

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ ПО БЕСПИЛОТНОЙ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКЕ И НАБЛЮДЕНИЮ ПОЛЯ БОЯ, А ТАКЖЕ ПО ОПТИМИЗАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ

Э.П.Лукашева, А.А.Силкин, Н.В.Чистяков
Научно-производственный центр «Новик-XXI век»

Отклик на статью В.В.Ростопчина «Элементарные основы оценки эффективности применения беспилотных авиационных систем для воздушной разведки»

Кратко о статье В.В.Ростопчина

Опубликованная на UAV.RU статья В.В.Ростопчина «Элементарные основы оценки эффективности применения беспилотных авиационных систем для воздушной разведки»[1] посвящена актуальному вопросу создания военных беспилотных авиационных разведывательных комплексов. Автор совершенно справедливо отмечает, что за годы перестройки и «реформ» произошла деградация научно-технических коллективов, в том числе занимающихся обоснованием перспективных направлений развития беспилотной техники. Эта деградация коснулась, в первую очередь, заказчиков беспилотных комплексов, но не обошла и разработчиков.

В своей статье В.В.Ростопчин справедливо отмечает, что откуда-то появилось большое количество разработчиков летательной техники, которые просто дезориентируют утратившего компетентность заказчика (МО РФ), предлагая ему разнообразные комплексы на основе своих летательных аппаратов. Процесс этот приобрёл характер неконтролируемого стихийного явления. Критерием принятия на вооружение или в разработку тех или иных образцов стало наличие подобной техники за рубежом, прежде всего, в США. Тут можно поспорить с В.В.Ростопчиным, этот ли критерий является **основным**, но с самим фактом ориентации на зарубежную технику нельзя не согласиться. Более того В.В.Ростопчин полагает, что сложившаяся ситуация подкрепляется целенаправленным информационным давлением США.

Автор статьи отмечает, что практически все предлагаемые сегодня беспилотные авиационные комплексы представляют собой разведывательные комплексы на основе тихоходных (около 100 км/час) летательных аппаратов с силовыми установками на поршневых, а в последнее время и на электрических двигателях. В.В.Ростопчин справедливо указывает также и на тенденцию к снижению стартовой массы беспилотных летательных аппаратов, отмеченную нами ранее [2]. Проведённый в статье В.В.Ростопчина анализ структуры отечественных разработок в области беспилотной авиации наглядно демонстрирует этот перекося в сторону комплексов на основе малогабаритных тихоходных беспилотников. Автор объясняет такую тенденцию информационным давлением США и оглядкой наших заказывающих органов на принятые на Западе концепции развития беспилотной техники.

По нашему мнению, причина отмеченного В.В.Ростопчиным перекося совершенно иная и никак не связана с США. А связан этот перекося с тем, что конкурирующие на

рынке беспилотников предприятия, как правило, не имеют больших свободных средств. Не могут они также привлечь кредиты (не собираются в кредитную кабалу?) или получить финансирование от военного заказчика. Принятая сегодня «рыночная» парадигма предполагает, что сложная техника типа беспилотных комплексов не разрабатывается на заказ, а выбирается потребителем из числа образцов, уже представленных на «рынке». Если предприятие предлагает что-то, то от него сразу же требуют ПОКАЗАТЬ это «что-то». А прежде, чем показать, надо СДЕЛАТЬ и ИСПЫТАТЬ образец, причём за свой счёт.

Сделать и испытать беспилотный разведывательный комплекс на основе тихоходного летательного аппарата неизмеримо дешевле, чем беспилотный комплекс со скоростным летательным аппаратом. Причём, чем меньше стартовая масса летательного аппарата, тем дешевле. Тихоходный (90..150 км/час) малоразмерный летательный аппарат изготавливается по современной авиамодельной технологии, с использованием доступной авиамодельной комплектации и материалов, с массовым приёмником GPS и с покупным поршневым или электрическим двигателем. Задавшись же целью создать скоростной (300..500 км/час) беспилотник, разработчик сразу же встаёт перед проблемой двигателя. Собственный двигатель для такого летательного аппарата, как правило, технологически недоступен, а покупной - дорог. В России только фирма «Эникс» (В.Н.Побежимов) владеет собственной технологией производства недорогих двигателей (пульсирующих), позволяющих сравнительно дешево строить скоростные летательные аппараты (мишени). Остальные вынуждены довольствоваться доступными на рынке поршневыми и электрическими двигателями. Отсюда и отмеченный В.В.Ростопчиным перекосяк.

Существенная ценность статьи В.В.Ростопчина заключается в том, что автор систематизировал простые, и, казалось бы, всем известные определения важных понятий воздушной разведки и существующие методы поиска наземных целей. Это даёт возможность всем, занимающимся проблемами разведки с помощью беспилотных летательных аппаратов, говорить на едином языке и оперировать чётко обозначенными категориями.

