

ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ СИНТЕЗ СИСТЕМ ТОПЛИВОПИТАНИЯ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ НА МЕТАЛЛИЗИРОВАННОМ ТОПЛИВЕ

Рассмотрены вопросы применения метода оптимизационного трехуровневого синтеза для систем топливопитания поршневых двигателей, работающих на металлизированном топливе. Предложен алгоритм направленного синтеза этих систем. Синтезированы системы топливопитания с различными функциями и разной степенью технизации. В том числе сформирована структура общего вида трансформерной системы. Системы указанного вида могут быть использованы в различных средах.

Введение

Современные образцы мобильной техники в большинстве случаев являются многофункциональными, имеют возможность выполнения широкого спектра задач в условиях быстро изменяющейся обстановки со сменой поставленных целей. Для обеспечения надлежащего функционирования таких образцов техники необходимо создание двигателей, работающих на высокоэнергетических топливных составах и функционирующих в различных средах. Одним из средств повышения энергоемкости является использование металлизированных топлив. Они отличаются от традиционных топлив не только химическими, но и физико-механическими характеристиками. Поэтому эффективное использование металлизированных топлив в поршневых двигателях требует создания новых специальных систем топливопитания.

Анализ последних исследований и публикаций

В работе [1] описан общий «системотехнический» подход, предусматривающий эвристическое определение иерархичной структуры системы, организацию взаимодействия между подсистемами и элементами. Однако, такой подход не позволяет генерировать полные множества вариантов структур техники новых видов и типов.

Менее распространенные общие и специализированные подходы к проектированию сложных систем приведены в работах [2, 3].

Располагает более широкими проектными возможностями методология, основанная на учете типового множества этапов жизненного цикла техники, описанная в работе [4]. Данная методология ориентирована, в основном, на создание горизонтально интегрированных технологических систем.

Основы нового метода направленного синтеза техники, отличительная черта которого – использование процедур поиска наиболее эффективных решений из полного множества возможных решений, изложены в работе [5].

Таким образом, стало возможным создание

более совершенных методов проектирования высокоэффективной специализированной техники, частью которой являются системы топливопитания поршневых двигателей, работающих на металлизированном топливе (СТПДМТ).

Постановка задачи

Целью данной статьи является описание особенностей метода оптимизационного синтеза технических систем, применительно к созданию СТПДМТ и решение задачи синтеза системы топливопитания указанного вида для работы в различных средах для транспортного средства, которое должно двигаться по твердой поверхности и воде, причем движение по воде составляет до 80 % пробега.

Эта задача решается с использованием направленного синтеза систем топливопитания. В такой постановке задача является частным случаем более общего решения, которое рассмотрено в работе [6].

Алгоритм направленного синтеза систем топливопитания

В соответствии с трехуровневой структурой процесса формализованного инновационного синтеза объектов техносферы, представленной в работе [5], может быть проведен синтез СТПДМТ в различных средах, подобно тому, как это было сделано при решении задачи создания систем топливопитания реактивных двигателей [6].

Процедуры синтеза на каждом уровне связаны в единый алгоритм, но дифференцированы по этапам социально-экономического, естественно-научного и технического проектирования. Особенность процедуры конкретизации общей структуры системы состоит в том, что она выполняется на основе принципа информационной соподчиненности этапов. Согласно этому принципу, на каждом предыдущем этапе подготавливается необходимая и достаточная информация для осуществления последующего этапа, с учетом численных значений параметров.

На рис.1 изображена общая последовательность конкретизации информации при реализации

направленного синтеза систем топливопитания – его алгоритм.

На первых двух шагах алгоритма предоставляется возможность определить область применения и установить предназначенность системы топливопитания в пределах выбранной сферы её использования. В рассматриваемом случае, система топливопитания должна обеспечивать оптимальную работу двигателя при использовании транспортного средства во время движения по твердой поверхности и воде, а также максимальный период автономной работы до заправки топливом, исходя из предназначения транспортного средства, которое осуществляет до 80% движения по воде.

