

КОМПЛЕКСНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ – СИЛОВАЯ УСТАНОВКА»

Зиненков Ю.В.

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, yura2105@mail.ru

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, авиационная силовая установка, математическая модель, программирование.

На всех стадиях жизненного цикла сложных технических систем для решения широкого круга задач инженеры используют математические модели, описывающие процессы и законы их функционирования. Математическое моделирование (ММ) таких систем требует от исследователя комплексных знаний в области смежных дисциплин в данной предметной области, в совокупности с навыками в моделировании систем и процессов, алгоритмизации и программировании, владения синтаксисом языка программирования и численными методами решения задач в среде программирования и многое другое. При всей этой сложности молодому исследователю непросто найти для себя в ММ на уровне программирования, к тому же финансирование в разработку узкоспециализированных отечественных программных продуктов в нашей стране слабо мотивирует молодых специалистов развиваться в этом направлении. Поэтому зачастую, он решает подобные задачи с использованием уже готовых программных продуктов без внесения собственного вклада в развитие отечественной школы программирования, что неблагоприятно сказывается на ее развитии. Исходя из этого, работы, в которых заложена разработка собственных программных продуктов для решения инженерно-прикладных задач, являются значимыми и актуальными для отечественной науки.

В докладе представлена разработанная автором комплексная математическая модель (КММ), предназначенная для проведения расчетно-теоретических исследований параметров и характеристик беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с использованием методов ММ. В представляемой КММ исследуемый БПЛА формализуется в виде сложной технической системы «Беспилотный летательный аппарат – Силовая установка», в которой рабочий процесс авиационной силовой установки (СУ) может моделироваться со всеми схемами турбореактивных двигателей прямой и непрямой реакции в составе летательного аппарата самолетного типа.

При разработке КММ реализованы следующие подходы программирования: блочная структура модели; использование стандартных математических методов и вспомогательных библиотек, подпрограмм и функций; заданная точность результатов; минимальное время расчета характеристик при высокой стабильности; универсальность; разовое задание исходных данных и др.

Структурно, в разработанной КММ можно выделить четыре ключевых модуля, последовательно взаимодействующих между собой:

1. Модуль расчета авиационной СУ. Обеспечивает получение требуемых параметров и характеристик двигателя на расчетном и нерасчетном режимах его работы во всем диапазоне высот и скоростей полета при разовом задании исходных данных [1-4].

2. Модуль аэродинамических характеристик БПЛА. Требуется наличия «внешних» (по отношению к КММ) файлов, содержащих либо зависимости производной коэффициента подъемной силы по углу атаки, коэффициента лобового сопротивления и коэффициента отвала полярности от числа M полета; либо зависимость коэффициентов подъемной силы и лобового сопротивления от числа M полета и угла атаки.

3. Модуль расчета диапазона высот и скоростей прямолинейного горизонтального полета. Определяет линии ограничений области применения БПЛА по минимально- и максимально-допустимым скоростям и максимальной высоте полета (границы статических и динамических потолков) [5].

4. Модуль расчета массового баланса БПЛА. Выполнен на основе решения уравнения существования летательного аппарата. Здесь укрупнено взлетная масса БПЛА представляет собой сумму следующих составляющих:

$$m_0 = m_{\text{сн}} + m_{\text{т}} + m_{\text{пн}} + m_{\text{су}}, \quad (1)$$

где: $m_{\text{сн}}$ – масса снаряженного БПЛА (условно – без учета массы СУ);

$m_{\text{т}}$ – масса запаса топлива на борту БПЛА;

$m_{\text{пн}}$ – масса полезной нагрузки;

$m_{\text{су}}$ – масса СУ.

5. Модуль расчета летно-технических характеристик БПЛА. Рассчитывает тракторные параметры полета самолета по участкам, согласно сформированной исследователем программе. Расчет производится путем интегрирования системы из пяти дифференциальных уравнений первого порядка, описывающих движение центра масс самолета, как материальной точки без скольжения в вертикальной плоскости. При этом реализованы следующие этапы полета: взлет; набор высоты; полет по потолкам; горизонтальный полет; разгон; торможение; снижение; сброс полезной нагрузки; возврат; посадка [5].

Таким образом, разработанная КММ обеспечивает проведение комплексных расчетно-теоретических исследований по формированию предварительного технического облика и оценке эффективности авиационных СУ на базе газотурбинных двигателей прямой и непрямої реакции по критериям эффективности самолетного уровня.

Список литературы

1. Бутов А.М., Козарев Л.А. Математическое моделирование рабочего процесса авиационных двигателей. М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1993. 143 с.
2. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М., Котовский В.Н., Полев А.С. Теория авиационных двигателей. Ч. 1. М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2006. 366 с.
3. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М., Котовский В.Н., Полев А.С. Теория авиационных двигателей. Ч. 2. М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2007. 448 с.
4. Варуха И.М., Бычков В.Д., Смоленский Е.Л. Практическая аэродинамика самолета АН-12. М.: Транспорт. 1971. 180 с.
5. Матвиев Г.Я., Свиридов Н.А. Динамика полета. Расчет летных характеристик самолета. М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2004. 40 с.

Сведения об авторе

Зиненков Юрий Владимирович, канд. техн. наук, докторант кафедры авиационных двигателей. Исследования в области формирования облика и оценки эффективности силовых установок летательных аппаратов различного назначения.

COMPLEX MATHEMATICAL MODEL OF A TECHNICAL SYSTEM «UNMANNED AERIAL VEHICLE-POWER PLANT»

Zinenkov Y.V.

Military Educational and Scientific Center of the Air Force «Air Force Academy named after N.E. Zhukovskiy and Y.A. Gagarin», Voronezh, Russia, yura2105@mail.ru

Keywords: unmanned aerial vehicle, aviation power plant, mathematical model, programming.

The report presents a complex mathematical model developed by the author of a complex technical system «Unmanned aerial vehicle - power plant». This mathematical model is intended for carrying out complex computational and theoretical studies to evaluate the effectiveness of aircraft-type unmanned aerial vehicles with aircraft power plants based on direct and indirect reaction turbojet engines of various schemes.