регулирования	Непрерывный	Дискретный	Дискретно-непрерывный		Непрерывно-дискретный
	Вид системы подачи компонентов топлива	Вытеснительная	Парогенераторная		Насосная	Гибридная
	Количество компонентов топлива	Монопаливо	Двухкомпонентное (окислитель + горючее)		Трехкомпонентное	Многокомпонентное
Подсистемы	Методы активации горения Me	Химический	Ультразвуковой	Радиационный	Электромагнитный	Капсулирование частиц Me Аллотропические формы Me
	Форма заряда и поверхность горения	Монолитный заряд	Заряд с горением по внутреннему каналу		Заряд с горением по множественным каналам	Комбинированный заряд с фигурными поверхностями
Подсистемы	Форма частиц металла	Шарик	Проволочка		Лента	Каркасная

Окончание таблицы 2

Уровни иерархии системы	Виды характеристических признаков систем	Значения характеристических признаков					
		Прошлая фаза	Настоящая фаза			Будущая фаза	
Подсистемы	Элементы воспламенения	Механический капсюль	Пиротрон	Электрозапал	Самовоспламеняющиеся впрыскиваемые составы	СВЧ-запалы	Генераторы плазмы
	Агрегатное состояние компонентов топлива	Монофазное (твердое)	Монофазное (жидкое)	Гетерофазное (твердое+жидкое)	Гетерофазное (твердое+жидкое+газ)	Гетерофазное (тверд.+жидк.+газ+плазма)	

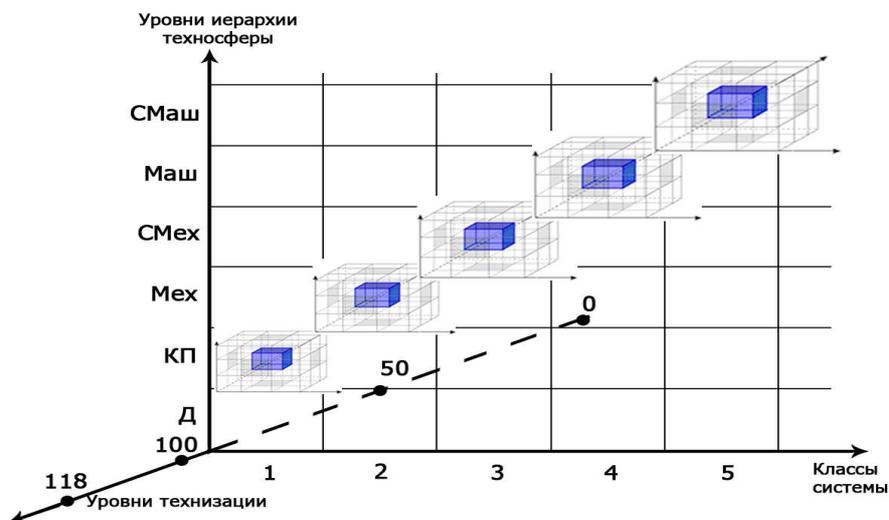


Рис. 2. Классификация систем топливопитания по уровням иерархии техносферы

Рис. 2 отображает классификацию систем топливопитания в соответствии с иерархией техносферы и уровнями технизации [4].

Согласно этому рисунку по уровню иерархии системы топливопитания могут относиться к устройству с парой элементов, к механизмам, системам механизмов, машинам или системам машин. По уровню технизации – к ручным, механизированным, автоматизированным и другим, с более высоким уровнем [4].

В табл. 2, 3 и 4 виды характеристических признаков систем топливопитания соответствуют уровням надсистемы, собственно системы и подсистем. Эти виды расположены с учетом управленческих, основных и вспомогательных функций. Выделены также фазы развития системы.

В работе [5] выявлено, что вариативность систем зависит от степени регулируемости параметров систем. Возможность регулирования - это признак, который отражает одно из основных свойств систем топливопитания – возможность регулирования подачи компонентов топлива в камеру сгорания. Учитывая это, при разработке классификации учтено, что уровень вариативности систем влияет на значения характеристических признаков.

