



# ВЛАДИМИР РОСТОПЧИН. «НАПАСТЬ XXI ВЕКА»: СТОРОНЫ ОДНОЙ «МЕДАЛИ»

Продолжение, начало в №4-2018

## 1. БЕСПИЛОТНАЯ АВИАЦИЯ

### 1.1. Основные понятия и определения

Развитие любой области науки и техники сопровождается соответствующим развитием понятийного аппарата и терминологии. И это является закономерным процессом, поскольку развитие предполагает расширение не только области знаний, но расширение области применения. А расширение области применения неизбежно приводит к необходимости получения новых знаний, привлечения новых технологий и решений и, в конечном итоге, стимулирует формирование нового понятийного аппарата и терминологии. Понятийный аппарат и терминология, несмотря на некоторую академичность, являются принципиальной основой, так как концентрируют в себе основную смысловую нагрузку и фактически определяют подходы к построению классификации (в широком смысле этого слова) субъектов рассматриваемой области техники.

Для облегчения понимания и исключения неоднозначности формулировок в настоящей книге предлагается использовать ниже изложенные терминологию, понятия и определения. Автор постарался использовать весь доступный в открытых публикациях и научно-технических

трудах материал для обобщения и формулировки понятийного аппарата.

К сожалению, в настоящее время начала складываться ситуация, при которой каждый разработчик оперирует своими понятиями и терминологией, что не только затрудняет общение, но и препятствует развитию техники. Например, один из разработчиков позиционирует свой БЛА как оперативный, когда это изделие ни по техническим характеристикам, ни по функциональным возможностям полностью не может претендовать даже на ЛА для выполнения задач в тактической глубине. После длительных уточнений и обсуждений стало понятно, что в понятие «оперативный» разработчик вложил смысл быстроты применения БЛА в соответствии с изменяющейся обстановкой. Сегодня каждое ведомство (см. например, [27]), каждое предприятие, каждый разработчик формирует свою классификацию изделий и свой понятийный аппарат (см. например [19; 30]). Следует иметь в виду тот факт, что борьба за сбыт, за долю на рынке и стремление пробиться не всегда идут на пользу делу. Наблюдается устойчивая деформация понятий и, как следствие, мифологизация робототехники. Примерно такая же картина и за рубежом. Причиной является относительно «юный»

возраст беспилотной техники и ее быстрое развитие: то, что вчера имело стартовую массу 100 кг, сегодня может быть существенно легче при том же объеме выполняемых задач. Тем не менее, существуют физические принципы и объективные законы, которые никакой прогресс изменить не в силах. Для грамотной и объективной оценки возможностей беспилотной техники, трезвой оценки перспектив ее развития требуется единый понятийный аппарат.

### 1.1.1. Общие определения

**Изделие** – предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению в организации (предприятии) по конструкторской документации [21], т.е. продукция, количество которой может измеряться в штуках.

**Составная часть (СЧ) изделия** – изделие, выполняющее определённые функции в составе другого изделия [21], т.е. конкретного изделия, в состав которого оно входит.

**Военная техника (ВТ)** – техника, предназначенная для ведения и обеспечения боевых действий, управления войсками, их обучения, испытаний и обеспечения заданного уровня готовности этой техники к использованию по назначению.

**Изделие военной техники** – изделие, создаваемое по тактико-техническому (ТТЗ) или техническому заданию (ТЗ) государственного заказчика и (или) по документации, утверждённой или согласованной заказчиком ВТ.

**Летательный аппарат (ЛА)** – устройство для полётов в атмосфере Земли или в космическом пространстве [12].

**Пилотируемый летательный аппарат (ПЛА)** – ЛА, реализующий своё назначение под управлением экипажа, размещаемого на борту ЛА.

**Беспилотный летательный аппарат (БЛА)** – ЛА, реализующий своё назначение автоматически или под управлением экипажа, размещаемого вне ЛА.

**Авиационная техника (АТ)** – совокупность пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов, средств обеспечения их эксплуатации на земле и в воздухе.

**Авиационная техника военного назначения (АТВН)** – АТ, отнесённая к ВТ и функционально ориентированная для выполнения задач в составе ВС в мирное и военное время по назначению.

**Боевая техника (БТ)** – часть военной техники, предназначенная для ведения и обеспечения боевых действий.

**Вооружение** – часть боевой техники, представляющая собой совокупность оружия, технических средств, обеспечивающих его применение, и средств воздействия. Средствами воздействия являются боеприпасы, боевые части ракет, лазерный луч, световой луч и т.п. Виды вооружения определяются по способу применения: артиллерийское вооружение, бомбовое вооружение, радиотехнические вооружения и т.п.

**Оружие** – изделие ВТ, предназначенное для поражения цели или доставки к ней средств воздействия.

**Боеприпасы** – изделия ВТ одноразового применения, предназначенные для поражения цели или выполнения задач, которые способствуют поражению цели или препятствуют действиям противника, и содержащие разрывной, метательный, пиротехнический, вышибной заряд или их сочетания.

**Технический облик изделия** – комплексная качественная и количественная характеристика, отражающая общие признаки, показатели и технические свойства рассматриваемого изделия.

### 1.1.2. Системные определения и информационно-управляющая система

**Система** – законченная самодостаточная, с точки зрения достижения результата, совокупность разнородных комплексов и технических устройств, объединяемых в единое целое для решения конкретной задачи или группы задач. На сегодняшний день существует довольно большое количество определений понятия [2;17;35], и ни одно из них, по всей вероятности, не является окончательным и всеохватывающим. В данном случае автор предлагает рассматривать термин «система» в применении к материальным объектам-изделиям, но не как к совокупности и алгоритмам действий. Примерами системы могут служить: система автоматического управления (САУ), система жизнеобеспечения, система пожаротушения, система топливопитания и т.п. Понятие системы в военном деле имеет несколько иной смысл и больше отражает особенности системы как организованной эргатической структуры высокого уровня в виде комплексирования изделий военной техники для достижения интегрального результата действий по назначению и носит название система военной техники. Обычно такие системы относят к сложным техническим системам (СТС).

**Система военной техники** – изделие ВТ, представляющее собой совокупность функционально связанных комплексов ВТ и технических средств, обеспечивающих их применение, объединённых единой организацией функционирования и общим управлением для выполнения задач, определённых её назначением. Примерами систем военной техники могут служить: система предупреждения ракетного нападения, система управления войсками, система выведения космического аппарата на космическую орбиту и т.п.

**Комплекс** – два или более специфицированных изделия, не соединённых на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Очевидно, что комплекс не может быть самодостаточной, с точки зрения получения заданного результата, совокупностью специфицированных изделий. Следовательно, для преобразования комплекса в систему требуется особое изделие или составная часть, носящая название ключевого. Например, в состав комплекса входят БЛА и наземные средства обеспечения его применения. Сам по себе комплекс с БЛА даже при наличии высоких технических характеристик и показателей не может самостоятельно что-то сделать и получить практический результат. Чтобы приобрести самодостаточность с точки зрения достижения конкретного практического результата, требуется введение ключевого элемента – информационно-управляющей системы (ИУС) [29] в виде оператора управления (экипажа, рис. 1.1, автоматической или человеко-машинной системы управления).

**Комплекс военной техники** – изделие ВТ, представляющее собой совокупность функционально связанных



Рис. 1.1. Структура беспилотной авиационной системы

образцов ВТ и технических средств, обеспечивающих их применение, объединённых для выполнения задач в соответствии с их назначением. Примерами комплекса военной техники являются: бортовой авиационный комплекс вооружения, наземный комплекс противовоздушной обороны и т.п.

