

Зосимович Н.В., Мазур В.И.

## СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДПЛА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРИРОДОРЕСУРСНОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*На основании метода структурно-параметрического проектирования предложена методика проектирования состояния бортовых систем, наземных систем управления и компоновка информационно-управляющего поля наземного комплекса управления дистанционно-пилотируемыми летательными аппаратами для оперативного природоресурсного и экологического мониторинга окружающей среды.*

### **Введение**

Использование дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов (ДПЛА) позволяет получить ценную информацию о состоянии природных ресурсов, экологической и технологической ситуации, в особенности в труднодоступных и опасных местах (крона лесов, снежная и селевая обстановка, места гнездовья птиц, миграции животных, рыб, вредные техногенные выбросы, места повышенной радиационной опасности и др.). В сравнении с традиционными - пилотируемыми летательными аппаратами (ЛА), ДПЛА (в литературе используется и еще другое название - беспилотные летательные аппараты (БПЛА), имеет ряд очевидных преимуществ: значительно меньшие массово-габаритные и стоимостные характеристики, компактность и простота производства, эксплуатации и ремонта, возможность осуществления взлета и посадки в неподготовленных местах (взлет с помощью наземного или воздушного носителя, с помощью стартового ускорителя, посадка с парашютом), незначительные расходы топлива, энергии и небольшой негативный wpływ на окружающую среду (шум, выбросы и др.). Следует заметить, что для решения многих задач в Украине и за рубежом использование таких ЛА является чрезвычайно актуальным.

### **Постановка задачи**

В настоящее время методы структурно-параметрической оптимизации позволяют определить оптимальные значения параметров технической системы при заданной структуре ДПЛА [1]. Задачи по-

иска рациональной структуры информационной системы (ИС) относятся к классу обратных задач. Если при решении прямых задач исследуют заданную структуру объекта, определяя его физическое состояние, то при решении обратных задач синтезируют структуру объекта, которая реализует потребное физическое состояние оптимальным образом. Полной формализации эти задачи не поддаются, так как полный набор требований к КТР не формализуем. В этих условиях необходимо разработать системы моделей, имитирующих функционирование ИС ДПЛА, и процедуры диалога конструктора с имитационными моделями. Эта задача не столько техническая, сколько научная [2]. Следовательно, необходимо иметь согласованные декомпозиционные схемы задач проектирования и структуры объекта проектирования - ИС.

### **Анализ публикаций**

Возможность создания подобных ЛА и их ИС обусловлена достигнутыми успехами в области композиционных материалов [3], экономичных двигателей низкой стоимости [4], микроэлектроники [5], датчиков [12], систем навигации [13], средств сбора и передачи данных [6]. Новые устройства могут использоваться на таких аппаратах в виде недорогих малогабаритных блоков. ДПЛА могут использоваться и в народном хозяйстве, в частности для управления воздушным движением, регулирования движения транспорта, обнаружения лесных пожаров, обработки сельскохозяйственных культур, поисковых операций и др. [7].

**Структурно-параметрическое проектирование компьютерного индикатора состояния бортовых систем ДПЛА для оперативного природоресурсного и экологического мониторинга окружающей среды**

Компьютерный индикатор состояния бортовых систем ДПЛА для оперативного природоресурсного и экологического мониторинга окружающей среды является многофункциональным индикатором, который позволяет отображать следующую параметрическую информацию:

– работу двигательной установки и ее систем, а также сведения об отказах, рекомендациях и мерах по их устранению;

– состояние бортовых систем (навигации, связи, обзорной системы, а также дополнительных сведений и рекомендаций в критических ситуациях).

Индикатор работает в автоматическом режиме. В таком режиме любой отказ в системах приводит к включению сигнальной системы и появлению в центре экрана схемы соответствующей системы с инструкцией по выполнению необходимых действий в аварийной или нестандартной ситуациях. Основные структурно-параметрические варианты форматов экрана индикатора:

1. Дополнительные показатели двигательной установки.

2. Система электроснабжения.

3. Топливная система.

4. Система управления полетом.

5. Специальная (мониторинговая) система.

