УДК 621.391

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Ю.В. Невзоров, генеральный директор ОАО «МНИРТИ», к.т.н.; ne_u@telecom.ru.

Ключевые слова: *эргатические системы, беспилотный летательный аппарат, эффективность, локальная функция, глобальная функция.*

Введение. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) получают все большее распространение в различных областях народного хозяйства и в военной технике. БПЛА применяют для мониторинга и охраны транспортных сетей топливно-энергетического комплекса, патрулирования транспортных магистралей, лесных массивов и охраняемых территорий, наблюдения за погодными условиями, в разведывательных целях и для аэрофотосъемок. Широко используют БПЛА и в деятельности таких ведомств, как ФСБ, МВД, МЧС и таможенная служба.

В настоящее время вопросу организации полетов БПЛА в общем воздушном пространстве уделяется большое внимание. В международных организациях EUROCONTROL, FAA, RTCA и EUROCAE идут дискуссии: на базе каких принципов и технических решений должны организовываться такие полеты, но общепризнано, что согласованного решения пока нет.

Концепции интеграции БПЛА. Существуют альтернативные концепции интеграции БПЛА в общее воздушное пространство. Первая концепция предполагает распространить на БПЛА все действующие нормы управления воздушным движением (УВД), включая оснащение системами опознавания и предупреждения столкновений. Вторая предлагает организовывать полеты БПЛА в специально отведенных зонах.

По ряду причин эксперты отдают предпочтение первой концепции, следуя которой процесс эксплуатации БПЛА в общем воздушном пространстве должен отвечать следующим основным принципам:

- обеспечивать безопасность полетов пользователей общего воздушного пространства и безопасность населения на уровне, отвечающем требованиям безопасности полетов воздушных судов (ВС);
- не предъявлять требования о дооборудовании ВС дополнительными системами в целях совместимости с БПЛА;
- иметь систему, позволяющую надежно отслеживать и избегать потенциально конфликтных ситуаций с ВС;
- осуществлять полеты БПЛА по тем же правилам, что и для ВС.

Для управления дистанционно-пилотируемым летательным аппаратом (ЛА) в режиме реального времени, а также при ведении видеонаблюдений за окружающей средой и объектами необходимо постоянное обеспечение связи бортовой аппаратуры БПЛА с наземным пунктом управления и повышение уровня безопасности полета в воздушном пространстве.

На основании этого разработка способов управления БПЛА в общем воздушном пространстве, где главной задачей является повышение эффективности использования БПЛА и уровня безопасности в дистанционно-пилотируемом режиме управления, представляет собой актуальную задачу.

При этом следует отметить, что научно-технический прогресс, особенно в области информационных технологий, обеспечивает быстрое развитие техники и расширение ее возможностей. Однако подавляющее большинство современных технических систем остаются ориентированными на человека, как ключевое звено в управлении этими системами. Это так называемые эргатические системы, в которых человек-оператор непосредственно связан с управляемым объектом (как пилоты самолетов). Как правило, они являются многоконтурными системами (рис.1), что приводит к развитию неразрешимых противоречий, требующих полного пересмотра всей идеологии создания подобных систем и переосмысления роли человека в них.

Эффективность технической системы. Особенно остро эти противоречия проявляются в тех человеко-машинных системах, где человек выполняет функцию управления в экстремальных условиях, т.е. на пределе своих физиологических

возможностей. Свидетельством развития таких противоречий является замедление прироста показателей эффективности вновь создаваемых человеко-машинных систем, несмотря на усилия по их совершенствованию.

Известно, что эффективность (в широком смысле) технической системы является композицией частных понятий эффективности. На рис. 2 показано, что эффективность автоматизированных систем в значительной степени определяется эффективностью системы управления. Отмеченные ранее требования, предъявляемые к БПЛА, могут быть удовлетворены за счет повышения эффективности системы управления в целом и бортовой системы управления, как отдельной технической системы. Выявление этих возможностей принято проводить методами системного анализа.

Эффективность (в широком смысле) [1] – комплексная характеристика потенциальных и (или) реальных результатов использования: системы с учетом степени соответствия этих результатов главным целям, показателей всех видов ресурсопотребления, а так же других видов количественных показателей, выявленных методами системного анализа.

Оценка эффективности (в широком смысле) позволяет решить задачу определения степени соответствия реализуемых возможностей систем управления БПЛА и предъявляемых к ним требованиям, выявления недостатков, определяющих эти отставания, а так же нахождения причин несоответствий и путей их разрешения.