Ввиду важности систематизации методов поиска целей и популяризации единой терминологии повторим рисунки из статьи В.В.Ростопчина:

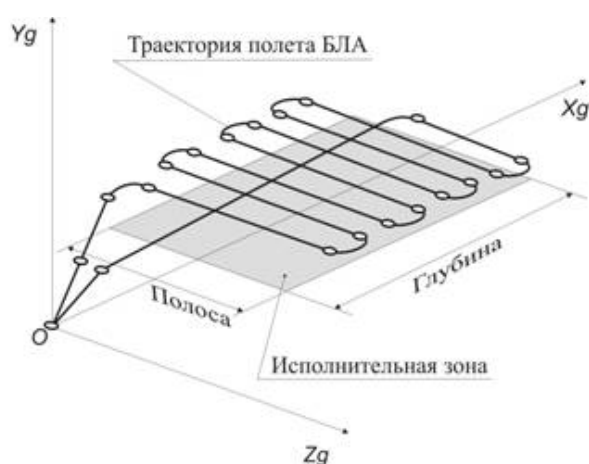


Рис.1. Поиск цели в заданной исполнительной зоне

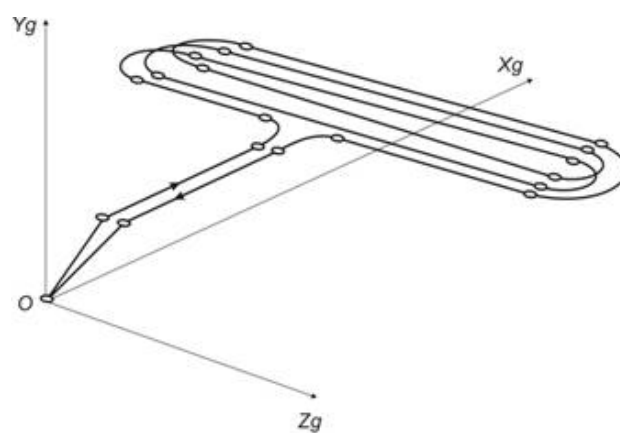


Рис.2. Барражирование в исполнительной зоне

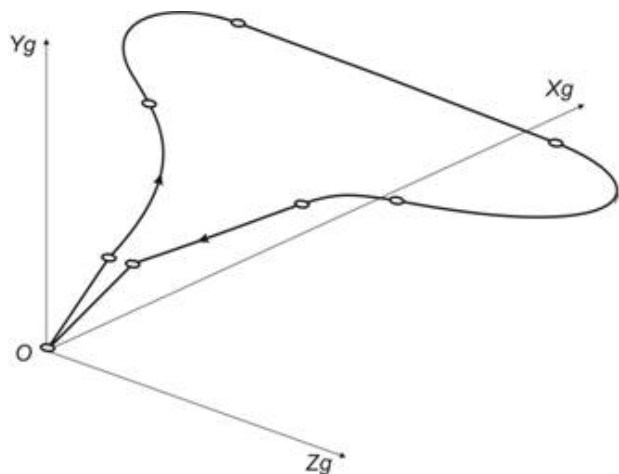


Рис.3. Облет заданного рубежа

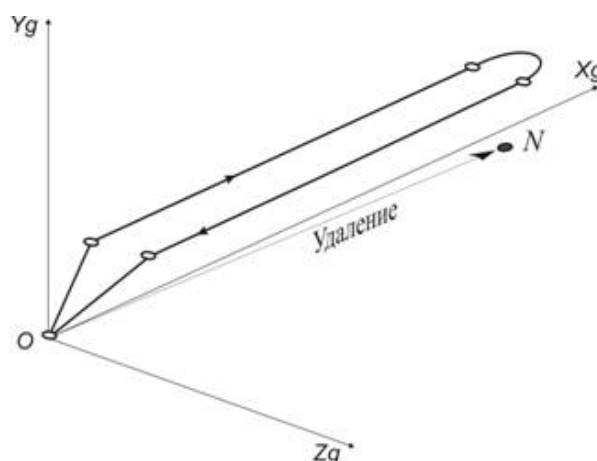


Рис.4. Выход в заданную точку и ее облет

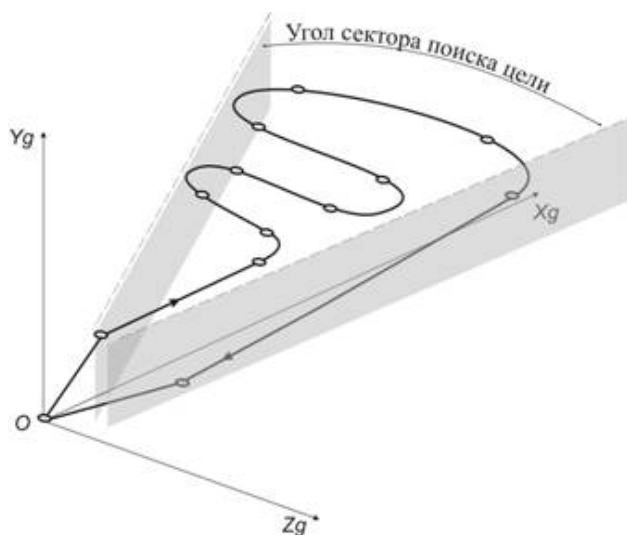


Рис.5. Поиск цели в заданном секторе

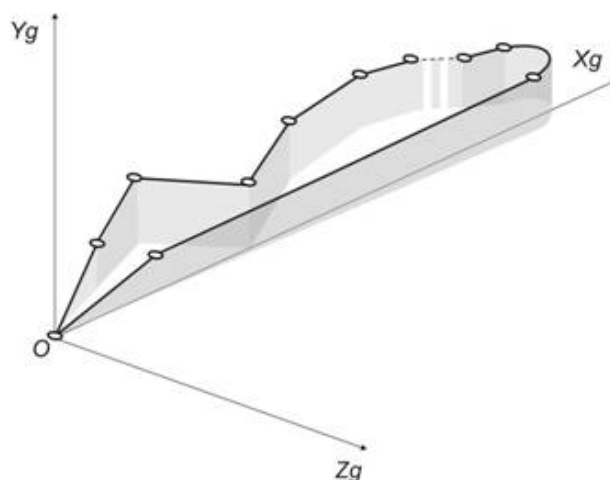


Рис.6. Поиск цели на заданном маршруте

Неудачная методика

К сожалению, автору не удалось часть статьи, посвящённая методике оценки эффективности беспилотных летательных аппаратов. Коварство таких оценок давно известно практическим специалистам. Известен и источник этого коварства - ошибочный выбор показателей качества и/или критерия выбора [3]. Не избежал этой ловушки и В.В.Ростопчин.

В своей статье В.В.Ростопчин справедливо отмечает, что основным показателем (автор почему-то называет это критерием) эффективности применения комплекса воздушной разведки является **относительная эффективность сил и средств, в интересах которых производится воздушная разведка**. Определение значения относительной эффективности сил и средств автор признаёт проблематичным, поскольку, по его мнению, требуется большой объем работы по определению эффективности самих сил и средств для двух случаев применения:

- 1) без средств разведки;
- 2) со средствами разведки.

На самом деле проблематичность оценки основного показателя заключается не в объёме работы, как полагает В.В.Ростопчин, а в разнообразии задач, сил и средств, использующих воздушную разведку. Именно в стремлении к общности заключается «проблематичность». Не существует тут общего решения и единого показателя эффективности. Кроме того, во многих задачах воздушная разведка не является чем-то вспомогательным по отношению к силам и средствам, а является неотъемлемым элементом этих сил и средств. Пример: простейший разведывательно-огневой комплекс в составе артиллерийского дивизиона и беспилотного комплекса.

Стремление к безудержному обобщению при описании и сопоставлении различных беспилотных комплексов вообще представляется контрпродуктивным. Классификационной основой для такого обобщения служит, как правило, только то, что сравниваемые комплексы - беспилотные, то есть функционируют при отсутствии человека на борту летательного аппарата. Совершенно очевидно, что следует дифференцировать беспилотные комплексы, прежде всего, по решаемым задачам, причём дифференциация должна быть достаточно глубокой. Например, классификационный признак «комплексы воздушной разведки», как