Таблица 3

Классификация систем топливопитания, работающих на металлизированном топливе, по видам характеристических признаков и значений их практической реализации в зависимости от видов функций системы в соответствии с фазами развития (уровень иерархии - система)

Виды функций системы	Виды характеристических признаков систем	Значения характеристических признаков					
		Прошлая фаза	Настоящая фаза			Будущая фаза	
Управленческая функция	Возможность регулирования	Нерегулируемые	Регулируемые			Саморегулирующиеся	
	Объекты регулирования	Параметры	Структуры	Структуры и параметры	Процессы	Виды эффектов и морфология системы	
	Вид технологий регулирования	Непрерывный	Дискретный	Дискретно-непрерывный		Непрерывно-дискретный	
	Виды регулировок по времени	Априорное	Оперативное			Постаприорное	
Виды функций системы	Виды характеристических признаков систем	Значения характеристических признаков					
		Прошлая фаза	Настоящая фаза			Будущая фаза	
Основная функция	Агрегатное состояние компонентов топлива	Монофазное (твердое)	Монофазное (жидкое)	Гетерофазное (твердое+жидкое)	Гетерофазное (твердое+жидкое+газ)	Гетерофазное (тверд.+жидк.+газ+плазма)	
Виды функций системы	Виды характеристических признаков систем	Значения характеристических признаков					
		Прошлая фаза	Настоящая фаза			Будущая фаза	
Основная функция	Вид системы подачи компонентов топлива	Вытеснительная	Парогенераторная	Насосная		Гибридная	
Вспомогательная функция	Методы активации горения Me	Химический	Ультразвуковой	Радиационный	Электромгнитный	Капсулированные частицы Me	Аллотропические формы Me

Согласно приведенной классификации нерегулируемые системы топливопитания имеют первый минимальный уровень вариативности (на уровне параметров режимов).

Второй уровень вариативности соответствует параметрически-гибким регулируемым системам, допускающим изменение параметров топливоподачи. В регулируемых системах топливопитания задействовано множество видов регулируемых параметров в зависимости от количества компонентов топливной

системы, вариативности физических и химических свойств, видов и форм частиц металлизированного топлива и других, что определяет режимы соответствующего потока управляющей информации в зависимости от изменения целей и задач системы.

Таблица 4

Классификация систем топливопитания, работающих на металлизированном топливе, по видам характеристических признаков в соответствии с уровнями иерархии и видами функций (фаза развития системы - настоящая)

Уровни иерархии системы	Виды характеристических признаков систем		
	Управленческая функция	Основная функция	Вспомогательная функция
Надсистема	Системы автоматического управления (САУ)	Сферы применения энергоустановки	Размещение системы топливопитания в энергоустановке
		Предназначение энергоустановки	
Система	Возможность регулирования	Количество компонентов топлива	Методы активации горения Me
	Объекты регулирования		
	Виды регулировок по времени	Вид системы подачи компонентов топлива	
	Вид технологий регулирования		
Подсистемы	Форма заряда и поверхность горения	Форма частиц металла	Элементы воспламенения
		Агрегатное состояние компонентов топлива	

Третий уровень имеет место, когда в системе изменяются структура элементов и связи между ними. Такая система названа структурно-гибкой или трансформерной.

Если система допускает изменение рабочего процесса без изменения видов применяемых эффектов, она относится к четвертому уровню вариативности и называется процессно-гибкой.

Гибкие регулируемые системы топливопитания относятся к системам с многовидовыми потоками. В отличие от нерегулируемых систем, которые имеют поток одного вида, эти системы обеспечивают регулирование потоков многих видов – потоки компонентов топлива, которые обусловлены параметрами вытеснительных устройств, подающих насосов, парогенераторов, устройств, генерирующих различные регулирующие воздействия.

На пятом уровне изменяются виды применяемых эффектов и морфология системы. Такая система относится к гибридной (вариативно-трансформерной).

Структура гибридных систем топливопитания для энергоустановок, работающих на металлизированном топливе, отличается от структуры гибких систем топливопитания наличием потока средств технического оснащения, обеспечивающих изменение принципов действия системы топливопитания (видов применяемых конструктивных элементов, физических и химических эффектов) и ее трансформерность при необходимости.

Уровни вариативности выше пятого относятся к атрибутам надсистемы. Изменение функций системы – переход ее в класс полифункциональных систем соответствует шестому уровню вариативности. Седьмой уровень соответствует системам со множеством предназначений, а восьмой – многосферным системам, у которых варьируется область применения.