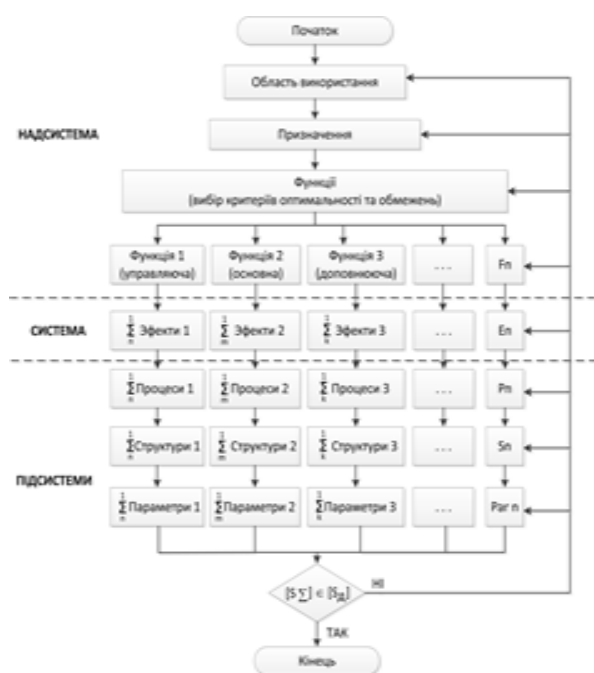


Рис. 1. Алгоритм направленного синтеза систем топливопитания

На третьем шаге, используя полученную информацию, можно задать общую интегральную функцию системы топливопитания, критерии оптимизации и ограничения. Далее возможно осуществить разделение общей интегральной функции системы на составляющие.

На четвертом шаге каждой функции можно поставить в соответствие химические или физические эффекты (принципы действия), которые способны их реализовать. В данном случае может быть выбрано гидрореагирующее металлизированное топливо, которое при взаимодействии с водой вырабатывает водород для сжигания с кислородом воздуха в камере поршневого двигателя.

На пятом (процессном) шаге алгоритма синтеза получается информация об иерархии структур,

в соответствии с интегральной функцией, и создаются технологические процессы, которые используются в СТППДМТ.

На шестом шаге проектирования осуществляется синтез вариантов структур элементов СТППДМТ путем постановки в соответствие каждой функции из триад основных, управленческих и дополнительных (подготавливающих, оптимизирующих или завершающих) функций, структур унифицированных типов.

Структура структур подсистем, определяющих основную функцию синтезируемой системы топливопитания, определяется необходимостью надлежащей организации процесса взаимодействия металла с водой в специальном реакторе для получения водорода, смешивания водорода с воздухом и подачи полученной смеси в камеру сгорания поршневого двигателя для обеспечения требуемых значений параметров и свойств рабочих процессов. Управляющая функция должна обеспечивать обработку информации при выполнении задач в зависимости от среды движения транспортного средства.

Варианты структур могут быть образованы путем различных подходов из обычных элементов систем (подсистем). При этом учитывается общая структура представления атрибутов системы на уровне подсистем [7] и структурные отличия систем топливопитания транспортных средств в зависимости от функций и уровня технизации [8]. Для получения вариантов структур используем многомерную классификацию систем топливопитания для двигателей и энергоустановок, работающих на металлизированном топливе [9]. Структуры итеративно конкретизируются путем прибавления информации, ограничивающей выбор.

Дальнейшая конкретизация структур возможна путем параметризации, последующей конкретизации параметров и расчетов критериев оптимальности с учетом ограничений. При этом решаются типовые уравнения и неравенства, отражающие взаимодействие элементов системы между собой и со средой, имеющие ограничения физические, технические, временные, организационные или стоимостные с учетом информации о критериях оптимальности. При параметрическом синтезе параметры системы разделяем на те, которые изменяются до момента приведения системы в состояние функционирования (конструктивные, в том числе – наладочные) и те, которые изменяются при функционировании системы (рабочие, технологические, в том числе – параметры режимов работы двигателя). Для изменяемых во время работы параметров ставятся в соответствие необходимые подсистемы

управления.

Последовательным выполнением указанных действий для множества возможных структурно различных вариантов системы формируется область оптимизации, в пределах которой выбирается комплексно оптимальное решение. Для него отрабатывается соответствующий алгоритм поведения системы в условиях различных сред. Таким образом, процесс создания системы представляет собой конечное множество шагов приведенного алгоритма на рис 1.