**Наземные средства обеспечения применения БЛА** – совокупность изделий, предназначенных для подготовки ЛА к выполнению полёта в соответствии с назначением и заданием, сопровождения его в полёте, возврата ЛА к месту выполнения послеполётной подготовки, послеполётной подготовки, обработки результатов выполнения полётного задания, ремонта и восстановления ЛА при необходимости.

**Съёмные сменные средства функционального назначения** – изделия, предназначенные для расширения функциональных возможностей ЛА по назначению, не входящие в перечень основных составных частей ЛА и устанавливаемые (подвешиваемые) на ЛА по мере необходимости. К съёмным сменным средствам функционального назначения относятся контейнеры с датчиками радиационной, химической и биологической разведки, специальными (уникальными) устройствами оптико-электронной разведки и наблюдения, станциями радиотехнической разведки и радио-электронной борьбы и т.п. Наличие сменных изделий обусловлено стремлением к расширению технических возможностей бортового комплекса, а возможность их съёма с ЛА и последующей установки при необходимости позволяют избежать необходимости постоянного нахождения на борту редко используемой полезной нагрузки.

**Расходные средства функционального назначения** – изделия одноразового применения, входящие в номенклатуру съёмных средств для БЛА, которые определяются назначением БАС. К таким средствам относятся оружие и боеприпасы, радиотехнические буи, сбрасываемые вымпелы и т.п.

**Образец техники** – изделие, предназначенное для выполнения функциональных задач в соответствии с его назначением самостоятельно (как система) и имеющее обозначение. Бывают образцы военной, гражданской и техники двойного назначения. Примерами образцов техники являются: самолёт Су-27, танк Т-80, легковой автомобиль ВАЗ-2110, БЛА «Лунь» и т.п.

**Составная часть образца техники** – изделие техники, предназначенное для выполнения отдельных технических функций в составе образца техники. Примерами составной части образца техники являются системы, комплексы и отдельные изделия, входящие в состав образца техники.

**Сложная техническая система (СТС)** – составное изделие, составные части которого являются системами (техническими, человеко-машинными, человеческими), закономерно объединёнными в единое целое на основе общей информационно-управляющей системы (ИУС) в соответствии с определенными принципами или связанными между собой заданными отношениями и связями для достижения конкретной цели или решения комплекса задач [29]:

$$S_{\text{def}} \equiv \langle C, ICS, TECH, REL, COND \rangle, \quad (1.1)$$

где:

$C = \{c_1, c_2, \dots\}$  – множество целей и задач, которых должна достигать или которые должна решать СТС. Естественно, что:  $\exists c \in C, C \neq \emptyset$ . При  $S = \emptyset \Leftrightarrow C = \emptyset$ , т.е. любая система теряет свой смысл;

$ICS = \langle HCS, HMCS, FCS \rangle$  – совокупность ручных (HCS), человеко-машинных (HMCS) и автоматических (ACS) информационно-управляющих подсистем,  $S = \emptyset \Leftrightarrow IGS = \emptyset$ , т.е. без управления СТС вырождается;

$TECH = OC = \langle As, Ms, SAs, K \rangle = \langle s_1, s_2, \dots \rangle$  – совокупность автоматических (As), ручных (Ms), полуавтоматических (SAs) подсистем и комплексов (K) различных иерархических уровней. Объект управления для ИУС;

Рис. 1.2. Структура ИУС



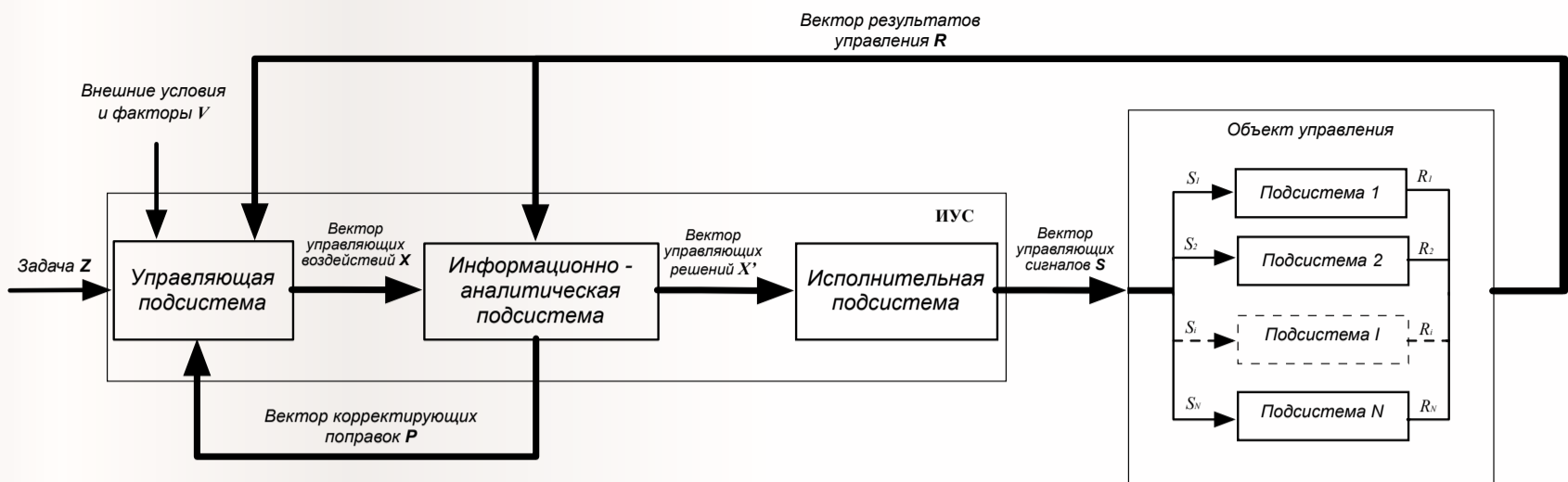


Рис. 1.3. Функциональная схема работы ИУС в СТС [29]

$REL = \langle y_1, y_2, \dots \rangle$  – множество отношений и связей между уровнями СТС и подсистемами;

$COND = \langle I, F, OCOND \rangle$  – среда существования СТС как совокупность информационных (I), функциональных (F) и внешних (OCOND) условий.

Примерами СТС являются производство, транспортное предприятие, воинская часть и т.п. СТС представляет собой более широкое понятие по сравнению с понятием «система военной техники», так как учитывает наличие ключевых элементов, обеспечивающих функциональную самодостаточность.

**Информационно-управляющая система (ИУС)** – техническая или человеко-машинная система, которая предназначена для сбора, обработки и анализа информации, выработки управляющих решений на основе результатов анализа и аналитических оценок с целью управления состоянием системы или устройства для достижения заданного результата функционирования системы более высокого уровня. Она является интеллектуальной составной частью (подсистемой) СТС и представляет собой совокупность операторов управления (ОУ), АРМ, программно-аппаратных комплексов и датчиков (программных роботов и разнообразных сенсоров). ИУС включает в себя три обязательных составных части-подсистемы (рис. 1.2), отсутствие любой из которых делает существование ИУС невозможным.

