

КОМПОНЕНТНЫЙ АНАЛИЗ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Институт электроники и систем управления НАУ, e-mail: fsu@nau.edu.ua

Рассмотрен компонентный анализ беспилотных летательных аппаратов с точки зрения системного похода. Определены уровни иерархии беспилотных летательных аппаратов. Разработана методология декомпозиции процесса оптимального проектирования. Предложена структурная схема бортового оборудования.

Ключевые слова: оптимальное проектирование, беспилотные летательные аппараты, компонентный анализ, системный подход, декомпозиция.

Введение. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) являются не просто новым классом летательных аппаратов, а качественно новым, более высоким уровнем не только военной, но и гражданской авиации. Работы по созданию БПЛА проводятся в связи с постоянным повышением требований к их летным характеристикам. В сложившихся условиях очень важным является всестороннее теоретическое исследование БПЛА с использованием системного подхода, а также применение новых моделей и алгоритмов для решения проблемных вопросов, неизбежно возникающих в процессе его проектирования.

Анализ проблем. Структуру организационно-технической системы (ОТС) беспилотной авиации с учетом требований системного подхода можно представить в иерархическом трехуровневом виде (рис. 1), где на первом (нижнем) уровне сложных технических систем находится БПЛА, на втором уровне – беспилотный авиационный комплекс (БАК), на третьем уровне ОТС техническое звено объединяется с эргатическим. Такое представление для структуры ОТС беспилотной авиации позволяет с единых позиций трактовать понятия БПЛА, БАК и их составляющих элементов, а также определять их взаимосвязи [1].

В составе эргатического звена можно выделить следующие основные элементы: руководитель – лицо, принимающее решения, операторы управления БПЛА и обслуживающий персонал комплекса.

Кроме БПЛА, в состав БАК входят средства: связи и управления, наземного обслуживания, запуска, посадки, спасения, транспортировки и хранения (рис. 1).

Рассмотрим составляющие БАК (рис. 1) и дадим их краткую характеристику.

Средства связи и управления – совокупность технических средств, предназначенных для обеспечения взлета, посадки, полета БПЛА (дистанционно пилотируемого летательного аппарата – ДПЛА) по заданному профилю и маршруту в автоматическом или автоматизированном режимах, а также для управления процессами применения бортового оборудования. В состав бортового оборудования БПЛА входят средства получения и передачи разведывательной (мониторинговой) информации. При этом такая информация может доставляться потребителям и сниматься после возвращения БПЛА на место базирования или, для повышения оперативности, ретранслироваться в полете на пункт наземного (надводного, воздушного) управления.

Пункт (пульт) управления БПЛА (ДПЛА) – наземные (корабельные, воздушные) технические средства управления БПЛА (ДПЛА) и его специальное оборудование, средства обработки полетной, разведывательной и другой информации.

Оператор управления БПЛА (ДПЛА) – специалист, осуществляющий с помощью технических средств управление БПЛА (ДПЛА) и его оборудованием на предусмотренных заданием этапах полета.



Рис. 1. Организационно-техническая система на основе БАК

Целевое оборудование (целевая нагрузка) БПЛА – бортовые технические средства, предназначенные для выполнения задач БПЛА по его назначению: средства разведки, радиоэлектронной борьбы, целеуказания, ретрансляции, имитации воздушных целей, поисково-прицельное оборудование (дневная и инфракрасные камеры (ИИК)) и др. (рис. 2). Часто к целевой нагрузке БПЛА военного назначения относят и его боевую нагрузку (вооружение) [1].