Синтез СТПЦДМТ для работы в различных средах

Используя рассмотренный алгоритм направленного синтеза систем топливопитания, синтезируем СТПЦДМТ, обеспечивающую движение транспортного средства по твердой поверхности и в воде.

Учитывая, что транспортное средство до 80% своего пробега движется по воде, используем забортную воду для получения водорода на его борту.

Интегральная структурная схема СТПЦДМТ для различных сред с применением указанного алгоритма представлена на рис.2.

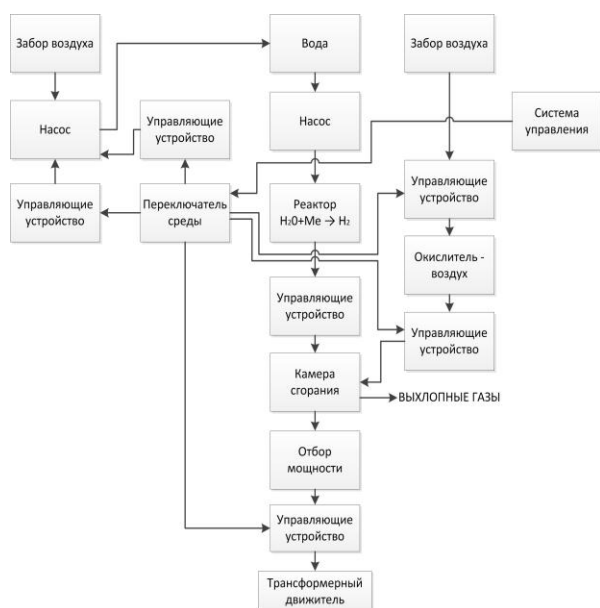


Рис. 2. Интегральная структурная схема СТПЦДМТ для различных сред

На схеме отражены взаимодействия элементов СТПЦДМТ, которая обеспечивает работоспособность двигательной установки в двух средах с двумя двигателями для твердой поверхности и воды.

Конструктивная схема содержит основные элементы: бак для воды, водородный реактор, в

котором происходит взаимодействие металлизированного топлива с водой для получения водорода, насосы, управляющие клапаны, в том числе обратный клапан, для отделения горючей смеси от водородного реактора.

На рис.3 представлен конструктивный вариант этой схемы.

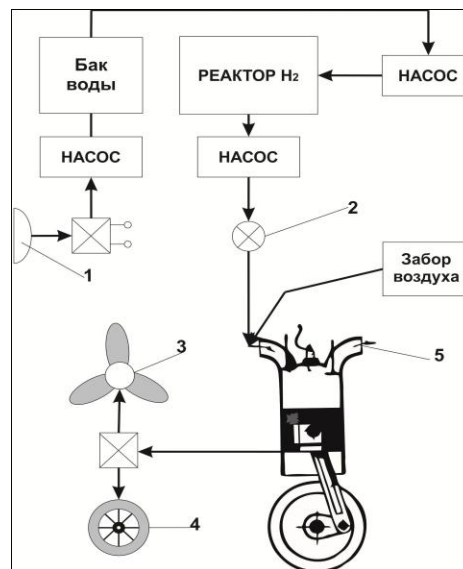


Рис. 3. Конструктивная схема СТПЦДМТ для различных сред:

1 – забор воды; 2 – запорный клапан; 3 – гребной винт; 4 – колесо; 5 – выхлоп

Особенностью схемы является использование забортной воды при движении по воде. Это позволяет использовать гидрореагирующие металлы в качестве энергоаккумулирующего вещества и дает в 2-3 раза большую выработку водорода по сравнению с известной схемой использования гидридов металлов.

Предложенная схема дает возможность получать водород прямо на борту транспортного средства в необходимом для движения количестве и уйти от решения проблемы хранения и транспортировки водорода, что может позволить транспортному средству быть максимально автономным при движении по воде.

Использование металлизированного топлива может дать высокую удельную энерговооруженность поршневому двигателю.

Синтезированная СТПЦДМТ может обеспечить максимальную дальность движения транспортного средства без дозаправки.