Значения характеристических признаков надсистемы выполняющих управляющую функцию - системы автоматического управления (САУ) развиваются в зависимости от уровня технизации [4] - от традиционных до самонастраивающихся САУ. Традиционные САУ требуют наиболее полной начальной информации, имеют наименьший уровень технизации и малый объем обрабатываемой рабочей информации. Самонастраивающиеся САУ могут изменять свои свойства при изменении внешних условий и свойств регулируемого объекта. Они требуют меньшего объема начальной информации, обладают большой вариативностью и способны вырабатывать управляющие сигналы, обрабатывая поступающую рабочую информацию. САУ, которые используют минимальную начальную информацию, вырабатывают управляющие сигналы, опираясь на поступающую рабочую информацию в процессе регулирования. Они обладают наибольшим уровнем технизации.

Системы топливопитания могут иметь применение в различных отраслях и быть использованы в двигателях, энергоустановках, испытательных и измерительных установках [6], что является проявлением основной функции надсистемы и значения характеристического признака - сферы применения.

Основными характеристическими признаками надсистемы являются сфера применения и предназначение. Далее рассмотрим характеристические признаки собственно системы.

Виды систем подачи компонентов определяют динамические параметры систем управления и определяют информационные потоки сигналов управления. В конструктивном исполнении самой простой является вытеснительная система - система подачи еще до начала работы обладает потенциалом в виде давления инертного газа, который выталкивает компоненты топлива в камеру сгорания. В процессе работы соответствующие клапаны открывают подачу газа для вытеснения компонентов топлива. Парогенераторная система подачи обеспечивает получение вытесняющего давления за счет реагирующих компонентов. Насосная система, хотя конструктивно наиболее сложная, но обеспечивает подачу компонентов топлива по количеству и по соотношению в максимально широком диапазоне.

Способы обеспечения регулирования систем топливопитания подразделяются на параметрические, структурные и комбинированные.

Количество компонентов топлива дает возможность реализовывать в реальных объектах любые энергетические характеристики топлива. Простейший случай – монотопливо, содержащее в своем составе горючее, окислитель и металлические добавки. Традиционный случай – топливо содержит окислитель и горючее с металлизированными добавками. В пределе состав топлива может

содержать любое разумное количество компонентов. Такое топливо есть многокомпонентное.

Учитывая то, что горение металлов есть сложный в кинетическом плане процесс, для оптимизации, активизации и управления горением металлов можно использовать различные методы воздействий на кинетику горения металлов: химический [8], ультразвуковой, радиационное облучение [9], электромагнитный, использование аллотропических модификаций [10], капсулирование и т. п.

Значения характеристических признаков подсистем также соответствуют уровню иерархии техносферы и отвечают управленческим, основным и вспомогательным функциям подсистем.

Для управления процессами горения металлов на уровне подсистем очень важным являются форма заряда и поверхность горения. Самый простой случай – горение по торцу заряда. Далее развитие формы заряда и организации поверхности горения идет по пути конструирования каналов горения различной формы и составных комбинированных зарядов.

Форма частиц заряда обеспечивает функцию сгорания металлической компоненты. Вариации формы металлической частицы позволяют использовать более высокую теплопроводность частиц металлов для подготовки топливного заряда к горению. Форма «шарик» не работает на предварительный прогрев заряда. Форма «проволочка» активно подводит тепло в глубину заряда для подготовки процесса горения. Форма «лента» позволяет реализовывать широкие градиенты температуры по поверхности и в объеме топливного металлизированного заряда.

Важным фактором для синтеза систем топливопитания является агрегатное состояние компонентов топлива. Газообразное, жидкое, твердое или гетерофазное состояния компонентов топлива при их практической реализации требуют разных конструктивных решений систем топливопитания [7].

Вспомогательную функцию воспламенения в подсистеме системы топливопитания энергоустановок, работающих на металлизированном топливе, реализовано такими элементами: механический капсюль, пиропатрон, электрозапал, самовоспламеняющиеся впрыскиваемые составы.