будет показано ниже, слишком широк и, как это ни парадоксально, не позволяет сопоставлять и сравнивать беспилотные комплексы воздушной разведки между собой. Ведь никто, например, не сопоставляет сигнальную ракету со стратегической баллистической ракетой на основе общности принципа реактивного движения, а ПТУРС или ПЗРК с той же баллистической ракетой на основе признака «средство поражения». Тем более, абсурдным бы выглядел общий для всех этих ракет показатель эффективности и критерий предпочтения. В таких случаях сравнение просто недопустимо, как, например, сравнение чисел разной размерности или комплексных чисел.

Отказавшись от оценки эффективности комплекса воздушной разведки по конечной эффективности потребителя, В.В.Ростопчин ищет другой, более доступный для расчёта показатель, при этом выплёскивает вместе с водой и ребёнка. В качестве такого показателя в рассматриваемой статье принята стоимость съёма информации с единицы земной поверхности, определяемая по формуле:

$$C_{\text{и}} = C_{1\text{п}} / (P_{\text{бз}} * F_s^1), \quad (1)$$

где:

$C_{1\text{п}}$ - стоимость выполнения боевого задания;

$P_{\text{бз}}$ - вероятность выполнения боевого задания;

F_s^1 - суммарная просматриваемая площадь земной поверхности в 1 вылете.

По мнению автора, этот показатель является универсальным для всех беспилотных комплексов.

Критерий минимума стоимости съёма информации с единицы площади земной поверхности, который автор предлагает в качестве основного и по которому далее проводит сравнительную оценку характерных комплексов, не позволяет объективно оценить эффективность того или иного комплекса воздушной разведки. Забегая вперёд, отметим, что для тихоходных беспилотников этот критерий неприемлем вообще, так как они просто не предназначены для разведки площадей.

Применение критерия минимума стоимости разведки единицы площади в качестве именно критерия **эффективности** сомнительно даже для скоростных беспилотных разведчиков, например, типа «Рейс-Д» [4]. Как следует из (1) для повышения эффективности следует увеличивать площадь земной поверхности, снимаемой БЛА за один вылет. Казалось бы, это естественно, так как накладные и амортизационные расходы,

связанные с применением собственно БЛА, на единицу разведываемой площади понижаются, а в случае выполнения боевой задачи будет получено много разведывательной информации. Однако интуитивно понятно, что истинная эффективность всего комплекса воздушной разведки вряд ли при этом увеличивается пропорционально, а может быть вообще не увеличивается или даже снижается. Сомнение основывается на том, что пропорционально площади разведки возрастает и объём первичной разведывательной информации, требующей обработки. Это же основная проблема воздушной разведки!