При принудительном искровом зажигании в камере сгорания поршневого двигателя водород стабильно воспламеняется с воздухом в широком диапазоне стехиометрических соотношений, что делает СТПЦДМТ устойчивой при работе на раз-

личных режимах двигателя.

Следует учитывать, что водородное топливо является экологически чистым, т.к. основным продуктом его сгорания является вода.

Основным несовершенством синтезированной СТПДМТ является недостаточная изученность рабочих процессов в водородном реакторе. Водородный реактор, как подсистема СТПДМТ, содержит в своей структуре множество элементов, взаимодействие которых требует дополнительных исследований. Основными исследованиями, которые необходимо провести, являются выявление кинетических физико-химических закономерностей процессов реагирования гетерогенных сред при различных температурах и поверхностях контакта реагирующих сред.

Таким образом, алгоритм направленного синтеза СТПДМТ позволяет выявлять недостающую для оптимизационного синтеза информацию и получать наиболее эффективный результат синтеза системы топливопитания указанного вида для работы в различных средах.

В случае необходимости, по этому алгоритму могут проектироваться вариативные, трансформерные, вариативно-трансформерные, поливариативные и другие виды СТПДМТ, которые будут иметь существенно возросшие значения диапазонов адаптации системы к условиям изменения внешней среды.

Заключение

Предложенная информационная технология процесса направленного синтеза систем топливопитания позволяет на регулярной основе создавать высокоэффективные СТПДМТ. Структурированный, модульный, итерационный алгоритм синтеза этих систем обеспечивает гибкость принятия решений и имеет способность к постоянному совершенствованию.

Использование предложенной технологии для решения задач повышения энерговооруженности и вариативности объектов мобильной техники при проектировании новых и модернизации существующих СТПДМТ позволяет выявить резервы повышения эффективности систем общего и специального назначения.

Список литературы:

1. Месарович М. *Общая теория систем: математические основы* / М. Месарович. – М.: Мир, 1978. – 311 с. 2. Миронович П.В. *О методе синтеза конструкций из подсистем*. – *Ракетная техника и космонавтика* / П.В. Ми-

ронович, А.Л. Хейл. – 1981. – № 9. С. 128–139. 3. Михайлов А.Н. *Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия* / А.Н. Михайлов. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 379 с. 4. Беловол А.В. *Новый подход к проектированию гибких технологических систем высокой и сверхвысокой производительности для машиностроения* / А.В. Беловол, Н.Э. Тернюк – *Авіаційно-космічна техніка і технологія*, 2003. – № 39/4. – С. 117-121. 5. Тернюк Н.Э. *Методология трехэтапного синтеза сложных систем* / Н.Э. Тернюк, В.Ф. Сорокин. – Сб. научных трудов ХНАДУ, Харьков, вып. 24. Харьков, 2008, С. 22-29. 6. Тернюк Н.Э. *Направленный синтез систем топливопитания двигателей, работающих на металлизированном топливе* / Н.Э. Тернюк, В.В. Бушнов // *Двигатели внутреннего сгорания*. – Х., 2012. – №2. – С. 125-131. 7. Тернюк Н.Э. *Законы развития техники и их применение при создании инноваций* / Н.Э. Тернюк – «Сучасні проблеми науки та освіти. матеріали 12-ї міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції». *международ. науч.-практ. конф.*, 27 кв. – 9 травня 2012р., – Х. Харк. Нац. ун-т ім. В.Н. Каразіна, , 2012, – С. 89-102 8. Тернюк Н.Э. *Выявление структурных отличий систем топливопитания энергоустановок транспортных средств* / Н.Э. Тернюк, В.В. Бушнов // *Автомобильный транспорт*. – Х., 2012. – №1. – С. 115-118. 9. Бушнов В.В. *Многомерная классификация систем топливопитания энергоустановок, работающих на металлизированном топливе* / В.В. Бушнов // *Сборник НАКУ «ХАИ» «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии»*. – Х., 2013. – №59. – С. 271-280.