Предложенная многомерная классификация систем топливопитания для энергоустановок специального назначения, работающих на металлизированном топливе, позволяет генерировать полные для данного уровня развития знаний области возможных решений и создавать алгоритмы направленного синтеза указанных систем. Используемый системный подход позволяет в дальнейшем развивать классификацию систем топливопитания и тем самым обеспечивать получение эффективных результатов при создании новых образцов техники на регулярной основе.

Выводы

Многомерная классификация систем топливопитания должна строиться по характеристическим признакам, определяющим облик и разработанных, и создаваемых систем.

Классификация должна учитывать основные характеристические признаки систем топливопитания и виды их практической реализации с учетом фаз развития, уровней иерархии техносферы и уровня технизации.

Вид систем определяет их структуру, а значит, и уровень надежности. Тип

систем определяется принципами действия. Требуемый уровень вариативности систем определяется при синтезе с учетом видов и значений характеристических признаков.

Список литературы

1. Бабкин, А.И. Основы теории автоматического управления ракетными двигательными установками [Текст] / А.И. Бабкин, С.И. Белов, Н.Б. Рутовский и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 456 с.
2. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин [Текст] / И.И. Артоболевский – М.: Наука, 1985, – 686 с.
3. Кожевников, С.Н. Теория механизмов и машин [Текст] / С.Н. Кожевников – М.: Машиностроение, - 1973. – 592 с.
4. Тернюк, Н.Е. Законы развития техники и их применение при создании инноваций [Текст] / Н.Е. Тернюк //Современные проблемы науки и образования: материалы 12-й междунар. междисциплинарной науч.-практ. конф., 27 апр. - 9 мая 2012. – Харьков, Украинская ассоциация «Женщины в науке и образовании». Харьк. нац. ун–т им.Каразина, 2012. – С. 89 – 102.
5. Тернюк, М.Е. Класифікація рівнів варіативності технологічних систем [Текст] / М.Е. Тернюк, В.Ф. Сорокін // Розвиток наукових досліджень 2007: мат. третьої міжнар. наук.-практ. конф.– Полтава: ІнтерГрафіка. – 2007. – Т. 6. – С. 73 – 76.
6. А.С. № 1627950. Способ определения энтальпии образования веществ / О.Ю Калекин, К.Г Щербина, Г.Н Кеворкян. и др. – № 4664019; заявл. 20 марта 1989г.;опубл. 15 февр. 1991г. , бюл. № 6 – С. 2.
7. А.С. № 1612519. Способ получения гибридной топливной системы / Е.Н.Александров, О.Ю Калекин, К.Г Щербина, и др. – № 4694822; заявл. 24 мая 1989г.;опубл. 08 авг.. 1990г. , бюл. №5 – С. 1.
8. А.С. № 1381915. Гидрореагирующее топливо / О.Ю Калекин, К.Г Щербина, В.Е. Герасименко и др. – № 4002477; заявл. 02 янв. 1986г.;опубл. 15 ноябр. 1987г. , бюл. № 2 – С. 2.
9. Калекин, О.Ю. Получение активных центров для инициирования реакций горения [Текст] / О.Ю. Калекин, А.В. Бастеев // Электрофизика горения: тез. докл. X Всесоюзный семинар. – Караганда, 1987. – С.104
10. Александров, Е.Н. К вопросу об отличии в механизме окисления модификаций бора в водяном паре [Текст] / Е.Н. Александров, О.Ю. Калекин и др. // Кинетика: сб. тр. IX Симпозиума по горению и взрыву. –Черноголовка, 1989. – С.67 – 68

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.И. Костюк, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцию 08.02.2013

Багатовимірної класифікації систем паливоживлення енергоустановок, працюють на металізованому паливі

Розроблено багатовимірну класифікацію систем паливоживлення для енергоустановок спеціального призначення, працюючих на металізованому паливі, що дозволяє генерувати повні, для цього рівня розвитку знань, області можливих рішень і створювати алгоритми спрямованого синтезу вказаних систем.

Ключові слова: системи паливоживлення, металізоване паливо, класифікація.

A multidimensional classification of power plants fuel supply working on fuel metallized

Multidimensional classification of the systems of serve of fuel is worked out for power plant of the special setting, working on a metal-backer fuel, allowing to generate complete, for this level of development of knowledge, areas of possible decisions and to create the algorithms of the directed synthesis of the indicated systems.

Keywords: fuel systems, metallized fuels, classification.