Основная проблема воздушной разведки

Основной проблемой воздушной разведки [5] является противоречие между размерами обозреваемой площади и размерами характерной разведываемой цели. Поскольку разведываемая площадь велика, а размеры целей малы, то объёмы первичной разведывательной информации, подлежащей обработке, очень велики.

Основная проблема отражается на всём:

- 1) на потребной полосе и энергии радиосигнала для передачи разведывательной информации;
- 2) на потребных объёмах памяти и быстродействии средств обработки;
- 3) на потребном количестве рабочих мест дешифровщиков;
- 4) на возможной периодичности повторных просмотров ранее разведанных участков местности и т.д.

Пояснить основную проблему воздушной разведки и то, как она сказывается на истинной эффективности комплекса воздушной разведки, можно на элементарном примере. Как известно [4], площадь, разведываемая БЛА Ту-243 «Рейс-Д» за один вылет, достигает 2100 кв.км. Продолжительность такого вылета БЛА составляет около получаса. Для того чтобы уверенно распознавать цели типа «танк», «автомобиль», площадь одного независимого элемента изображения на местности должна быть около 0,1 кв.м. Таким образом, за один вылет «Рейс-Д» получает $\sim 2,1 \cdot 10^{10}$ независимых элементов изображения.



Рисунок 7. БЛА «Рейс-Д»

Много это или мало? Для того, чтобы просмотреть изображение такого объёма на персональной ЭВМ со стандартным современным экраном (1024x768= 786432 элементов разрешения) надо выполнить 26703 просмотра. При совершенно невероятной интенсивности просмотра 1 экран в секунду потребуется 7,4 часа на просмотр первичной разведывательной информации, полученной БЛА «Рейс-Д» за один получасовой вылет.

Отсюда, в частности, следует вывод о бессмысленности передавать разведывательную информацию с борта такого БЛА в реальном масштабе времени. Только желание получить хоть что-то до того, как БЛА будет сбит противником, оправдывает передачу первичной разведывательной информации по радиолинии.

Для снятия остроты основной проблемы воздушной разведки в разведывательных комплексах применяют распараллеливание обработки первичной разведывательной информации. Технически это выражается в увеличении каналов наземной обработки разведывательной информации, в том числе в увеличении количества рабочих мест дешифровщиков. Всё равно, скорость обработки, как правило, существенно уступает скорости поступления разведывательной информации. Этот факт порождает простои скоростных БЛА из-за занятости средств первичной обработки. Чем большую площадь снимает БЛА за один вылет, тем более продолжительны такие простои. Очевидно, что простои БЛА как-то несовместимы с интуитивным понятием об эффективности беспилотного разведывательного комплекса.

Возвращение к основам. Внесение методологии

В разделе статьи В.В.Ростопчина, посвящённому оценке эффективности применения БЛА при решении задач воздушной разведки, имеет место некоторая методологическая путаница. По нашему мнению автор смешивает понятия «критерий эффективности (качества)» и «показатель эффективности (качества)».

Классические определения этих понятий [6]:

Показателем качества называется такая числовая характеристика системы, которая связана с её качеством строго монотонной зависимостью ([6], стр.11).

Критерий - это правило, на основании которого одно значение вектора показателей качества следует считать лучшим (или худшим) другого его значения ([6], стр.13).

При этом само понятие качества формально не определяется, а полагается, что оно интуитивно понятно в том смысле, что известно, приводит ли рост/уменьшение того или иного показателя качества к улучшению или ухудшению системы. Неформально понятие «качество» можно определить, как степень соответствия системы своему назначению. Это определение приводится специально для В.В.Ростопчина, которому не понятно, в чём заключается качество разработок.

По Л.С.Гуткину [6] внешнее описание системы, например техническое задание для синтеза системы или исходные данные для сравнения систем, формализовано представляется в виде совокупности:

$$D = \{Y, O_s, CK, O_K\}, \quad (2)$$

где:

Y - совокупность условий, в которых должна работать система, например, указание на типовую разведываемую цель и степень её маскировки, диапазон рабочих температур бортового и наземного оборудования, характеристики противодействия и т.п.,

O_s - совокупность ограничений на структуру и параметры системы, например, ограничение на тип целевой нагрузки, ограничение на взлётную массу летательного аппарата, ограничения на диапазон радиочастот и т.п.,

CK - совокупность показателей качества (перечень показателей качества k_i - компонент вектора качества **K**), например, дальность действия, вероятность обнаружения цели, точность

определения координат цели, продолжительность предстартовой подготовки и т.п. Стоимость системы всегда входит в эту совокупность. Если, кроме стоимости в совокупность СК входит только один показатель качества, то такой показатель называют показателем эффективности системы или просто эффективностью,

O_K - совокупность ограничений на показатели качества, например, дальность действия системы и вероятность обнаружения цели должны быть не менее каких-то величин, предстартовая подготовка должна проводиться расчётом такой-то численности и т.п.

Вариант системы, удовлетворяющий совокупности $\{Y, O_S\}$ называется *допустимым*. Допустимый вариант, удовлетворяющий совокупности O_K называется *строго допустимым*. Строго допустимый вариант, наилучший по критерию качества (эффективности), называется *оптимальным*.