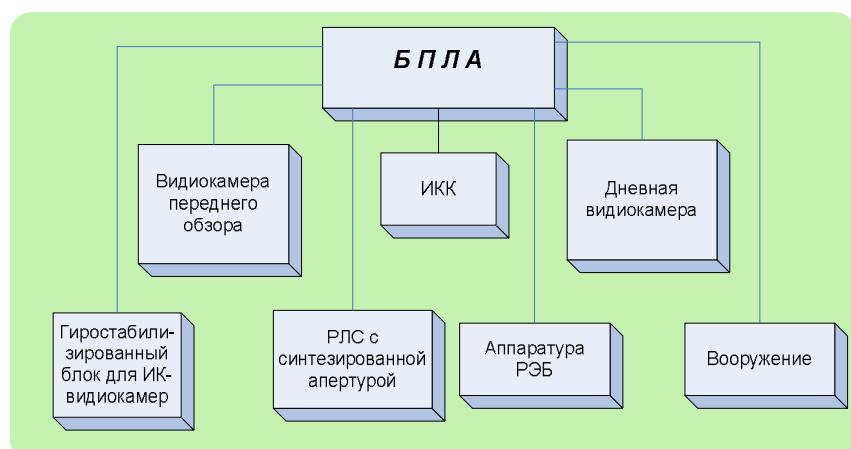


Рис. 2. Основная целевая нагрузка БПЛА

Боевая нагрузка (вооружение) ударного истребительного или многоцелевого БПЛА – авиационные управляемые и неуправляемые средства поражения, его стрелково-пушечное вооружение, средства защиты (например, тепловые ловушки) и др. Состав целевой нагрузки БПЛА в значительной степени зависит от решаемых им задач, класса БПЛА и др.

Средства специального обеспечения включают средства запуска, спасения и посадки, средства транспортировки и хранения.

Состав основных элементов комплекса *средств наземного обслуживания* БПЛА может значительно варьироваться в зависимости от их функционального назначения и специфики решаемых задач. Так, например, в состав средств подготовки полетного задания могут входить средства для подготовки и снаряжения средствами поражения (для БПЛА ударного типа), средства защиты (для всех типов БПЛА), постановки помех (для БПЛА радиоэлектронного противодействия) и др.

В состав средств послеполетного обслуживания для БПЛА разведывательного типа входит наземный комплекс обработки разведывательной информации и т. д.

На основе функционально-структурного анализа существующих конструкций БПЛА, который приведен в качестве основных подсистем БПЛА, приняты целевой груз (ЦГ), система автоматического управления (САУ), двигательная установка (ДУ), бортовые источники энергии (БИЭ) и планер, образованные по функциональному признаку из функциональных элементов более низкого уровня, как показано на рис. 3.