На индикатор состояния систем выводится следующая предупреждающая информация: третьей степени – в виде мигающего символа (флажка), второй и первой степени – в виде символа (флажка) с непрерывным сечением. Предупреждения при автоматическом отображении на экране имеют различный приоритет: сигналы опасности второй степени имеют больший приоритет по сравнению с сигналами опасности первой степени. В случае возникновения отказов одинаковой степени в различных системах последова-

тельность выдачи сигналов предупреждения определяется иерархией системы [8]. В случае возникновения нескольких отказов в одной системе последовательность выдачи сигналов предупреждения определяется степенью опасности отказов на функционирование системы в целом или на условия полета.

Таким образом, при отображении информации на компьютерном аналоге индикатора состояния бортовых систем используется автоматический приоритетный выбор наиболее важных сообщений.

Представление параметрической информации в буквенно-цифровой и графической форме обеспечивает большую информационную емкость, однако в ряде случаев структурно восприятие информации может быть затруднено [9]. В связи с этим перспективным является представление структурно-параметрической информации о состоянии бортовых систем в картинной форме. На индикаторе может даваться графическое изображение контура ЛА и его систем с цифровыми данными о времени и расстоянии, которые реализуются при имеющемся запасе топлива. Пустые баки обозначим желтым цветом, баки с топливом – голубыми, красными крестами – отказавшие системы, значками разного цвета – открытые и закрытые различные системы и датчиков ДПЛА для оперативного природоресурсного и экологического мониторинга окружающей среды. Эффективным может быть использование плоских экранов матричного типа на плазменных элементах, жидких кристаллах и др. Такие экраны по светотехническим характеристикам, разрешающей способности и возможностям цветопередачи имеют преимущества перед электронно-лучевыми в потреблении энергии и небольших размерах по глубине.

**Основы структурно-параметрического проектирования наשלемных систем управления ДПЛА для оперативного природоресурсного и экологического мониторинга окружающей среды**

Нашлемные системы управления ДПЛА служат для повышения эффективности деятельности человека в качестве

оператора авиационных комплексов. Разработаны нашиваемые системы различного назначения, из них основными являются нашиваемые системы целеуказания (НСЦ) и нашиваемые системы индикации (НСИ) [10]. НСЦ обеспечивает за счет поворота головы оператора ДПЛА визуальный контакт с объектом, находящимся под значительным пеленгом, например, вне поля обзора компьютерного индикатора на лобовом стекле, что увеличивает скорость реагирования в процессе целеуказания. Разновидностью НСЦ является нашиваемая система переключения приборного кабинного оборудования, а НСИ – нашиваемая система визуальной связи операторов [8].

Нашлемная система оператора ДПЛА состоит из шлема с размещенной на нем аппаратурой индикации с оптическим каналом, системы определения положения головы с электронным блоком и цепей передачи команд целеуказания. Обязательным элементом нашиваемой системы является генератор символов, обеспечивающий формирование пилотажно-навигационной информации в буквенно-цифровой, графической и символьной форме. НСЦ имеет наиболее простое индикаторное устройство в виде прицельного перекрытия или прицельной сетки. НСИ и НСЦИ имеют электронные индикаторы, выполненные на миниатюрных электронно-лучевых трубках или в виде светодиодной матрицы. По оптическому каналу изображение с индикаторов передается в поле зрения глаза и формируется сфокусированным на бесконечность на специальном, закрепленном на шлеме полупрозрачном небольшом экране, либо непосредственно на полупрозрачном смотровом щитке шлема оператора ДПЛА, позволяющих одновременно наблюдать окружающей пространство и на его фоне необходимую символику. В некоторых схемах НСИ и НСЦИ могут использоваться «закрытая» схема индикатора [8], когда в один глаз попадает только изображение индикатора и этим глазом нельзя наблюдать окружающее пространство, которое наблюдается другим глазом, свободным от индикатора. По мнению

специалистов, неодинаковая нагрузка на глаза может вызвать головные боли [10].

Размещение ЭЛТ на шлеме нежелательно из-за опасного высокого напряжения, довольно значительной массы и больших размеров. ЭЛТ выносятся со шлема, а информация с нее передается на смотровой щиток посредством волоконно-оптических жгутов (рис. 1).