Поскольку эффективность любой технической системы связывает ее результат с затратами, то рассмотрим две основные формы представления критерия эффективности. Первая предусматривает достижение максимума полезного эффекта при заданной затрате ресурсов (принцип максимизации эффекта), т.е.

$$\max Y_i, \text{ где } (Y_i\ Y) \text{ при } C < C_0. \quad (1)$$

При второй постановке оптимальное решение достигается путем минимизации затрат ресурсов при ограничении на достижение заданного полезного эффекта (принцип экономии ресурсов), т.е.

$$\min C_i, \text{ где } (C_i\ C) \text{ при } Y \geqslant Y_0. \quad (2)$$

Таким образом, прирост эффективности следует оценивать по приросту показателей, характеризующих время работоспособности системы. Показателем эффективности объекта является коэффициент готовности $K_г$. В свою очередь, $K_г$ объекта определяется средним временем наработки на отказ систем, входящих в его состав, и временем восстановления в случае отказа, т.е.

$$K_г = T_{нар}/(T_{нар} + T_{восст}).$$

Тогда справедливо, что чем меньше время восстановления, тем больше $K_г$ объекта.

Понятие эффективности относят обычно к понятию операция. *Операция* – совокупность действий, мероприятий, направленных на достижение некоторой цели, т.е. совокупность целенаправленных действий [2]. Применительно к технике, операция – взаимодействие технических средств и людей, направленное на достижение определенной цели. Техническая система в операции выступает в качестве активного средства достижения цели, и в этом случае понятие эффективности операции отождествляют с понятием эффективности технической системы.

Эффективность операции – степень соответствия реального результата операции требуемому.

Рис. 1

Стратегия – любое правило, предписывающее определенные действия в каждой ситуации процесса принятия решения. Формально, стратегия – это функция от имеющейся в данный момент информации и принимающая значение на множестве альтернатив, доступных в данный момент.

Результат операции, а, следовательно, и ее эффективность определяются качеством технической системы, условиями и способами ее применения по целевому назначению. На рис. 2 показана взаимосвязь узкосмысловых (частичных) понятий эффективности.

Системный подход к оценке эффективности предполагает в качестве обязательного условия учет многоаспектности управления. При этом различают топологический, организационный, технический, технологический и математико-информационный аспекты. Центральная роль при исследовании этих аспектов должна быть уделена технологии управления, т.е. целенаправленному применению знаний о способах и средствах реализации взаимосвязанных функций управления. К последним относятся: определение целей и выбора курса действий, планирование, оперативное управление (включая контроль, регулирование, диспетчирование и коррекцию планов), анализ функционирования, координацию. Уровень, степень ре-

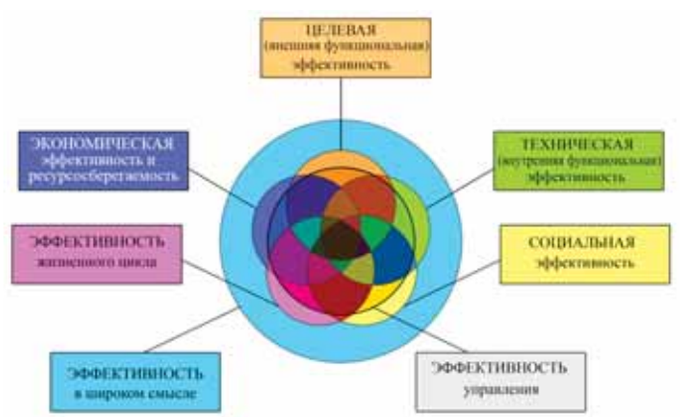

Рис. 2

ализации этих функций и определяет эффективность управления.

Подходы к организации процесса управления БПЛА. При построении системы управления рассматриваются два основных подхода к организации процесса управления. Согласно первому, непосредственно управлять полетом должен пилот, размещенный на некотором удалении от ЛА. Согласно второму, управление полетом осуществляется бортовой технической системой, запрограммированной на поддержание различных условий полета. Человек при таком подходе выполняет функцию оператора и по сути дела исключается из непосредственного процесса управления.

Приверженцы такого способа построения системы управления БПЛА считают, что если с человека, управляющего ЛА, снять выполнение так называемых локальных функций управления (движением ЛА на земле и в воздухе, коммутацией в кабине, оценкой технического состояния ЛА, парированием возможных отказов и неисправностей, поиском и идентификацией объектов вне кабины и т.д.), отнимающих более 85% всех его физических и психических ресурсов, то появляется возможность полного использования интеллекта человека для выполнения глобальных функций управления – восприятия поставленной задачи и выработки алгоритма ее решения, оценки собственных располагаемых возможностей и сопоставление с потребностями, выработки стратегии действий с учетом возможных внешних воздействий (включая силовое), оперативной оценки внешней ситуации и коррекции алгоритма выполнения задачи и т.п.