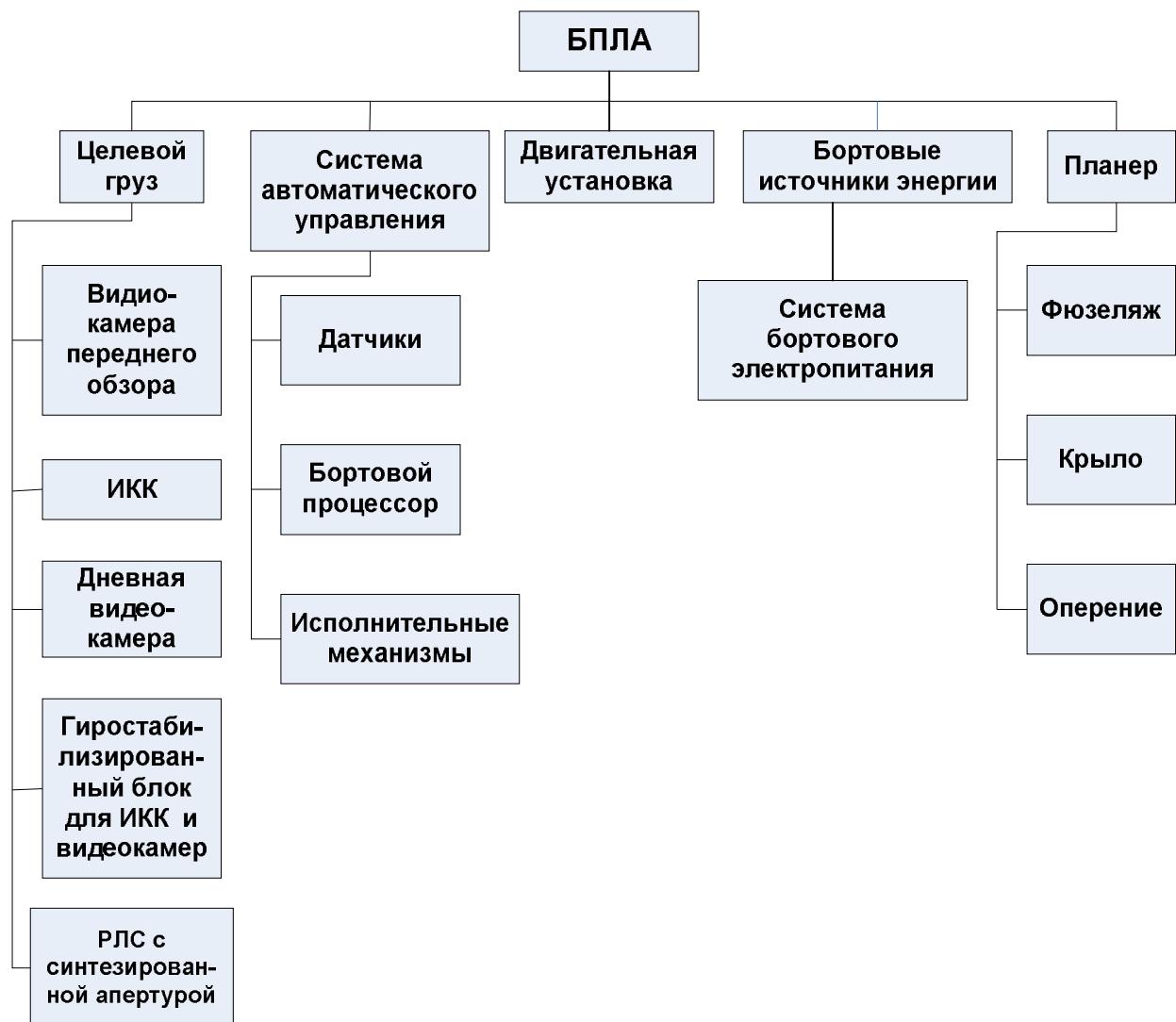


Рис. 3. Иерархическая схема декомпозиции БПЛА

Согласно рис. 3 первый уровень иерархии составляет проектируемый БПЛА в целом.

Второй уровень иерархии занимают основные подсистемы и сборочные единицы БПЛА, в том числе ЦГ, СУ, ДУ, БИЭ и планер.

Третий уровень иерархии составляют функциональные элементы подсистем БПЛА: видеокамера переднего обзора, ИКК, дневная видеокамера, гиростабилизированный блок для ИКК и видеокамер, радиолокационные станции с синтезированной апертурой, датчики, бортовой процессор (БП), исполнительные механизмы, система бортового электропитания, фюзеляж, крыло и оперение.

Из вышеприведенного анализа следует, что практическая реализация системного подхода к проектированию облика БПЛА состоит в проработке БПЛА на уровне БАК, собственно БПЛА и подсистем БПЛА.

Поскольку подсистемы БАК, в том числе и исследуемый БПЛА, могут иметь достаточно много внешних и внутренних связей, описываемых огромным количеством переменных параметров, то вычисление всех необходимых для данной проектной задачи критериев и функциональных ограничений с помощью имеющейся системы математических моделей является проблематичным. Чтобы снизить количество переменных параметров до минимально возможного приходится разбивать общую задачу проектирования облика БПЛА на этапы путем введения иерархии проектного описания по уровням детализации. Реализация иерархии проектного описания сложной технической системы выполняется процедурой последовательного агрегирования, соответствующей ей математической модели, как показано в работе [2]. В связи с этим решение общей задачи оптимального проектирования облика БПЛА можно представить как процесс последовательного решения частных взаимосвязанных оптимизационных задач, расположенных на различных уровнях иерархии, как показано на рис. 4.