Синтез системы обычно проводится коллективом, возглавляемым Главным конструктором, путём сочетания математических и эвристических методов, с неоднократными последовательными приближениями к оптимуму. Инженерный синтез должен завершиться разработкой системы, оптимальной с точки зрения её практического использования. Инженерный синтез должен быть обязательно *глобальным*, то есть учитывать *все* существенные для этого применения показатели качества. Если не учтён хотя бы один из существенных для практики показателей качества, то система не может считаться оптимальной и даже строго допустимой.

Инженерный синтез всегда векторный, так как не может быть такого положения, что существенным является только один показатель качества. Это бывает только при математическом синтезе по какой-либо математической модели, обычно весьма существенно идеализирующей реальность. На практике всегда есть по меньшей мере два существенных показателя - стоимость и показатель, характеризующий основной эффект от применения системы, обычно называемый «эффективностью системы». В большинстве же случаев показателей качества гораздо больше двух.

При векторном синтезе основной трудностью является обоснование критерия предпочтения. Единственным неоспоримым критерием при векторном синтезе является безусловный критерий предпочтения систем с одинаковой совокупностью показателей качества СК, согласно которому:

- 1) система 1 считается лучше системы 2, если k_{i1} лучше k_{i2} для любого k_i , принадлежащего СК;
- 2) система 1 считается хуже системы 2, если k_{i1} хуже k_{i2} для любого k_i , принадлежащего СК;
- 3) системы 1 и система 2 считаются эквивалентными, если $k_{i1} = k_{i2}$ для любого k_i , принадлежащего СК.

Если ни одно из трёх условий не выполняется или СК₁ не совпадает с СК₂, то системы считаются несравнимыми.

К сожалению, применимость безусловного критерия предпочтения ограничена, хотя этот критерий и играет важную роль, особенно на начальных этапах инженерного синтеза. Для оптимизации приходится прибегать к условным критериям синтеза, сводящим векторный синтез к скалярному. Одним из лучших условных критериев предпочтения является критерий сравнения по *результулирующему показателю качества*. Результирующий показатель качества k_p определяется как **обоснованная на основе анализа назначения системы** скалярная функция вектора качества **К**:

$$k_p = f_p(\mathbf{K}). \quad (3)$$

Функцию f_p называют *результатирующей целевой функцией*.

Критика методики оценки эффективности по В.В.Ростопчину

На основании кратко изложенной выше методологии синтеза (выбора) оптимальных систем легко проанализировать сущность предлагаемой В.В.Ростопчиным методики для оценки эффективности беспилотных авиационных комплексов на основе выражения (1).

1. Состав вектора качества беспилотных авиационных комплексов по В.В.Ростопчину имеет вид:

$$\mathbf{СК} = \{C_{1п}, P_{бз}, F_{s}^1\}, \quad (4)$$

где:

$C_{1п}$ - стоимость выполнения боевого задания;

$P_{бз}$ - вероятность выполнения боевого задания;

F_{s}^1 - суммарная просматриваемая площадь земной поверхности в 1 вылете.

2. Стоимость съёма информации с единицы земной поверхности $C_{и}$ является ни чем иным как результирующим показателем качества, а выражение (1) - результирующей целевой функцией.

3. Критерием предпочтения (то есть правилом выбора лучшего) для беспилотных авиационных комплексов В.В.Ростопчин предлагает минимум $C_{и}$.

Разобравшись с сущностью вводимых В.В.Ростопчиным понятий, легко подвергнуть критике предлагаемую им методику. По пунктам 2 и 3 принципиальных замечаний нет, хотя если разобраться глубже, то можно найти некоторые погрешности в предлагаемых методиках расчёта $P_{бз}$ и F_{s}^1 , на которых мы не будем здесь останавливаться.

Принципиальные претензии следует выдвинуть к пункту 1, то есть к составу вектора качества $\mathbf{СК}$. Если для простоты и ясности исключить из состава вектора качества вероятность выполнения боевой задачи (положить, например, $P_{бз} = \text{const} = 1$), то задача сведётся к оптимальному выбору по двум показателям качества, стоимости ($C_{1п}$) и разведываемой за один вылет площади (F_{s}^1). Как уже говорилось выше, в постановке задачи оптимизации по двум показателям качества, один из которых стоимость, второй показатель называют «эффективностью». Выражение (1) теперь превратилось просто в отношение «стоимость/эффективность», внедрение которого в практику оценки систем приписывают министру обороны США в 60-х годах XX века Р.Макнамаре [7]. Для целей нашей критики важно, а что же является «эффективностью» беспилотного авиационного разведывательного комплекса по В.В.Ростопчину на самом деле? Оказывается, что это площадь, разведываемая комплексом за один вылет! Этот показатель действительно а первом приближении характеризует эффективность беспилотного авиационного комплекса, предназначенного для разведки больших площадей местности. Но только в первом приближении и только таких комплексов.

ДПЛА. Наблюдение поля боя

Во второй половине 70-х годов прошлого века появился новый класс беспилотников - дистанционно пилотируемые летательные аппараты (ДПЛА), в которых задача разведки местности ставилась и решалась совершенно по-другому [8]. Новые

ДПЛА, в отличие от своих предшественников, не предназначались для разведки больших площадей земной поверхности, а применялись для разведки (доразведки) известных или предполагаемых целей с передачей первичной разведывательной информации на наземный пункт управления для немедленной обработки и использования, в том числе, для управления ДПЛА и его целевой нагрузкой.