Известно, что частичное снятие с летчика локальных функций приводит к потере им «чувства» самолета и восприятию любого отказа или неисправности как непонятного и неожиданного события с максимальным отрицательным воздействием на исход полета. Полное снятие с летчика локальных функций позволяет ему сосредоточиться на глобальных функциях, собственно обеспечивающих исход полета на выполнение задания. В этом случае человек перестает быть элементом системы автоматического управления полетом самолета и становится оператором боевого дистанционного управления – лицом, принимающим тактические решения.

Такой подход позволяет исключить возможные ошибки пилота, связанные с изменением его психофизиологического состояния в процессе выполнения полета. Построение системы управления БПЛА, выполняющего функции мониторинга заданной территории, будет полностью отвечать функциональному назначению и условиям применения. Несомненно, оператор в такой ситуации сможет полностью сконцентрироваться на задачах, связанных с анализом материалов, поступающих с БПЛА. Однако не следует забывать, что в этом случае приходится отказаться от возможности принять решение в нестандартной ситуации, т.е. управление будет возможно только в соответствии с заложенным алгоритмом. Любая сложная и заранее не предусмотренная ситуация приведет к потере ЛА.

Для реализации вышеуказанных подходов существует ряд способов управления БПЛА, обладающих определенными преимуществами и недостатками [3–5].

При ручном способе управления (дистанционном пилотировании) оператор с дистанционного пульта в пределах оптической наблюдаемости или по видовой информации, поступающей с видеокамеры переднего обзора, непосредственно воздействует на органы управления ЛА, что позволяет при необходимости оперативно изменять курс и задачи полета. При таком управлении оператор прежде всего решает задачу пилотирования, расходуя при этом наибольшее количество физических и психических ресурсов, снижая эффективность управления.

При автоматическом управлении БПЛА обеспечивается возможность полностью автономного полета по заданной траектории на заданной высоте с заданной скоростью и со стабилизацией углов ориентации. Автоматическое управление происходит с помощью бортовых программных устройств. Оператор как один из элементов выбывает из системы управления БПЛА, что позволяет повысить эффективность управления и обеспечить безопасность полета. Недостаток такого подхода – исключение оперативного вмешательства оператора в изменение траектории полета в экстремальных условиях.

При полуавтоматическом управлении (дистанционное управление) полет осуществляется автоматически без вмешательства человека с помощью автопилота по первоначально заданным параметрам. Оператор не является элементом системы управления БПЛА, он лишь может вносить изменения в маршрут в интерактивном режиме. Таким образом, оператор имеет возможность влиять на результат функционирования, не отвлекаясь на задачи пилотирования, в полной мере используя свой интеллектуальный ресурс и обеспечивая безопасную и эффективную эксплуатацию систем БПЛА.

Заключение. Исследование эффективности применения той или иной системы управления невозможно без учета эффективности основной целевой функции системы и частичных понятий эффективности. С этой точки зрения необходим анализ реальной загрузки пилота в процессе выполнения полета и оценки реального выигрыша от замены его оператором. Так, по мнению специалистов авиационной медицины, 80–85% активной деятельности пилота приходится на период взлета и посадки ЛА, что составляет не более 5% времени всего полета. Поскольку в системе с оператором взлет и посадка не учитывается вообще, то выигрыш от объема использования интеллекта человека не столь уж и велик. При этом, если выполнению целевой функции БПЛА противодействует система, управляемая человеком, способным понять типовые алгоритмы управления БПЛА, то эффективность применения будет ничтожной. В качестве примера можно привести нелинейное маневрирование цели при попытке поразить ее ударным БПЛА.

Таким образом, можно сказать, что применение того или иного способа построения системы управления БПЛА требует анализа задач целевого применения и учета всего спектра вероятных воздействий, мешающих выполнению заданной функции.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Резников Б.А.** Системный анализ и методы системотехники. Ч. 1. – М.: МО СССР, 1990. – 522 с.
2. **Поспелов Г.С.** Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. – М.: Наука , 1995. – 278 с.
3. Пат. США № WO 2007146538, МПК B64C 39/00; B64C 39/00. Wirelessly Controlling Unmanned Aircraft and Accessing Associated Surveillance Data / Olson S. J., Wheeler M. – 21.12. 2007.
4. Пат. США № US2008033604, МПК G05D 1/00; G06F 17/00; G05D 1/00; G0617/00. System and Method For Safely Flying Unmanned Aerial Vehicles in Civilian Airspace / Margolin J. – 07.02.2008.
5. Пат. России № 2390815. Способ управления беспилотным летательным аппаратом и устройство его реализации / Красов А.И., Макеев М.И., Пятко С.Г. и др. – 27.05.2010.

Получено 25.03.13