Управляющая подсистема ИУС предназначена для формирования вектора управляющих воздействий  $X$  информационно-аналитической подсистемы. Вектор управляющих воздействий является результатом обработки условий задачи  $Z$ , реакции на внешние условия и факторы  $V$ , учёта корректирующих поправок  $P$  и состояния СТС (объекта управления), определяемого вектором результатов управления  $R$  (рис. 1.3). В информационно-аналитической подсистеме вектор управляющих воздействий  $X$  преобразуется в вектор управляющих решений  $X'$  для исполнительной подсистемы. Результатом функционирования ИУС является вектор управляющих сигналов  $S$  для производительной подсистемы СТС -  $OC = \langle s_1, s_2, \dots \rangle$ .

**Робототехническая система или комплекс** – система или комплекс, построенные на принципах применения роботизированных изделий.

**Роботизированное изделие** – изделие, имеющее в своём составе не менее одного робота или автоматического

устройства с ИУС.

С позиции СТС, составной частью которой является беспилотная авиационная система, целесообразно применение понятий, определяющих процесс взаимодействия СЧ, реализующей функциональное назначение в составе СТС через каналы управления ИУС СТС.

**Функциональные параметры и характеристики** – параметры и характеристики, при которых реализуются основные функции БЛА по назначению и по которым оценивается соответствие составной части требованиям системы, в которую она входит. Несмотря на то, что в области разработки и проектирования оптимальных ЛА достигнуты впечатляющие достижения [5; 15], говорить об оптимальности даже однорежимных БЛА из-за изменчивости среды функционирования (воздушное пространство) во времени и пространстве не приходится. Исходя из этого целесообразно рассматривать и оценивать БЛА с точки зрения функциональной нагрузки на него со стороны сложной технической системы, т.е. системы более высокого уровня. А в этом случае обеспечить функционирование БЛА в условиях, близким к расчётным, не представляется возможным.

**Управление летательным аппаратом** – воздействие тем или иным способом на органы управления угловым положением ЛА и скоростью его перемещения в пространстве, а также на устройства бортового оборудования и полезной нагрузки с целью реализации требуемой траектории, программы движения и достижения нужного результата применения ЛА.

**Дистанционно пилотируемый летательный аппарат (ДПЛА)** – БЛА, который управляется оператором, находящимся вне ЛА, в непрерывном режиме [30]. Примерами такого БЛА могут служить авиационные свободно летающие и кордовые модели, а также БЛА первого поколения. Особенностью первых авиационных свободно летающих моделей являлось то, что задача управляемости и устойчивости модели в полёте (управление в «малом») возлагалась на оператора. После появления компактных микро САУ оператору БЛА остались функции управления ЛА в «большом», т.е. функциональное управление: задание режима и программы полёта, коррекция погрешностей и оперативное изменение программы полёта, а также управление полезной нагрузкой.

**Беспилотный автоматический летательный аппарат**

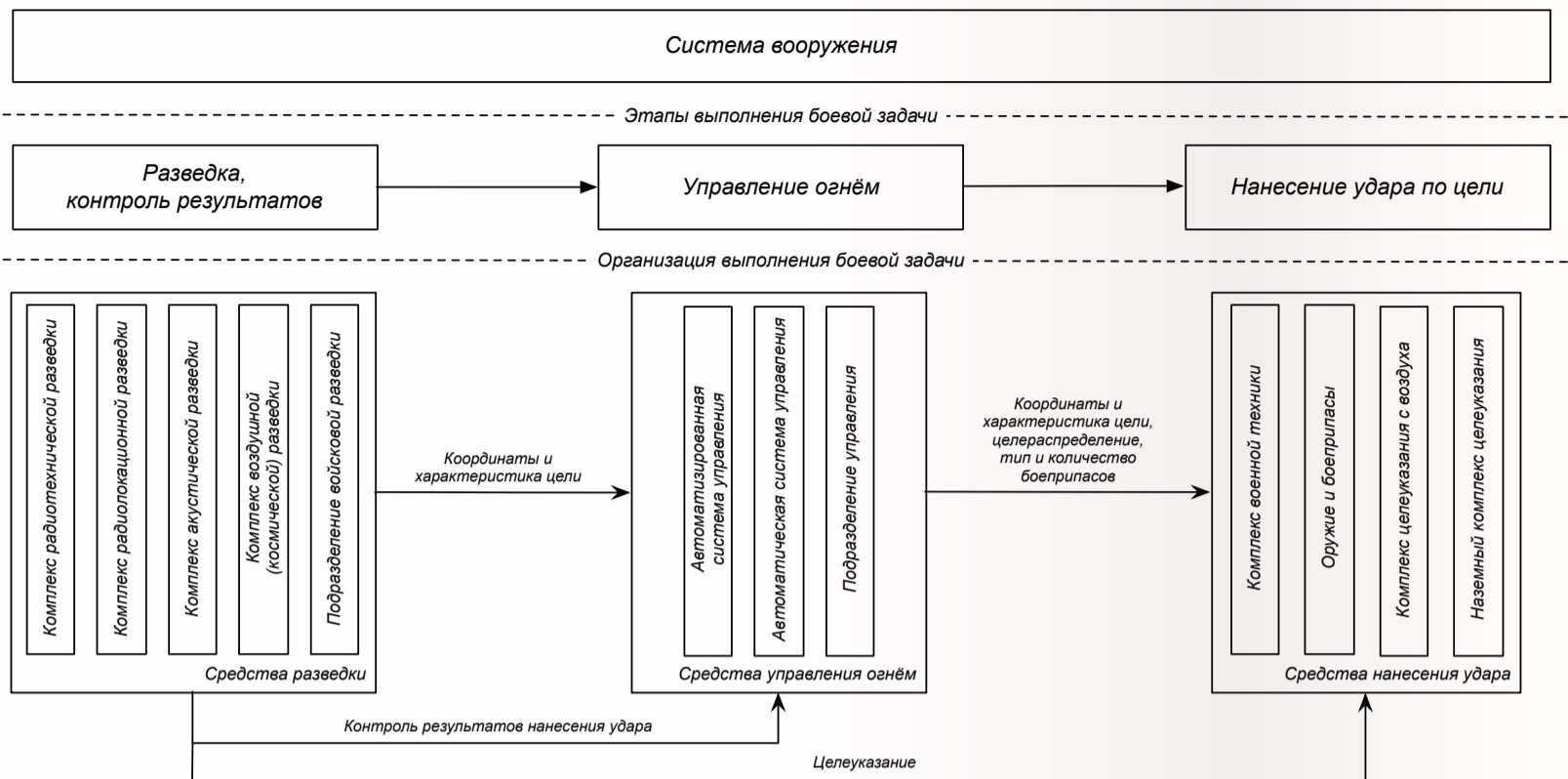


Рис. 1.4. Система вооружения и организация её работы

**(БАЛА)** – БЛА, выполняющий полёт и реализующий свои функции в автоматическом режиме без связи с оператором по заложенным в бортовую систему управления алгоритмам и программам функционирования.

**Дистанционно управляемый летательный аппарат (ДУЛА)** – БЛА, в котором применяется эпизодическое вмешательство оператора в процесс реализации функций БЛА с целью коррекции его функционального поведения.

**Дистанционно управляемая авиационная система (ДУАС)** – БЛА, оснащённый бортовой автоматической информационно-управляющей системой, дистанционное управление которым осуществляется только на уровне постановки задачи на применение и указания цели применения.

### 1.1.3. Понятие функциональных показателей

**Функциональное поведение (поведение)** – образ взаимодействия БАС с окружающей средой в виде совокупности функциональных действий, траекторий движения и режимов работы как результата реализации заложенных в ИУС программ и алгоритмов в сочетании с собственным состоянием, так и реакции на внешние воздействия. Функциональное поведение является принципиальной характеристикой БАС, которая отражает уровень её технического совершенства через ИУС.