Что отличает ДПЛА от просто беспилотного самолёта? Таким отличием мы считаем **интерактивный способ управления** ДПЛА. Если беспилотный самолёт-разведчик, например, «Рейс-Д» выполняет полёт по заданной программе и возвращается с отснятым фотоматериалом на стартовую позицию, то ДПЛА действует немного иначе. ДПЛА улетает в заданный район разведки и выполняет там полёт по программе. В процессе полёта в заданном районе ДПЛА по радиоканалу передаёт разведывательную (например, телевизионную) информацию о местности и целях на ней на наземный пункт управления в реальном масштабе времени. Оператор ДПЛА, находясь на наземном пункте управления, оценивает поступающую информацию и по командному радиоканалу управляет самим ДПЛА и его целевой нагрузкой, например, ТВ камерой. Целью управления является наилучшее наблюдение целей и уточнение их типа и координат.

Комплекс ДПЛА в составе наземного пункта управления и собственно ДПЛА является принципиально радиотехнической системой. Вне комплекса беспилотный летательный аппарат не может являться ДПЛА.

Важнейшей особенностью ДПЛА является возможность многократных повторных заходов на цель и её отдельные элементы. Оператор в любой момент может прекратить просмотр местности по ранее назначенной программе и сосредоточиться на какой-либо обнаруженной цели или ее элементе. При этом другие цели в данном вылете остаются без внимания. При работе по выбранной цели командир комплекса, как правило, связывается в реальном времени с вышестоящим командованием или, если это определено ранее, то непосредственно с пунктом управления огневым подразделением для немедленного поражения цели. В последнем случае образуется временный разведывательно-огневой комплекс в составе комплекса ДПЛА и огневого подразделения. Важной возможностью, которую привносит применение ДПЛА является возможность поиска и обнаружения цели, корректировки огня по ней и контроля результатов поражения цели в едином технологическом цикле.

В зависимости от решаемых боевых задач ДПЛА в процессе поиска цели и сопровождения цели совершает полёт в соответствии с одним из методов поиска цели, перечисленных в обсуждаемой статье В.В.Ростопчина (см. рис. 1..6). Очень важно отметить, что всего два метода из шести, указанных В.В.Ростопчиным связаны с осмотром площади (метод поиска цели в заданной исполнительной зоне и метод поиска цели в заданном секторе). Остальные методы связаны с осмотром линии или даже точки, то есть геометрических объектов, формально даже не имеющих площади. В связи с этим сделанный В.В.Ростопчиным выбор универсального показателя эффективности беспилотных разведывательных комплексов тем более представляется ошибочным.

В силу существенных отличий способа применения комплексов ДПЛА от способа применения их предшественников, ведущих разведку по программе, само действие, которое выполняют ДПЛА, стали называть не разведкой, а **наблюдением поля боя**. Первый советский комплекс «Строй-П» с ДПЛА «Пчела» так и назывался - наблюдатель поля боя. Такое название ему было дано, прежде всего, для того, чтобы уйти от гнёта устаревших наставлений по воздушной разведке, не учитывавших специфики ДПЛА. Воздушная разведка, понимаемая как съёмка изображения заданного участка местности с последующей обработкой (дешифровкой) полученной первичной разведывательной информации, и наблюдение поля боя, понимаемое как интерактивное наблюдение

местности с обработкой первичной разведывательной информации в реальном масштабе времени состоят в диалектической взаимосвязи. Их единство заключается в единстве цели - разведки местности и целей на ней. Их противоположность заключается в способе ведения разведки.



Рисунок 8. Комплекс «Строй-П» с ДПЛА «Пчела»

Выше была названа основная проблема воздушной разведки, заключающаяся в противоречии между размерами обзораемой площади и размерами характерной разведываемой цели. Основная проблема выражается в огромном объеме первичной разведывательной информации. Обработка этого потока является узким местом любой системы воздушной разведки. Невозможно разведать большую площадь на земной поверхности быстрее, чем возможно обработать её изображение с требуемой степенью детальности (разрешения). Комплексы ДПЛА сами по себе основную проблему воздушной разведки, конечно, не решают, так как решить её иначе, чем увеличением привлекаемых ресурсов (прежде всего, каналов обработки первичной информации) невозможно. Комплексы ДПЛА ставят эту проблему несколько иначе. В комплексах ДПЛА скорость поступления первичной разведывательной информации согласуется со скоростью её обработки на наземном пункте управления. Именно такое согласование обеспечивает возможность обработки разведывательной информации в реальном масштабе времени. Комплекс ДПЛА может разведать такую площадь местности, какую способен обработать его боевой расчёт (как правило, это два человека, штурман и оператор) совместно с наземными средствами автоматизации первичной обработки. Не больше. И дело тут не в скорости летательного аппарата, которую не могут обеспечить «промышленные авиамodelисты», как полагает В.В.Ростопчин. Дело тут в том, что скорость ДПЛА должна соответствовать возможностям боевого расчёта комплекса по обработке разведывательной информации в реальном масштабе времени. И если для контроля больших площадей требуется много ДПЛА, то их должно быть много. Основная проблема никуда не делась.