Bibliography (transliterated):

1. Mesarovich M. *Obschaya teoriya sistem: matematicheskie osnovy* / M. Mesarovich – М.:Mir, 1978. – 311 s. 2. Mironovich P.V. *O metode sinteza konstruktiv iz podsystem*. – *Raketnaya tehnika i kosmonavtika* / P.V. Mironovich, A.L. Heyl. – 1981. – № 9. S. 128–139. 3. Mihaylov A.N. *Osnovy sinteza potочно-prostranstvennyh tehnologicheskikh sistem nepreryvnoogo deystviya* / A.N. Mihaylov. – Donetsk: DonNTU, 2002. – 379 s. 4. Belovol A.V. *Novyy podhod k proektirovaniyu gibkikh tehnologicheskikh sistem vyisokoy i sverhvyisokoy proizvoditel'nosti dlya mashinostroeniya* / A.V. Belovol, N.E. Ternyuk – *Aviatsijno-kosmichna tehnika i tehnologiya*, 2003. – № 39/4. – S. 117-121. 5. Ternyuk N.E. *Metodologiya trehetapnogo sinteza slozhnyh sistem* / N.E. Ternyuk, V.F. Sorokin. – *Sb. nauchnyh trudov HNADU, Harkov*, vyp. 24. Harkov, 2008, S. 22-29. 6. Ternyuk N.E. *Napravlenyj sintez sistem toplivopitaniya dvigatelej, rabotayuschih na metallizirovannom toplive* / N.E. Ternyuk, V.V. Bushnov // *Dvigateli vnutrennego sgoraniya*. – H., 2012. – №2. – S. 125-131. 7. Ternyuk N.E. *Zakony razvitiya tehniki i ih primenenie pri sozdanii innovatsij* / N.E. Ternyuk – «Suchasni problemi nauki ta osviti. materialy 12-yi mizhnarodnoyi mizhdistsiplinarnoyi naukovo-praktichnoyi konferentsiyi». *mezhdunar. nauch.-prakt. konf.*, 27 kv. – 9 travnya 2012 r., – H. Hark. Nats. un-t im. V.N. Karazina, , 2012, – S. 89-102 8. Ternyuk N.E. *Vyavlenie strukturnykh otlichij sistem toplivopitaniya energoustanoek transportnyh sredstv* / N.E. Ternyuk, V.V. Bushnov // *Avtomobilnij transport*. – H., 2012. – №1. – S. 115-118. 9. Bushnov V.V. *Mnogomernaya klassifikatsiya sistem toplivopitaniya energoustanoek, rabotayuschih na metallizirovannom toplive* / V.V. Bushnov // *Sbornik NAKU «HAI» «Otkrytye informatsonnye i kompyuternye integrirovannye tehnologii»*. – H., 2013. – №59. – S. 271-280.

Поступила в редакцию 31.05.2015 г.

Бушнов Валерий Васильевич – соискатель кафедры технологии машиностроения и ремонта машин, Харьковско-го национального автомобильно-дорожного университета, Харьков, Украина, e-mail: agrobirga@i.ua.

**ОПТИМІЗАЦІЙНИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМ ПАЛИВОЖИВЛЕННЯ ПОРШНЕВИХ ДВИГУНІВ,
ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА МЕТАЛІЗОВАНОМУ ПАЛИВІ**

V.V. Bushnov

Розглянуті питання застосування методу оптимізаційного тривіневого синтезу для систем паливоживлення поршневих двигунів, працюючих на металізованому паливі. Запропоновано алгоритм спрямованого синтезу цих систем. Синтезовані системи паливоживлення з різними функціями і різною мірою технізації. У тому числі сформована структура загального вигляду трансформерної системи. Системи зазначеного виду можуть бути використані в різних середовищах.

**THE OPTIMIZATION SYNTHESIS OF SYSTEMS OF GIVING OF THE FUEL
OF RECIPROCATORS WORKING ON METALLIZED FUEL.**

V.V. Bushnov

The questions of application of method of optimization three-level synthesis are considered for the systems fuel of feed of reciprocators working on a metal-backer fuel. The algorithm of the directed synthesis of these systems is offered. The systems are synthesized fuel of feed with different functions and different degree of teshnisation. The structure of general view is including formed of the tranceform system. The systems of the indicated kind can be used in different environments.