**Функция БАС (ЛА)** – роль или роли (задачи) БАС (ЛА) в системе (СТС) более высокого уровня (см. рисунок 1.4). Например, функция сбора видовой, акустической, радиотехнической информации о войсках противника и его инфраструктуре-разведка, функция поиска заданного объекта в пределах определённой заданием области земной поверхности-поиск (в военном деле, в поисково-спасательных мероприятиях, поиск очага пожара в лесных массивах и т.п.), нанесение удара (тем или иным способом) по наземной (надводной, подводной...) цели или группе целей-поражение (подавление) цели.

Например, выполнение боевой задачи по поражению

и уничтожению цели с помощью некоторой обобщённой системы вооружения имеет следующие этапы (рис. 1.4):

1. Разведка цели или контроль результатов предыдущего нанесения удара по цели. Определяются координаты, характеристики и состояние цели.

2. Управление огнём. Осуществляется определение типов и количества боеприпасов, целераспределение (для групповой цели). Средствам нанесения удара по цели передаются координаты и характеристики цели.

3. Нанесение удара по цели. Производится применение средств нанесения удара, входящих в систему вооружения, с целью нанесения такого ущерба для цели, который бы:

- привёл к полной утрате функциональности ввиду полного разрушения, или
- привёл к утрате функциональности до уровня, исключающего или делающего нецелесообразным полное восстановление свойств и характеристик цели, или
- привёл бы к утрате функциональности до такого уровня, который бы исключил её использование по назначению в течение требуемого времени, т.е. на время выполнение некоторой задачи более высокого уровня.

Под ущербом понимается поражение, которое приводит к полной или частичной утрате возможностей выполнять функции по назначению.

Основным показателем эффективности рассматриваемой системы вооружения является критерий эффективности  $C_f^{CB}$ , представляющий собой отношение эффекта от

$$C_f^{CB} = \max \left\{ \frac{U_{ц}}{t_{пор} C_{раб}^1 + Z_{цн} C_{цн}^1 + C_{затр}} \right\},$$

уничтожения цели к затратам на её уничтожение:

где:

$U_{ц} = C_{ц} + \int_0^{t_{жц}} C_{но} dt$  – стоимостное выражение эффекта от уничтожения цели. Первое слагаемое  $C_{ц}$  – стоимость цели,

второе – вероятный ущерб, который может нанести цель в течении жизни до уничтожения.  $C_{но}$  – средняя стоимость номенклатурного объекта который уничтожается целью при ведении боевых действий,  $t_{жц}$  – типовая продолжительность жизни цели при ведении боевых действий. Под номенклатурным объектом понимается объект, входящий в номенклатуру целей для противодействия;

$t_{пор}$  – полное время, затрачиваемое на поражение цели;

$t_{пор} = \sum_{i=1}^N$  – время, затрачиваемое на поражение цели – полное время, затрачиваемое на все этапы выполнения боевой задачи,  $N$  – количество этапов;

$C_{раб}^1$  – стоимость единицы времени работы системы вооружения;

$Z_{сп}$  – расход средств поражения (СП) на выполнение боевой задачи;

$C_{сп}^1$  – стоимость единицы средства поражения;

$C_{затр} = C_{бла} + C_u$  – безвозвратные затраты на выполнение боевого задания в виде суммы стоимостей, потерянных БЛА и ущерба, нанесённого со стороны цели в стоимостном выражении.

Как видно из выражения 1.2, основным направлением совершенствования систем вооружения является сокращение времени  $t_{пор}$ , снижение расхода СП на нанесение требуемого уровня ущерба противнику и минимизация безвозвратных затрат на выполнение боевого задания.

Для примера рассмотрим некоторую артиллерийскую систему вооружения, включающую в свой состав артиллерийский комплекс, пункт управления огнём и средства воздушной разведки. Основной задачей рассматриваемой артиллерийской системы вооружения является уничтожение одиночной неподвижной цели – самоходной артиллерийской установки (САУ), которая находится в пределах площади земной поверхности  $S$  с координатами  $\{z_u, x_u\} \in S$  на удалении от огневого комплекса системы вооружения  $L_u$ .

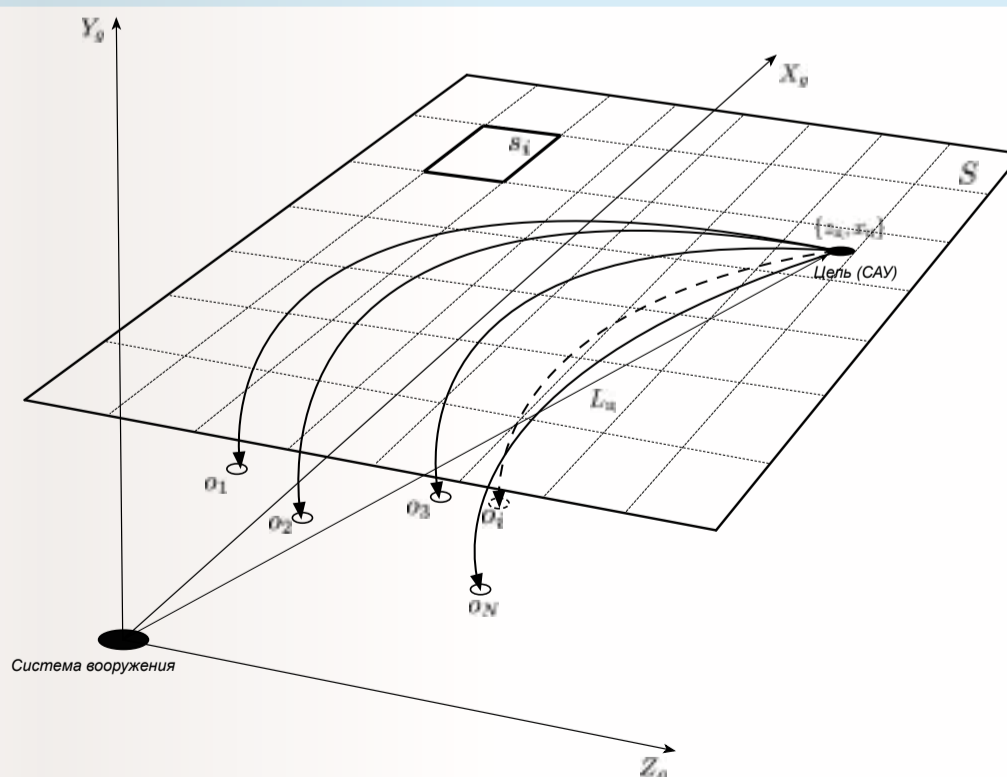
Место стояния цели равновероятно в пределах  $S$  и за-

ранее неизвестно. Гипотетическая САУ осуществляет непрерывную стрельбу по объектам бронетехники (БТ)  $O = \{o_1, o_2, o_3, \dots, o_N\}$  с огневой производительностью  $n$  выстрелов в час и вероятностью поражения  $P_{пор} = 1,0$ . Т.е. каждый  $i$ -й выстрел этой САУ приводит к уничтожению наземной цели  $o_i$ . Формальное представление задачи показано на рисунке 1.5. Дальность до цели  $L_u$  такова, что активные и пассивные наземные инструментальные средства разведки – РЛС, станция РТР и ОЭУ (рис. 1.4) – работать не могут. Следовательно, в данном примере единственным источником разведанных могут служить средства воздушной разведки или войсковая (пешая) разведка. Войсковая разведка является весьма специфичным и затратным по времени и ресурсам способом получения информации и поэтому в данном примере не рассматривается. В качестве средства поражения (СП), которую использует цель, рассматривается управляемый артиллерийский снаряд типа «Краснополь [14], Excalibur [32]».