Исходя из назначения комплексов ДПЛА - наблюдения поля боя, можно сделать набросок состава вектора качества, характеризующего комплекс ДПЛА:

- 1) дальность действия комплекса;
- 2) параметры поля зрения целевой нагрузки (угол обзора, диапазон изменения углов обзора);
- 3) разрешающая способность на местности;

- 4) количество воспринимаемых градаций яркости;
- 5) минимальная яркость обнаруживаемой цели;
- 6) радиус разворота ДПЛА;
- 7) эксплуатационные характеристики (продолжительности различных видов подготовок ДПЛА, времена свёртывания и развёртывания комплекса и т.п.).

Этот перечень является именно наброском состава вектора качества комплекса ДПЛА. Задача внешнего описания комплекса ДПЛА в смысле (2) сложна. Например, не вполне ясно, каким числовым параметром оценивать качество комплекса при различных спектральных диапазонах целевой нагрузки (видимый, ИК 3..5 мкм, ИК 8..14 и т.п.). Вероятно, это должно решаться конкретно для каждого комплекса в соответствии с его назначением, например, спектральный диапазон нагрузки может быть введён как одно из ограничений на структуру системы O_s .

Отдельно следует остановиться на такой характеристике комплекса, как взлётная масса ДПЛА. Видимо, взлётная масса ДПЛА должна быть введена в состав показателей качества комплекса. Чем меньше масса ДПЛА, тем удобнее в эксплуатации ДПЛА (при прочих равных показателях).

Предлагаемый В.В.Ростопчиным показатель эффективности комплекса - разведываемая за один вылет площадь - в общем случае не имеет отношения к качеству (эффективности) комплекса ДПЛА. Нет и никакого иного «главного» показателя, который мог бы играть роль единого показателя эффективности. В виду разнообразия решаемых комплексами ДПЛА задач невозможно охарактеризовать комплекс ДПЛА каким-то одним достаточно убедительным показателем. Оценивать комплекс ДПЛА следует, видимо, по относительной эффективности потребителя разведывательной информации, как предлагает (но не развивает эту идею) в своей статье В.В.Ростопчин.

Сомнительность исходных данных для сравнительных оценок

Хотя мы считаем, что предлагаемая В.В.Ростопчиным методика сравнительных оценок беспилотных авиационных разведывательных комплексов ошибочна в самом своём основании, и никаких выводов на её основании делать нельзя, тем не менее хотелось бы остановиться на проводимых В.В.Ростопчиным сравнительных оценках беспилотных авиационных комплексов. Дело в том, что простые и наглядные графики, тем более подкреплённые «научными формулами» производят большое воздействие на категорию лиц, называемых в литературе ЛПР (лица, принимающие решения). Так сложилось в нынешней реальности, что эти лица, одинаково далёкие как от теории, так и от практики беспилотной авиации, совершенно не вникают ни в методические основания сравнительных оценок, ни в используемые для этих оценок исходные данные, и, что совершенно точно, - в существо подлежащих решению задач. Им обычно некогда. Зато, руководствуясь наглядным графиком, они могут «обосновано» принимать решения, не имеющие отношения к реальности. Графики же и таблицы обладают свойством жить самостоятельной жизнью, отдельной от постановки задачи, применённой методики и вообще от сути стоящих проблем, всплывая в самое неожиданное время, в самом неожиданном месте. Многие этим пользуются.

В этом разделе нашего отклика на статью В.В.Ростопчина [1] мы обращаем внимание автора на неполноту и недостоверность некоторых данных, приведённых в таблице 1 обсуждаемой статьи. Чтобы избежать обвинения в голословности, будем опираться только на те беспилотные комплексы из таблицы 1 статьи В.В.Ростопчина, которые мы сами делали, и поэтому знаем хорошо. В приведённой ниже Таблице 1

сведены ошибочные данные по комплексам «Строй-П» с ДПЛА «Пчела-1» и «ГранТ» (Иркут-20) по статье В.В.Ростопчина и реальные.

Таблица 1

	Данные по статье	Данные на самом деле
Комплекс ДПЛА «Строй-П» с ДПЛА "Пчела"	Скорость полёта ДПЛА равна 120 км/час Полоса захвата с высоты 1000 м при разрешении 3 м равна ~0,1 км	Скорость полёта ДПЛА равна 140 км/час (по результатам испытаний) Полоса захвата с высоты 1000 м при разрешении 3 м равна ~0,75 км (для ТВ, расчётная оценка *) Полоса захвата с высоты 1000 м при разрешении 2..3 м равна ~3,4 км (для ИК, по конструкторской документации)
Комплекс ДПЛА «ГранТ»	Максимальная высота полёта 2500 м Продолжительность полёта до 3 часов Полоса захвата с высоты 1000 м при разрешении 6 м равна 0,12 км	Максимальная высота полёта 5000 м [9] Продолжительность полёта 3..4 часа [9] Полоса захвата с высоты 1000 м при разрешении 3 м равна 1,0 км (для ТВ, расчётная оценка *)

**) Примечание. Расчётная оценка полосы захвата L делается по формуле $L=r*N$, где r - разрешение на местности, N - разрешение ТВ системы в ТВ строках (берётся по результатам испытаний: для «Строй-П» - 250 ТВ строк, для «ГранТа» - 350 ТВ строк).*

Поправки к исходным данным, если их учесть, видимо, заметно изменят полученные в статье В.В.Ростопчина оценки.