В соответствии с приведенной на рис. 4 схемой проектирование облика БПЛА начинается с наиболее агрегированного уровня иерархии, на котором выбираются наиболее общие проектные характеристики БАК. На втором уровне иерархии выбираются наиболее общие проектные характеристики БПЛА и других подсистем БАК. На третьем уровне иерархии выбираются проектные параметры подсистем БПЛА. Процесс проектирования следует вниз по уровням, пока не будет получено полное описание облика БПЛА.

Особенность показанной на рис. 4 схемы проектирования облика БПЛА состоит в том, что проектные характеристики, полученные на верхних уровнях проектного поиска, могут являться требованиями, ограничениями и исходными данными при выборе проектных характеристик на нижних уровнях. Кроме того, задачи проектирования, указанные в схеме на рис. 4, также многоуровневые (как минимум двухуровневые). Первый уровень – решение схемной (структурной) задачи, второй – параметрическое проектирование выбранной схемы.

Основные элементы бортового оборудования БПЛА приведены на рис. 3.

Бортовое оборудование БПЛА обеспечивает автоматическое, или по командам пункта дистанционного управления формирование сигналов стабилизации и управления полетом, сигналов управления устройствами полезной нагрузки, сохранение и передачу на наземный пункт управления (НПУ) информации о полете, о состоянии бортового оборудования и необходимую информацию от устройств полезной нагрузки.

Структурная схема бортового оборудования БПЛА приведена на рис. 5. В состав бортового оборудования входит:

- блок датчиков с интегрированной спутниковой навигационной системой;
- система автоматического управления;
- командный радиоканал;
- передающее устройство информационного канала;
- система электропитания.