Очевидно, что в  $t_{пор}$  наиболее длительным по времени является этап получения координат цели – разведки. За один вылет один БЛА может просматривать площадь земной поверхности  $s_i$ , размеры которой определяются возможностями его бортового комплекса. Вся площадь  $S$  просматривается одновременно, т.е. весь наряд БЛА осуществляет разведку одновременно. По летящим БЛА осуществляется огневое воздействие средств войсковой ПВО, прикрывающих цель с вероятностью сбития БЛА  $P_{сб} = f(t_n, V_n)$ ,  $t_n, V_n$  – соответственно, время и скорость полёта в пределах  $S$ . На рис. 1.6 показаны результаты оценки эффективности рассматриваемой системы вооружения ( $C_f^{CB}$ ) от времени получения разведанных при исходных данных приведённых в табл. 1.1.

Рассматриваемый пример иллюстрирует роль средств воздушной разведки в системах вооружения и показывает взаимосвязь составных частей между собой через показатель эффективности функционирования системы вооружения. Видно, что БЛА выполняет важную функцию – функцию разведки, и при этом его функциональные

Рис. 1.5. Схема формализации задачи оценки  $C_f^{CB}$



№ п/п	Параметр	Значение
1	Стоимость цели, \$ млн	25,00
2	Средняя стоимость объекта БТ, \$ млн	1,25
3	Огневая производительность $n$ , 1/час	5
4	Стоимость 1 часа работы системы вооружения, \$ млн/час	0,05
5	Стоимость 1 СП системы вооружения, \$ млн	0,3
6	Вероятность гарантированного уничтожения цели	0,5

параметры (в данном случае функциональная скорость полёта) оказывают значительное влияние на эффективность системы вооружения в целом.

В данном примере сокращение времени проведения разведки за счёт увеличения скорости полёта БЛА приводит к снижению ущерба, наносимого целью, и снижению количества потерянных БЛА от воздействия ПВО противника. В реальности, влияние скорости полёта БЛА на эффективность функционирования системы вооружения с БЛА нелинейно и неоднозначно. Однако зависимость

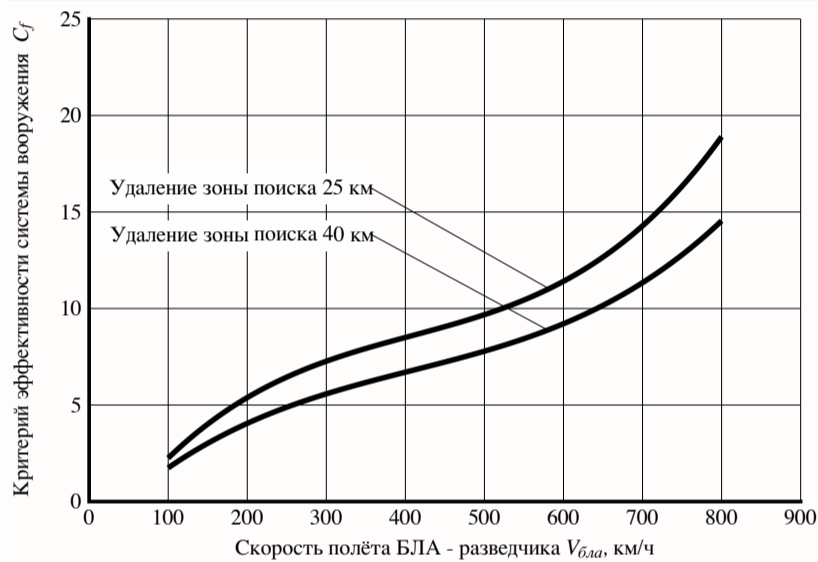


Рис. 1.6. Изменение эффективности гипотетической артиллерийской системы вооружения от скорости полёта БЛА – разведывательной БАС

$C_f^{CB} = f(V_{блa})$  оказывается важной (рис. 1.6).

**Функциональное действие** – событие в виде целенаправленного изменения текущего состояния, положения в пространстве и (или) режима работы в соответствии с заложенными в САУ программами и алгоритмами функционирования и (или) как реакция БАС на внешние

воздействия или управляющее воздействие со стороны ИУС СТС.

Функция БАС  $F_{бас}$  может быть представлена в виде конечного множества функциональных действий, которые, в зависимости от обстоятельств, могут быть выстроены в определённом порядке:  $\{f_1, f_2, f_3, \dots, f_n\} \in F_{бас}$ . Функциональное действие  $f_i$  может быть как конкретным событием (например, «взлёт», «посадка», «пуск ракеты» и т.п.), так и подмножеством  $P \in F$  некоторых событий при реализации функционального назначения, обусловленных взаимодействием с внешней средой (средой функционирования). Порядок функциональных действий может быть:

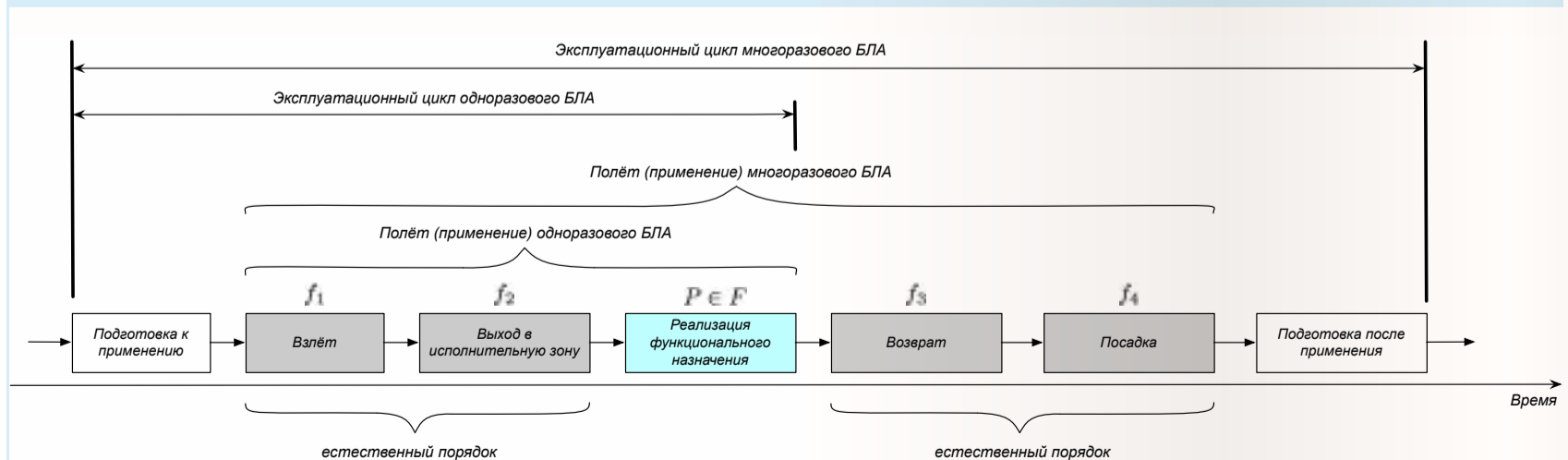
- естественным, обусловленный принципами функционирования,
- планируемым, обусловленный процессом (алгоритмом) реализации функционального назначения,
- вынужденным, который определяется внешними условиями, факторами и
- смешанным, когда появляется комбинация, чаще всего, естественного и вынужденного порядка.

