

## **СТРУКТУРА БАЗЫ ЗНАНИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ СОЗДАНИЯ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОЙ ТЯГИ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Рыжков В.В.

Самарский университет, г. Самара, ke\_src@ssau.ru

*Ключевые слова: база знаний, ракетный двигатель малой тяги, математические модели, графические пакеты, электронные версии технических решений, двигатели на различных физических принципах, виды коммуникаций с базой знаний.*

Создание сложных изделий ракетно-космической техники (РКТ), к которым относятся жидкостные ракетные двигатели, в том числе, малой тяги (ЖРДМТ), с применением современных компьютерных технологий предполагает использование базы знаний, включающей: основные сведения о параметрах, схемах ЖРДМТ, конструкторские решения составных частей двигателей различного целевого назначения в электронном виде, технический облик ракетных двигателей и др.

Электронная база знаний разрабатывается для обеспечения создания новых ЖРДМТ и позволяет выделить характерные технические решения, используемые в отдельно взятом изделии, проследить тенденции в ЖРДМТ строении по совокупности разработок, включая известные зарубежные двигатели, а также связать используемые в конкретном ЖРДМТ схемные решения и энергетические характеристики, что является важным при проектировании новых конструкций двигателей.

Особенностью разрабатываемой базы знаний является наличие составляющих ЖРДМТ, таких как, например, смесительных элементов, смесительных головок и других. Причем эту информацию можно использовать в двух вариантах. Первый – заимствовать известное техническое решение и интегрировать его в новую разработку, второй – использовать основную идею технического решения и на этой основе строить собственную разработку.

Первая составляющая структуры базы знаний – различные программные продукты для инженерного анализа: расчётные математические модели рабочего процесса ЖРДМТ (составляющих рабочего процесса).

Следующая составляющая структуры базы знаний, позволяющая осуществить процесс проектирования ЖРДМТ в среде одного из современных графических пакетов, с учетом компьютерной среды разработки, базовых приёмов проектирования, возможностей выпуска конструкторской документации в соответствии с ГОСТами, действующими на территории России и других особенностей программного обеспечения.

Далее следует составляющая структуры базы знаний, объединяющая электронные версии известных технических решений в области ЖРДМТ, что позволит получить информацию о двигателях различного назначения; жидкостных ракетных двигателях малой тяги на различных компонентах топлива; принципиальных схемах двигателей; двигателях, рабочий процесс которых организован на различных физических принципах; двигателях с различными параметрами и типами сопел; зарубежных двигателях; технических решениях элементов смешения (смесительных головок), вспомогательных агрегатов и т.д.

Завершающая составляющая базы знаний объединяет сведения о ЖРДМТ, которые по каким-либо причинам не нашли практического применения в объектах ракетно-космической техники, а также дополнительную информацию. Так, представляют интерес решения, принятые в двигателях, которые по схемам, параметрам и другим критериям опережали свое время.

Целенаправленный поиск результатов исследований, их структурирование и обеспечение к ним доступа разработчиков через специальную базу знаний позволит создавать ЖРДМТ нового поколения с более высокими параметрами, высокой надёжностью и улучшенными энергомассовыми показателями.

В качестве примера рассмотрим, представленный в базе двухкомпонентный жидкостный ракетный двигатель малой тяги ЭД-200-1. Производитель – Самарский университет.

На основании предложенных способов, физических и математических моделей организации рабочего процесса жидкостных ракетных двигателей малой тяги, реализующих жидкофазное взаимодействие самовоспламеняющихся компонентов топлива, полученных количественных параметров жидкофазных (ЖФПП) и газофазных (ГФПП) промежуточных продуктов, предложен ряд перспективных схем смесеобразования в ЖРДМТ различных уровней тяги, выполненных на базе клиновых, струйных, центробежных и комбинированных смесительных элементов. Разработанные экспериментальные образцы с клиновыми смесительными элементами показали высокую полноту сгорания: коэффициент расходного комплекса составляет ( $\varphi_{\beta} = 0,92 \dots 0,94$ ), максимальная температура стенок камеры сгорания в непрерывном режиме работы не превышала  $T_{kc}^{max} \leq 1000^{\circ}C$  при приведённой длине камеры  $L^* \leq 0,25$  м.

В базе знаний собрана информация в виде схем, конструкций и данных по составным частям жидкостных ракетных двигателей малой тяги в следующей последовательности: информация по воспламенительным устройствам; информация по элементам смесеобразования; информация по смесительным головкам; информация по элементам тепловой защиты; информация по составляющим двигателей и др.

Учитывая, что проблемных вопросов в жидкостных ракетных двигателях малой тяги достаточно много: в выборе схемных решений двигателя, надежности систем, составляющих рабочего процесса в камере сгорания и соплах, а также ряда других, информация должна быть определенным образом структурирована.

Предполагая, что основная тенденция развития базы знаний в области ЖРДМТ – это увеличение информации как по видам знаний, так и по уровням, одной из серьёзных проблем становится вопрос организации коммуникаций с базой (разделами базы).

Предусмотрена работа с базой знаний по поиску необходимой информации в одном из трех режимов: поиск информации по идентификационному номеру; поиск информации по «ключевым словам»; поиск информации по всей базе знаний.

База знаний, в том числе, по жидкостным ракетным двигателям малой тяги и их составляющим: фрагменты изделий, функциональные, конструктивные и технологические элементы для проектирования двигателей должны регулярно пополняться и это является основным критерием их востребованности.

Предполагается, что база знаний станет составной частью технологической цепочки по проектированию жидкостных ракетных двигателей малой тяги.

Предложенная структура базы знаний не является статичной и может видоизменяться для удобства использования в процессе создания жидкостных ракетных двигателей малой тяги.

Структура информации по жидкостному ракетному двигателю малой тяги включает: индекс двигателя (для зарубежных ЖРДМТ – страна разработчик), принципиальную схему, общий вид и технические характеристики.

В настоящее время подготовлена электронная версия базы знаний. При этом в электронном виде представлено около 100 ЖРДМТ и их составных частей.

#### Сведения об авторе

Рыжков Владимир Васильевич, канд. техн. наук, научный руководитель Научно-исследовательского центра космической энергетики. Область научных интересов: рабочие процессы в ЖРДМТ.

# **KNOWLEDGE BASE STRUCTURE TO SUPPORT THE DEVELOPMENT OF LOW THRUST LIQUID-PROPELLANT ROCKET ENGINES BASED ON COMPUTER TECHNOLOGY**

V. V. Ryzhkov

Samara National Research University, Samara, Russia, ke\_src@ssau.ru

*Keywords: Knowledge base, low thrust rocket engine, mathematical models, graphics programs, electronic versions of technical solutions, engines based on various physical principles, types of interactions with the knowledge base.*

Some data on the knowledge base to support the development of low-thrust liquid-propellant rocket engines using computer technologies are presented. The structure of the base is proposed based on the characteristic features of engines, including purpose, fuel components, physical principles of organizing the working process of engines, etc. The presence in the database of electronic versions of schematic diagrams, technical appearance and the main achieved characteristics will allow at the design stage of new products to choose effective design solutions, which in the future will lead to the required parameters and characteristics of the developed low-thrust rocket engines. The appearance of the engine used in the database will allow assessing the possibilities of the technical solution used in the design. Given the growing volume of the knowledge base on low-thrust rocket engines, some types of communications are presented that will allow you to quickly find the information you are looking for, after which you will only need the embedded data at the initial stages.