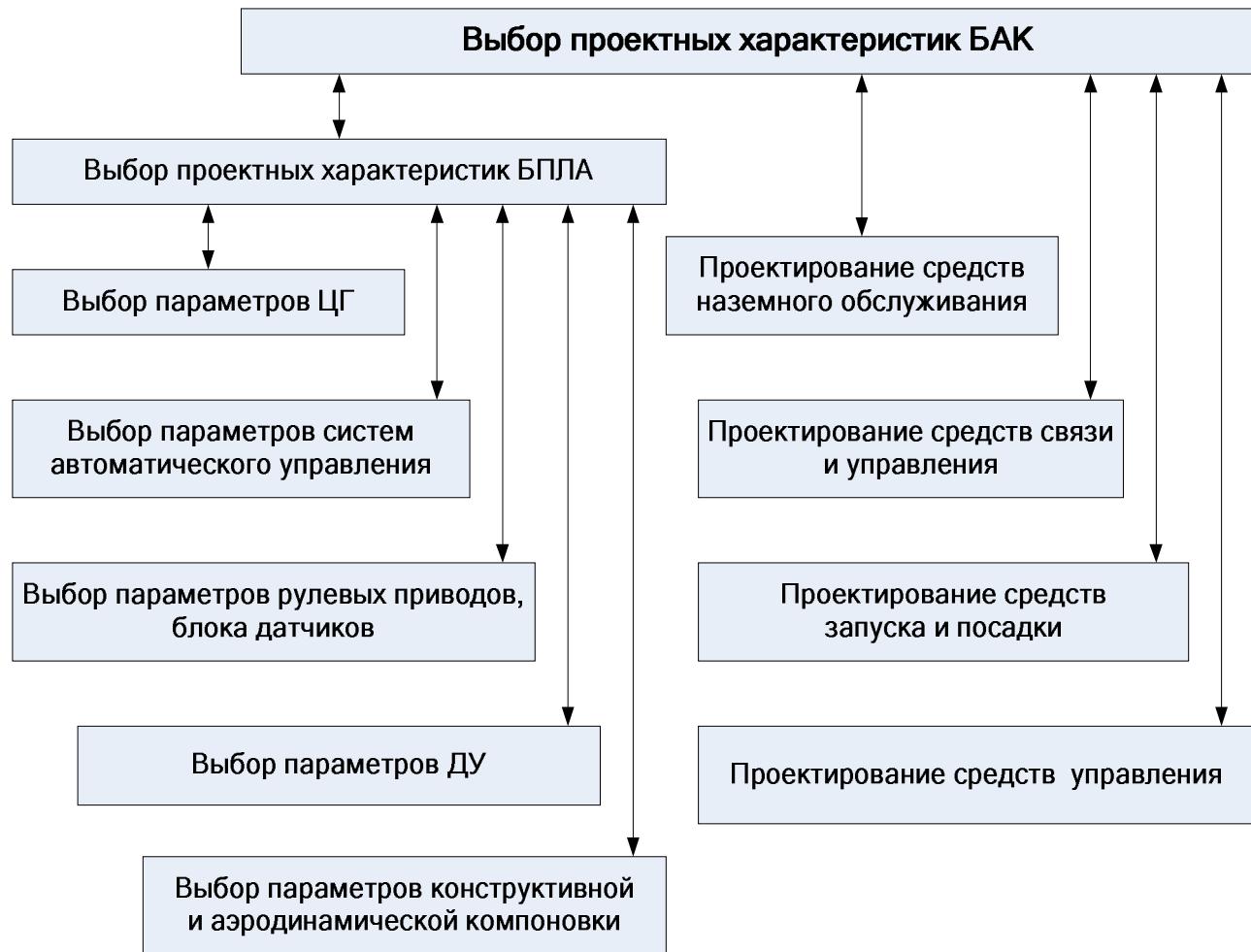


Рис. 4. Декомпозиция процесса оптимального проектирования облика БПЛА с позиции системного подхода

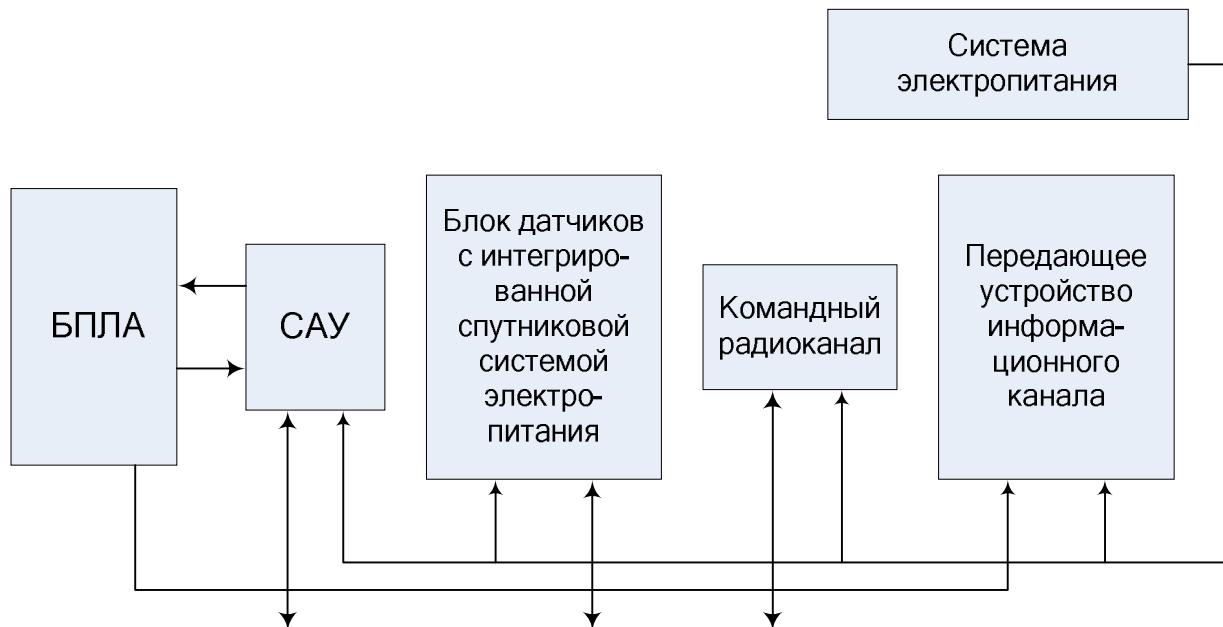


Рис. 5. Мультиплексный канал последовательного обмена

Структурные единицы объединены последовательным CAN-интерфейсом, который допускает подключение дополнительных потребителей.