В отдельных случаях, когда поведение БЛА полностью определяется внутренними алгоритмами, добавляется планируемый порядок.

**Естественный порядок функциональных действий** – порядок, который определяется принципами действия БЛА и характеризуется тем, что все функциональные действия представляют собой упорядоченную последовательность, в которой ни одно последующее событие не начнётся, пока не будет завершено предыдущее (рис. 1.7):

Под **эксплуатационным циклом** понимается совокупность технической и лётной эксплуатации в одном применении [24]. Например, при реализации функции целеуказания по наземной цели в эксплуатационном цикле поведение БЛА полностью определяется алгоритмом соответствующей программы в бортовой ИУС, и порядок

Рис. 1.7. Функциональные действия в эксплуатационном цикле БЛА



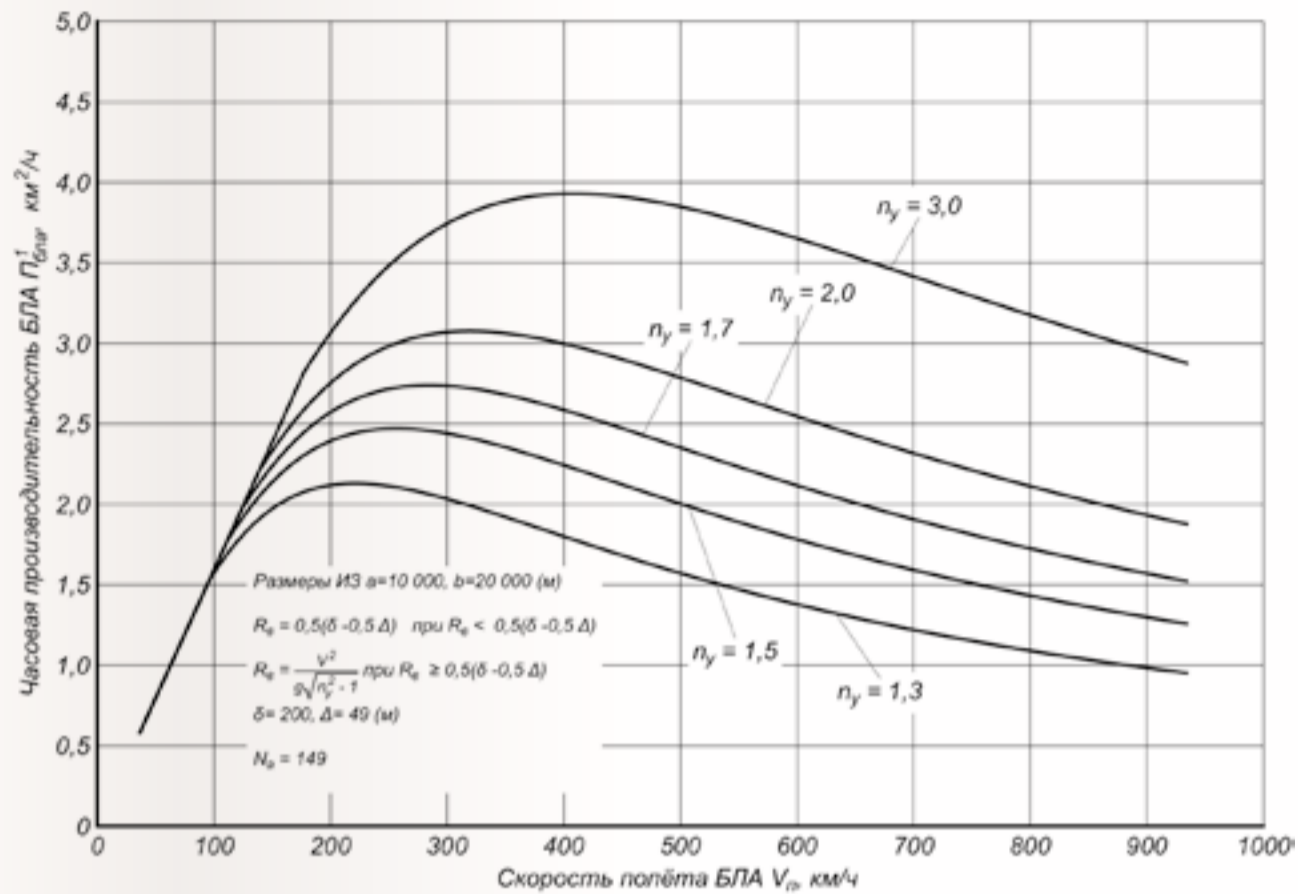


Рис. 1.8. Взаимосвязь часовой производительности БЛА с его скоростью полета и нормальной перегрузкой

функциональных действий является планируемым. Однако непредсказуемость поведения наземной цели относительно БЛА, выражающаяся в виде изменения траектории движения, выполнении манёвра уклонения, а также изменение внешних условий (погода, изменение освещённости) и факторов (противодействие ПВО противника, постановка помех, изменение приоритетности цели, отказ техники...) и т.п. приводит к тому, что порядок функциональных действий становится вынужденным и случайным.

Обычно, сравнивая ЛА при оценке их уровня совершенства, пользуются набором технических показателей, которые в отношении БЛА не всегда являются объективными и достаточными и, фактически, являются предельными:

- $K_{max}$  – максимальное аэродинамическое качество;
- $V_{max}$  – максимальная скорость полета;
- $T_{max}$  – максимальная продолжительность полета;
- $P_{уд}$  – удельная нагрузка на крыло;
- $n_y^{max}$  – максимальная нормальная перегрузка и т.д.

БЛА, на нынешнем уровне развития, является составной частью системы более высокого уровня, несёт конкретную функциональную нагрузку в пределах этой системы и поэтому определяет, в том числе, уровень эффективности всей системы. Исходя из этого, целесообразно использовать т.н. **функциональные** показатели. Под функциональными понимаются технические параметры и показатели, по которым осуществляется интеграция БЛА как составной части в сложную техническую систему более высокого уровня. Область функциональных параметров БЛА определяется, исходя из требуемого уровня функциональной (боевой – для военной системы) эффективности всей СТС, в которую входит упомянутый БЛА.

Например, для БЛА-разведчика, входящего в состав

системы вооружения (см. пример выше), очень важным является его часовая функциональная производительность:  $\Pi^1_{БЛА}$ , [км<sup>2</sup>/ч].  $\Pi^1_{БЛА}$  – площадь земной поверхности, просматриваемая за час полета. Зависимость  $\Pi^1_{БЛА} = f(V_n, \delta)$  имеет вид, показанный на рис. 1.8. Зависимость построена для исполнительной зоны (ИЗ) 200 км<sup>2</sup>, полосы захвата бортового комплекса  $\delta = 200$  м при разных истинных скоростях полета  $V_n$  и значениях нормальной перегрузки  $n_y$ . Видно, что на зависимостях присутствует зона максимальных значений, и влияние скорости неоднозначно.