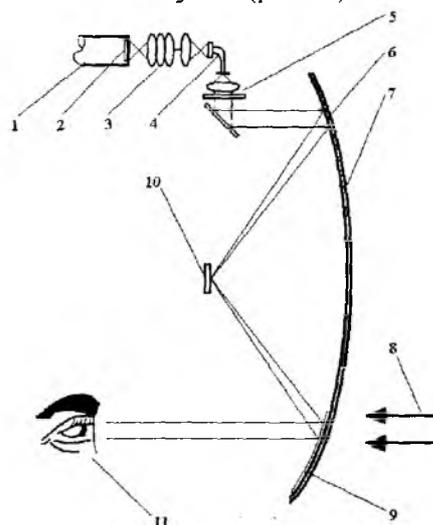


Рис. 1. Оптическая схема нашиваемого индикатора: 1 – блок светодиодной матрицы; 2 – изображение на экране; 3 – система оборачивающих линз; 4 – волоконно-оптические жгуты; 5 – объектив и зеркало; 6 – отражающая поверхность; 7 – смотровой щиток; 8 – световой поток от окружающего пространства; 9 – полупрозрачная поверхность; 10 – центральное зеркало; 11 – оператор ДПЛА

На нашиваемом индикаторе индуцируются пилотажно-навигационные параметры (скорость, курс, высота и др.), расход топлива, прицельное перекрестие или прицельная сетка, предупреждающая информация и т.д. Наметилась определенная тенденция представления на нашиваемом индикаторе видеоизображений от обзорных бортовых систем различного спектрального диапазона, что расширяет возможности авиационного комплекса управления ДПЛА для оперативного природоресурсного и экологического мониторинга окружающей среды (даже в сложных метеоусловиях или ночью).

В качестве светодиодной матрицы используется матрица 64x64 элемента (как минимум) с длиной волны излучения в красной области спектра, что сводит до

минимума взаимное влияние при наблюдении символики и окружающей среды. При формировании изображения используется метод матричной адресации. Знаки и символы имеют размер 7x5 или 5x3 элементов.

Индикатор размещается на шлеме, не требует высокого напряжения питания, его масса составляет 170-200 г [8]. Для улучшения оптических характеристик и увеличения полей зрения в НСЦИ предполагается использование дифракционных (голографических) оптических элементов. Для определения направления линии визирования и передачи этого направления в бортовую систему, которая таким образом получает целеуказания, используется система определения положения головы оператора ДПЛА. Наиболее перспективны электромагнитные и электронно-оптические системы, хотя известны рычажные, ультразвуковые и др.

Электромагнитная система включает миниатюрный нашлемный датчик и излучатель в виде трех идентичных и взаимно ортогональных катушек. Система имеет высокую степень защиты от воздействия магнитного поля Земли, электросети и влияния металлических предметов.

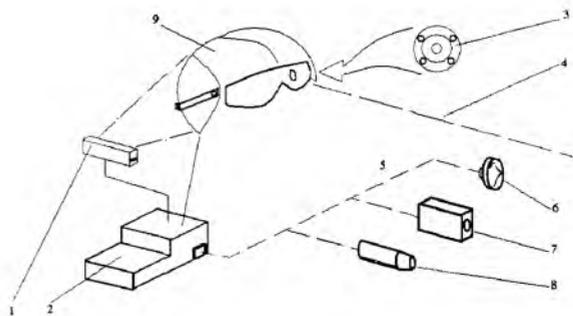


Рис. 2. Сопряжение нашлемной системы с бортовыми системами: 1- локационная камера определения положения головы оператора ДПЛА; 2 – электронный блок; 3 – нашлемный визир с прицельной сеткой; 4 – линия визирования; 5 – линия передачи целеуказания; 6 – радиолокатор; 7 – телевизионная система; 8 – инфракрасная система; 9 – шлем с индикатором на смотровом щитке и светоизлучающими диодами для определения положения головы

Электронно-оптическая система [14] включает нашлемные диодные облучатели, локационные камеры окружающей

среды, являющиеся приемниками излучений светодиодов. В случае небольших перемещений головы достаточно иметь всего 6 диодов и 2 камеры. Оптический контакт светодиодов и камеры позволяет получить информацию об их относительном расположении, на основании чего в электронном блоке определяются углы ориентации шлема и, следовательно, углы целеуказания. Точность определения положения головы (круговое вероятное отклонение) составляет примерно  $0,5^{\circ}$ . Информация о направлении линии визирования, выработанная в электронном блоке в виде команд целеуказания, по специальным цепям может быть передана в любую бортовую систему: навигационную, обзорную инфракрасную, телевизионную, видео и радиолокационную (рис. 2).