Блок датчиков с интегрированной спутниковой навигационной системой предназначен для получения информации о параметрах, характеризующих поступательное и вращательное движение центра масс при полете БПЛА.

Поступательное движение характеризуется координатами и их производными во времени, вращательное – углами и их производными во времени.

В блоке датчиков реализуется комбинированный метод навигации, основанный на рациональном взаимодействии бесплатформенной инерциальной и спутниковой систем навигации.

Блок датчиков состоит из трехкоординатных модулей датчиков, вычислительного ядра на микропроцессоре, GPS-приемника, схем согласования уровней и источников питания.

Координатные модули установлены в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, совпадающих с осями X , Y , Z БПЛА, что позволяет получить информацию об ускорении по каждой оси и об угловой скорости вращения вокруг каждой оси.

Приемник предназначен для определения текущих значений координат (широты, долготы, высоты) вектора скорости БПЛА, а также текущего времени по сигналам спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС, GPS, SBAS.

Система автоматического управления предназначена для решения следующих задач:

- стабилизация траектории полета БПЛА;
- формирование управляющих воздействий на рулевые приводы;
- ввод поправок в полетное задание;
- управление оборудованием полезной нагрузки;
- формирование телеметрической информации и передача ее на НПУ;
- регистрация параметров полета в бортовом накопителе.

Система автоматического управления состоит из:

- процессорной платы;
- платы управления сервоприводами;
- платы управления оборудованием полезной нагрузки;
- платы контроллера CAN-канала;
- регистратора для накопления и хранения полетной информации.

Командный радиоканал предназначен для дистанционного управления БПЛА и обеспечивает:

- связь БПЛА с НПУ;
- прием с НПУ команд управления устройствами БПЛА и полезной нагрузки;
- передачу на НПУ телеметрической информации;
- обмен по мультиплексному CAN-каналу;

Командный радиоканал состоит из:

- контроллера CAN-канала;
- радиомодема;
- приемопередающей антенны.

Информационный радиоканал предназначен для передачи на НПУ видеозображения (видеокамера, тепловизор, фотоаппарат и т. п.).

Информационный радиоканал состоит из радиомодема и дипольной антенны.

Приведенная на рис. 5 структура имеет открытую архитектуру и может служить ядром (постоянной частью) бортового оборудования БПЛА. Сменная часть бортового оборудования специального назначения, которая имеет состав, соответствующий конкретным БПЛА и его задачам, подключается к ядру по CAN-интерфейсу или по

аналоговым и дискретным входам и выходам.

В состав бортового оборудования также входит алгоритмическое и программное обеспечение. Для его разработки определяются аэродинамические характеристики БПЛА с уточнениями в процессе продувок в аэродинамической трубе. Качество алгоритмического и программного обеспечения во многом определяет эффективность использования БПЛА.

Выводы. Выполнен компонентный анализ БПЛА. Рассмотрены организационно-техническая система БАК, иерархическая система декомпозиции БПЛА. Выполнена декомпозиция процесса оптимального проектирования БПЛА с позиций системного похода.

Список литературы

1. *Ильюшко В. М.* Беспилотные летательные аппараты. Методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик / М. М. Митрахович, А. В. Самков, В. И. Силков и др. – К.: Изд. «Аванпост прим», 2009. – 302 с.
2. *Краснощеков П. С.* Информатика и проектирование. Математика, кибернетика / А. А. Петров, В. В. Федоров – М.: Знание. – 1986. – №10. – 47 с.

Р. К. Кадем

Компонентний аналіз безпілотних літальних апаратів

Розглянуто компонентний аналіз безпілотних літальних апаратів з точки зору системного підходу. Визначено рівні ієархії безпілотних літальних апаратів. Розроблено методологію декомпозиції процесу оптимального проектування. Запропоновано структурну схему бортового устаткування.

R. K. Kadhim

Component analysis of unmanned aerial vehicles

It was considered the component analysis of pilotless vehicle from the point of system approach view. Was determined the methodology of decomposition of optimal design process. Was proposed structural scheme of board equipment.