В общем случае, исходя из назначения и задач, решаемых СТС, в которую в качестве составной части входит БЛА, к функциональным параметрам, прежде всего, относятся параметры:

- $V_n$  – истинная скорость полета;

Рис. 1.9. Соотношения между функциональными параметрами для БЛА различного типа с одинаковой взлётной массой

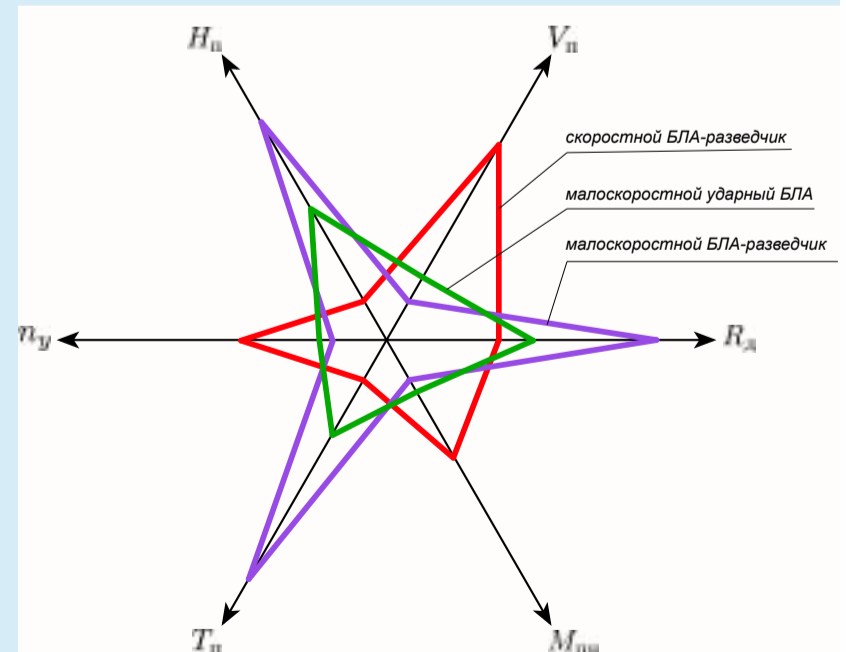




Таблица 1.2. Классификация БЛА

Класс БЛА	Обозн.	$R_d$ , км	$H_n^{max}$ , м	$T_n^{max}$ , час	$M_0$ , кг
Нано БЛА	$\eta$ (Nano)	<1	100	<1	<0,025
Микро БЛА	$\mu$ (Micro)	<10	250	1	<5
Миниатюрный БЛА	Mini	<10	150...300	<5	<30
БЛА непосредственной близости	CR	10...30	3 000	2...4	150
БЛА малого радиуса	SR	30...70	3 000	3...6	200
БЛА среднего радиуса	MR	70...200	5 000	6...10	1 250
БЛА среднего радиуса БПП	MRE	>500	8 000	10...18	1 250
Маловысотный проникающий БЛА	LADP	>250	50...9 000	0,5...1,0	350
Маловысотный БЛА БПП	LALE	>500	3 000	>24	<30
Средневысотный БЛА БПП	MALE	>500	14 000	24...48	1 500
Высотный БЛА БПП	HALE	>2 000	20 000	24...48	12 000

$H_n$  – высота полёта;  
 $n_y$  – нормальная перегрузка;  
 $T_n$  – продолжительность полёта;  
 $M_{пн}$  – масса полезной нагрузки;  
 $R_d$  – радиус действия,  
 которые лежат в основе критериев эффективности БЛА (см., например, рис. 1.7). Следует отметить, что в критериях эффективности системного уровня используется истинная (земная) скорость полёта, при определении характеристики и показателей БЛА – воздушная. Качественное соотношение между функциональными параметрами БЛА различного типа приведено на рис. 1.9.

**1.2. Классификация беспилотных летательных аппаратов: разнообразие подходов**

**1.2.1. Современное состояние классификации беспилотных летательных аппаратов**

Классификация является самостоятельной системой знания, правда, всегда существующей в рамках той или иной науки (биологии, химии, минералогии или какой-либо другой) в более широком контексте знания, рядом с другим рода знанием, которое работает на классификацию так же, как она работает на него [34]. В данном случае, исходя из современного, весьма хаотичного, состояния с классификацией БАС можно сделать достаточно простой вывод: в мире применяется примитивная и совершенно бесполезная в практике классификация БАС [25]. Причиной этого является излишняя коммерциализация знаний, которая не предполагает стимуляцию прогресса в науке и подменяет содержание внешней, достаточно привлекательной формой.

В основе классификации БЛА, по представлениям

западных аналитиков, лежит следующая группа параметров:

- стартовая масса БЛА  $M_0$ ;
- радиус действия БЛА  $R_d$ ;
- функциональная высота полета  $H_n^{max}$  (см. раздел 1.1.2);
- функциональная продолжительность полета  $T_n^{max}$ .

В соответствии с этой группой параметров принята следующая классификация БЛА (табл. 1.2). Классификация БЛА специального назначения приведена в табл. 1.3. Отечественная классификация до настоящего времени также окончательно не сложилась, хотя её отличие от западного варианта является условным, поскольку в основе отечественной классификации лежат те же соображения: есть статистика по разрабатываемым и эксплуатируемым БЛА, и она формирует классификацию [27; 31]. Однако применяемый подход к классификации БАС не позволяет получать достаточную информацию о классе летательного аппарата и выстроить однозначную взаимосвязь между основными техническими показателями ЛА и его назначением. Например, миниатюрный БЛА (табл. 1.2) может быть тактическим, т.е. применяемым в военном деле на глубинах обороны до 50 км, иметь взлётную массу до 30 кг и летать на скоростях до 800 км/ч. Но точно так же может быть малоскоростным со скоростью полёта до 120 км/ч, летать в пределах тех же 50 км и иметь такую же взлётную массу. Оба БЛА относятся к одному и тому же классу и при этом это два совершенно разных БЛА, имеющих разное функциональное назначение и принципиально разные лётно-технические характеристики (ЛТХ). При этом высокоскоростной БЛА будет иметь продолжительность полёта 0,5 часа, а у малоскоростного БЛА продолжительность полёта может быть такой же или значительно больше. Но

Таблица 1.3. Классификация БЛА специального назначения

Класс БЛА	Обозн.	$R_d$ , км	$H_n^{max}$ , м	$T_n^{max}$ , час	$M_0$ , кг
Боевой БЛА	UCAV	$\approx$ 1 500	10 000	$\approx$ 2	10 000
Одноразовый ударный БЛА	LETH	300	4 000	3...4	250
Ложная цель	DEC	0...500	5 000	<4	250
Стратосферные	STRATO	>2 000	20 000...30 000	>48	НО
Внестратосферные	EXO	НО*	>30 000	НО	НО
Космические	SPACE	НО	НО	НО	НО