Коррекция навигационной системы производится по ориентирам с заранее известными координатами.

#### **Компоновка информационно-управляющего поля наземного комплекса управления ДПЛА для оперативного природоресурсного и экологического мониторинга окружающей среды**

Совокупность технических средств отображения информации, органов ручного управления и данные об особенностях восприятия информации оператором, возможностях ручного управления позволяет приступить к формированию схемы информационно-управляющего поля наземного авиационного комплекса управления ДПЛА для оперативного природоресурсного и экологического мониторинга окружающей среды. Значительное количество отдельных индикаторов заставило разбить их на группы и выделить зоны на приборной панели для каждой группы индикаторов. В соответствии с рекомендациями экспертов [15-16] зоны по типам приборной панели наземного комплекса управления ДПЛА распределены следующим образом:

1. Пилотажные приборы-индикаторы – центральная часть приборной панели, сверху и слева (по полету).

2. Навигационные – центральная часть внизу.

3. Двигательная группа – правая часть внизу.

4. Обзорные индикаторы – справа, сверху.

5. Индикатор состояния подвешенных средств – слева внизу.

6. Пульты управления оборудованием ЛА – слева и справа на боковых панелях.

Ручной ввод данных и изменение режимов работы приборов рассматриваемого уровня осуществляется с помощью ручек, кнопок, тумблеров, расположенных на лицевой части приборов-индикаторов. В перспективных электронно-цифровых наземных авиационных комплексах информационно-управляющее поле управления ДПЛА для оперативного природоресурсного и экологического мониторинга окружающей среды строится на следующих принципах:

1. Применяются индикаторы электронного типа (ЭЛТ, плоские матричные индикаторы и т.д.) вместо электромеханических приборов.

2. Индикаторы строятся как многофункциональные, способные на одном и том же индикационном поле (экране) отображать информацию от различных функциональных систем в различных режимах полета.

3. Индикаторы имеют цифровую систему управления и генераторы символов, обеспечивающие универсальность сопряжения с другими системами и гибкое изменение представляемой на экран информации.

4. Однотипность электронных индикаторов обеспечивает их резервирование и автоматический перенос информации при отказе одного индикатора на другой индикатор.

5. Применяются функциональные (иерархические) электронные пульты управления, облегчающие оператору управление режимами сразу всех бортовых систем ДПЛА.

6. Новый тип техники отображения информации и ручного управления позволил резко сократить типаж индикаторов. Всего используются три типа индикаторов следующего назначения [17]:

1. Индикатор на лобовом стекле (коллиматорный авиационный индикатор) – предназначен для отображения пилотажной и навигационной информации. Устанавливается в центральной верхней зоне, используется иногда для отображения информации телевизионного типа от РЛС или ночного визира (тепловизионного или телевизионного – при маловысотных ночных полетах).

2. Многофункциональный индикатор телевизионного типа – предназначен для отображения информации от РЛС, тепловизионного, телевизионного визира, пилотажных, навигационных данных, данных по состоянию подвешиваемых средств, по состоянию бортовых систем и агрегатов ДПЛА.

Информация различного типа может отображаться одновременно на одном экране. Смена информации происходит автоматически при изменении режимов полета, по желанию оператора или, в аварийном случае, по приоритету информации, сигнализирующей об аварийной обстановке. Многофункциональные индикаторы располагаются справа и слева от центральной части приборной доски. Работают одновременно в различных режимах: например, левый – обзор и правый – контроль состояния бортовых систем. При отказе одного индикатора информация автоматически отображается на другом.

3. Многофункциональный проекционный картографический индикатор – выполняет все функции второго типа плюс отображение картографических данных. Географическая карта местности проецируется на экран индикатора обычным оптическим способом. В зависимости от пролетаемого района по навигационным данным происходит механическое перемещение карты. На этом же экране отображаются навигационные данные полета (координаты и направление полета, остаток топлива, время до выхода в заданную точку маршрута). Размещается картографический индикатор в центре приборной доски, внизу под индикатором на лобовом стекле.