Проклятие размерности

Проклятие размерности хорошо знакомо математикам и инженерам, решающим задачи в многомерных пространствах. Задача, легко решаемая, например на плоскости, становится неподъёмной в трёхмерном пространстве и т.д.

Проклятие размерности, усугублённое основной проблемой воздушной разведки, сказывается в задачах воздушной разведки с помощью ДПЛА уже при переходе от разведки вдоль линии к площадной разведке. Поскольку комплексы ДПЛА обрабатывают разведывательную информацию в реальном масштабе времени, то их возможности по площадной разведке ограничены. Для площадной разведки требуется либо применять несколько комплексов ДПЛА одновременно, либо автоматизировать первичную обработку разведывательной информации. К сожалению, воздушная видовая разведка на суше, особенно в лесистой местности плохо поддаётся автоматизации.

В статье В.В.Ростопчина приведены примеры имитационного моделирования поиска движущейся цели при различных скоростях разведывательного летательного аппарата. Результаты однозначно указывают на увеличение вероятности обнаружения цели при большей скорости летательного аппарата. Хотя моделировался поиск цели вдоль рубежа, то есть задача вполне посильная для комплекса ДПЛА, результаты моделирования показывают, что вероятность обнаружения движущейся цели при характерных для ДПЛА скоростях полёта (меньше 200 км/час) совершенно неудовлетворительна. Причина малой эффективности ДПЛА в приведённых примерах заключается в том, что из-за подвижности цели задача поиска цели вдоль рубежа превратилась из одномерной в двумерную, добавилось ещё одно измерение - время.

Следует отметить, что В.В.Ростопчин не прав, увязывая вероятность обнаружения цели со скоростью летательного аппарата. Надо смотреть не на **скорость летательного аппарата**, а на **скорость обработки первичной разведывательной информации** в комплексе. Как уже было показано выше, скоростной летательный аппарат (например БЛА «Рейс-Д») обеспечивает такой поток первичной разведывательной информации, что на её обработку требуются часы. Положение облегчается, если ограничить разрешающую способность целевой нагрузки. Это можно сделать, поскольку в рассмотренных примерах моделировалась крупная цель (500х500 метров).

Задача поиска подвижной цели решалась в 80-х годах прошлого века в комплексе «Строй-П», и проклятие размерности было тогда хорошо понятно. Комплекс «Строй-П» с ДПЛА «Пчела» как раз и был предназначен для обнаружения танков противника, идущих на разгром группировки десанта на дальности 50 км. То, что задача не может быть решена «в лоб», было понятно ещё до начала ОКР. Тогда был снижен уровень притязаний: танки предполагалась обнаруживать только на танкоопасных направлениях (дефиле, мосты, дороги), то есть размерность задачи была снижена. Поскольку речь шла о европейском ТВД, то такое допущение было приемлемо для потребителя комплекса «Строй-П» с ДПЛА «Пчела» (ВДВ).

Что можно сделать для обнаружения подвижных целей на заданном рубеже? Видимо, требуется комплексирование ДПЛА с различными целевыми нагрузками. Требуется иметь минимум два типа ДПЛА:

- 1) ДПЛА с радиолокатором, который бы обнаруживал движущиеся цели по доплеровской частоте с невысоким пространственным разрешением на большой площади для первичного **автоматического** целеуказания движущихся колонн;
- 2) ДПЛА с видовой (ТВ или ИК) целевой нагрузкой для распознавания целей (танков) по первичному целеуказанию.

Увы, как справедливо указывает В.В.Ростопчин, у заказчика беспилотных авиационных комплексов царят благодущие и безответственность, и о вопросе обнаружения подвижных целей на рубежах в тактической глубине никто не думает. А на «рынок» тут надеяться нечего. Вряд ли какая-нибудь фирма за свой счёт будет разрабатывать ДПЛА с радиолокатором и с неизвестной перспективой.

Завершим свой отклик той же фразой, которой завершается и обсуждаемая статья В.В.Ростопчина: «...беспилотные авиационные системы действительно являются важнейшей составляющей систем оружия, однако их эффективность зависит от того в каких условиях и для каких целей они применяются».

Литература:

1. В.В.Ростопчин «Элементарные основы оценки эффективности применения беспилотных авиационных систем для воздушной разведки». – Сайт UAV.RU
2. Э.П.Лукашѐва. Главная тенденция ДПЛА-строения. Краткая статья к МАКС 2003 . - Сайт ДПЛА.py
3. Гуд Г.Х., Макол Р.Э. Системотехника. Введение в проектирование больших систем .- М: Сов. радио, 1962
4. Авиационная энциклопедия «Уголок неба». ТУ-243М Рейс-Д
5. Э.П.Лукашева, Н.В.Чистяков. Воздушная разведка и наблюдение поля боя. В чём разница? - Сайт ДПЛА.py
6. Л.С.Гуткин. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества - М. Сов. радио, 1975
7. А.С.Орлов. Тайная битва сверхдержав. — М.: Вече, 2000
8. Н.В.Чистяков. Что такое ДПЛА? - Сайт ДПЛА.py
9. Гражданский аэродинамический наблюдатель телевизионный. Пояснительная записка. Кыштымский радиозавод - НПКЦ «Новик - XXI век». 2001 - Сайт ДПЛА.py