Рабочее место оператора формируется в соответствии с основными положениями

ниями и рекомендациями эргономики [16, 18]. Однако в связи с возможной особенностью систем индикации и органов управления, а также с меньшими ограничениями по габаритам при размещении аппаратуры внешний вид авиационного комплекса может существенно изменяться.

### Выводы

На основании метода структурно-параметрического проектирования предложена методика проектирования состояния бортовых систем и наשלемных систем управления ДПЛА для оперативного природоресурсного и экологического мониторинга окружающей среды.

Для заданного класса ДПЛА предложена компоновка информационно-управляющего поля наземного комплекса управления.

### Список литературы

1. Зосимович Н.В. Структурно-параметрическая оптимизация силовых конструкций дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов оперативного природоресурсного и экологического мониторинга окружающей среды // Региональный вестник молодых ученых. М.: Academia, 2005.- №3.- С. 97-98.
2. Голубев И.С., Андреев В.В., Парафесь С.Г. Методы структурно-параметрической оптимизации силовых авиационных конструкций: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МАИ, 1991. – 68 с.
3. Композиционные материалы в конструкции летательных аппаратов / Под ред. А.Л. Абибова. – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.
4. Торенбик Э. Проектирование звуковых самолетов. М.: Машиностроение, 1983. – 647 с.
5. Каляев И.А., Левин И.И. Высокопроизводительные многопроцессорные вычислительные системы с программируемой архитектурой на основе ПЛИС // Сборник трудов конференции «Моделирование-2006», 16-18 мая 2006 г. К.: Ин-т проблем моделирования им. Г.Е. Пухова НАН Украины, с. 4-46.
6. Гильбург С.Я. К вопросу о применении реконфигурируемых вычислителей в современных технологиях хранения данных // Сборник трудов конференции «Моделирование-2006», 16-18 мая 2006 г. К.: Ин-т проблем моделирования им. Г.Е. Пухова НАН Украины, с. 171-175.
7. Экспериментальные исследования динамики полета самолета с помощью свободнолетающих моделей: Обзор по материалам иностранной печати // Обзоры. Переводы. Рефераты. – М.: ЦАГИ, 1975. – Вып. 464. – 34 с.
8. Зайцев А.Г., Тутков О.С. Проектирование информационно-управляющих полей кабины авиационных комплексов./ Учебное пособие. – М.: МАИ, 1983. – 55 с.: ил.
9. Человек-оператор в космическом полете / Е.В. Хрунов, Л.С. Хачатурьянц, В.А. Попов, Е.А. Иванов. – М.: Машиностроение, 1974. – 400 с.
10. Смит К.Ю. Зрительная обратная связь и слежение // Инженерная психология. – М.: Прогресс, 1964.- С. 517-558.
11. Кубрак А.И., Жученко А.И., Кваско М.З. Комп'ютерне моделювання та ідентифікація автоматичних систем: Навч. посіб. – К.: ІВЦ “Політехніка”, 2004. – 424 с.
12. Валуев М.И., Харченко В.П., Яппаров А.Н. Системотехніка та основи проектування аеронавігаційних систем: Навч. Посіб. – К.: НАУ, 2003. – 120 с.
13. Справочник инженера по авиационному и радиоэлектронному оборудованию самолетов и вертолетов / В.Г. Александров, Б.И. Базанов, А.В. Майоров и др. Под ред. В.Г. Александрова. – М.: Транспорт, 1978. – 408 с.: ил.
14. Проблемы разработки кабины экипажа самолетов. – ЦАГИ: Техническая информация.- 1982.- № 3.
15. Методы инженерно-психологических исследований в авиации / Под ред. Ю.П. Доброленского. – М.: Машиностроение, 1975. – 280 с.
16. Чумаченко И.В., Кучмиев В.Г., Бугас Д.Н. Алгоритмические и инструментальные средства автоматизированных систем обработки информации // Матеріали III Міжнародної науково-прикладної конференції “Динаміка наукових досліджень 2004”.- Том 64. Технічні науки. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004.- С.52-53.