\* НО - не определено

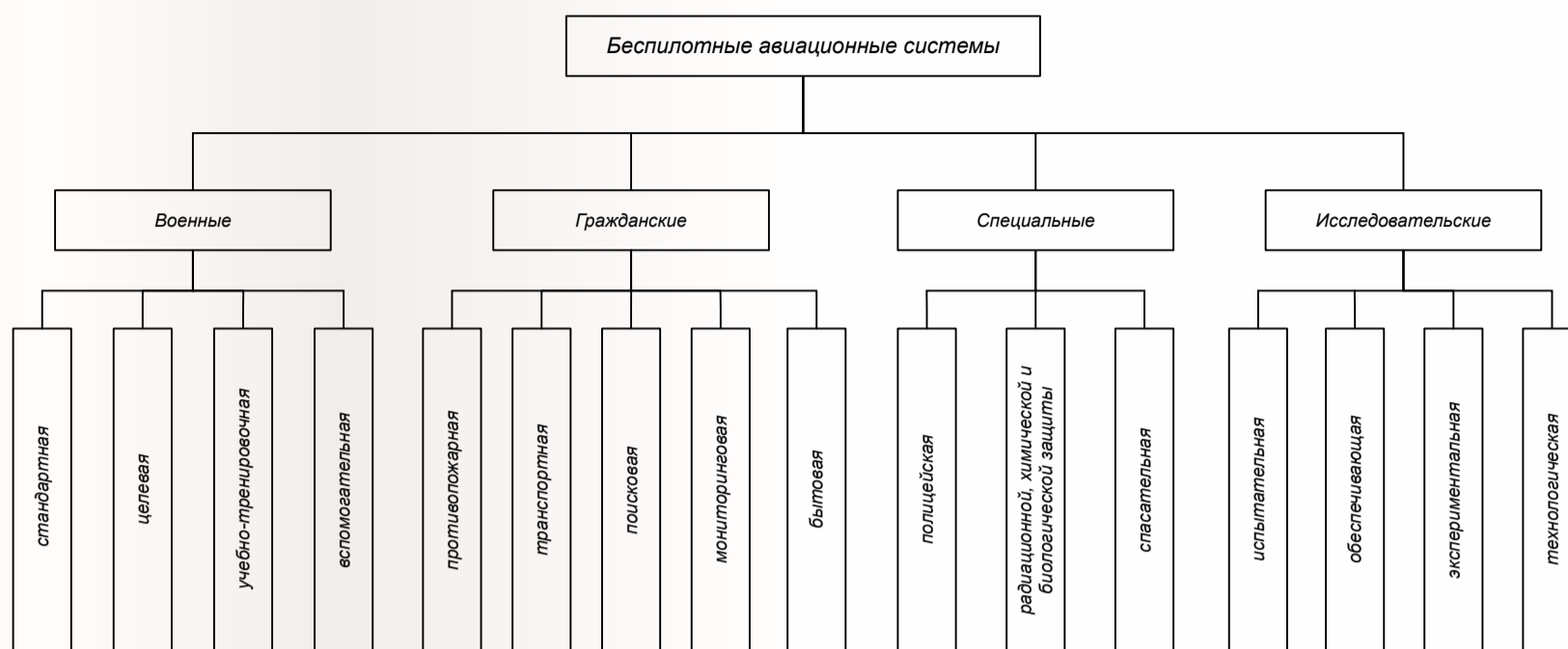


Рис. 1.10. Классификация БАС по области применения и принадлежности

при этом, согласно принятой классификации, это БЛА одного класса. Налицо формальный, малоинформативный и малопригодный для практической деятельности подход.

Более рациональным является подход к классификации БАС, опирающийся на функциональные параметры, назначение и глубины применения БЛА. Эти факторы являются первичными и однозначно определяют технический облик БЛА, как и любого другого ЛА. Такой подход не накладывает никаких ограничений на БЛА с точки зрения размерности и ТТХ и формирует законченные функциональные классы БАС.

### 1.2.2. Классификация беспилотных летательных аппаратов

Несмотря на то, что любой БЛА может использоваться для разных целевых задач, область применения в значительной степени определяет технический облик БАС и особенности его эксплуатации. По области применения БАС делятся на (рис. 1.10):

- военные,
- гражданские,
- специальные,
- исследовательские.

#### 1.2.2.1. Военные БАС

**Военные** БАС представляют собой самый старый класс беспилотной техники. Основной причиной его появления явилось стремление снизить стоимость выполнения боевой задачи, поскольку подготовка лётного экипажа всегда стоила почти столько же, сколько и сам боевой летательный аппарат. При этом основной задачей, которая возлагалась на беспилотные летательные аппараты, изначально была ударная: доставка боевого заряда на позиции противника. Последующее развитие авиационных средств поражения (АСП), оптики, радиоэлектроники, систем автоматического управления и информационно-управляющих систем привело к существенному расширению применения БАС в военной области. Под **военными** понимаются все БАС, которые используются для

выполнения или обеспечения военных задач самостоятельно или в качестве составных частей систем вооружения и относящиеся к изделиям военной техники. Сюда же относятся БЛА, изготавливаемые различными террористическими организациями кустарным или промышленным способом. Военные БЛА обычно разрабатываются под требования военного заказчика, которые излагаются в соответствующем ТЗ. Иногда на технологической базе и на основе конструкции существующего БЛА из другой области применения разрабатывается военная версия ЛА.

#### 1.2.2.2. Гражданские БАС

**Гражданские** БАС являются новым, самостоятельным классом робототехнических авиационных систем, который появился и бурно развивается благодаря достижениям в эволюционном развитии радиоэлектроники, авионики и цифровой техники. Базовой идеологической основой гражданских БАС явился авиационный моделизм. Миниатюризация бортового оборудования в сочетании с высокими уровнями надёжности позволили снизить стоимость элементной базы, обеспечить доступность для приобретения и расширить область применения БАС: от решения задач пожарной безопасности до бытового применения в области массовых развлечений и частного пользования. Однако развитие этого класса БАС сдерживается отставанием сопутствующих областей техники и сложностью административно-юридического оформления процессов гражданского применения, особенно в бытовой сфере.

#### 1.2.2.3. Специальные БАС

**Специальные** БАС можно рассматривать как некоторую усечённую часть военных БАС, поскольку в основе функционального назначения для этой техники лежит поисковая и разведывательно-мониторинговая задачи. Основным отличием БАС специального класса от их военных аналогов являются более жёсткие тактико-технические требования (ТТТ), особенно в части:

- функционирования в максимально широком диапазоне погодных-климатических условий и внешней

освещённости,

- повышенной живучести в условиях агрессивной внешней среды: высокие температуры, сложные погодные условия, агрессивное воздействие химических аэрозолей, радиационное излучение различной мощности и т.п.,
- разрешающей способности бортового поисково-разведывательного оборудования,
- надёжности бортового комплекса.

Высокие и специфические ТТТ приводят к тому, что для БЛА, входящих в специальные БАС, требуется дорогое и уникальное бортовое оборудование. Это существенно усложняет, удорожает и сдерживает развитие этого класса БАС.

**1.2.2.4. Исследовательские БАС**

**Исследовательские** БАС представляют собой, с технической точки зрения, самый передовой и уникальный класс. Основной задачей исследовательских БАС является всемерное снижение затрат при проведении испытаний авиационной техники, исследования новых режимов полёта, оценке эффективности новых технических решений и оборудования и т.п. Например, в случаях высокой вероятности гибели экипажа или высокой опасности для жизни его членов при проведении испытаний авиационной техники целесообразно использовать беспилотные аналоги исследуемого образца техники, если есть такая возможность. Очень часто просто не представляется возможным оценить живучесть боевого пилотируемого ЛА при воздействии средств поражения ПВО иначе как в полёте. Преобразование пилотируемого самолёта в беспилотный вариант с максимальным сохранением всех функциональных возможностей позволяет не только сохранить жизнь лётчику, но и получить результаты очень близкие к реальным. Исследовательские БАС могут быть оригинальными или созданными на технологической и конструктивной основе серийной техники путём замены оборудования, полезной нагрузки и (или) других бортовых систем ЛА и наземной инфраструктуры БАС.



Рис. 1.11. Стандартный военный БЛА RQ-11 Raven [9]

Глубина изменений БАС при преобразовании её в исследовательскую определяется соображениями экономического и технологического планов, а также требованиями корректности получаемого результата.

**1.2.3. Классификация военных БАС**

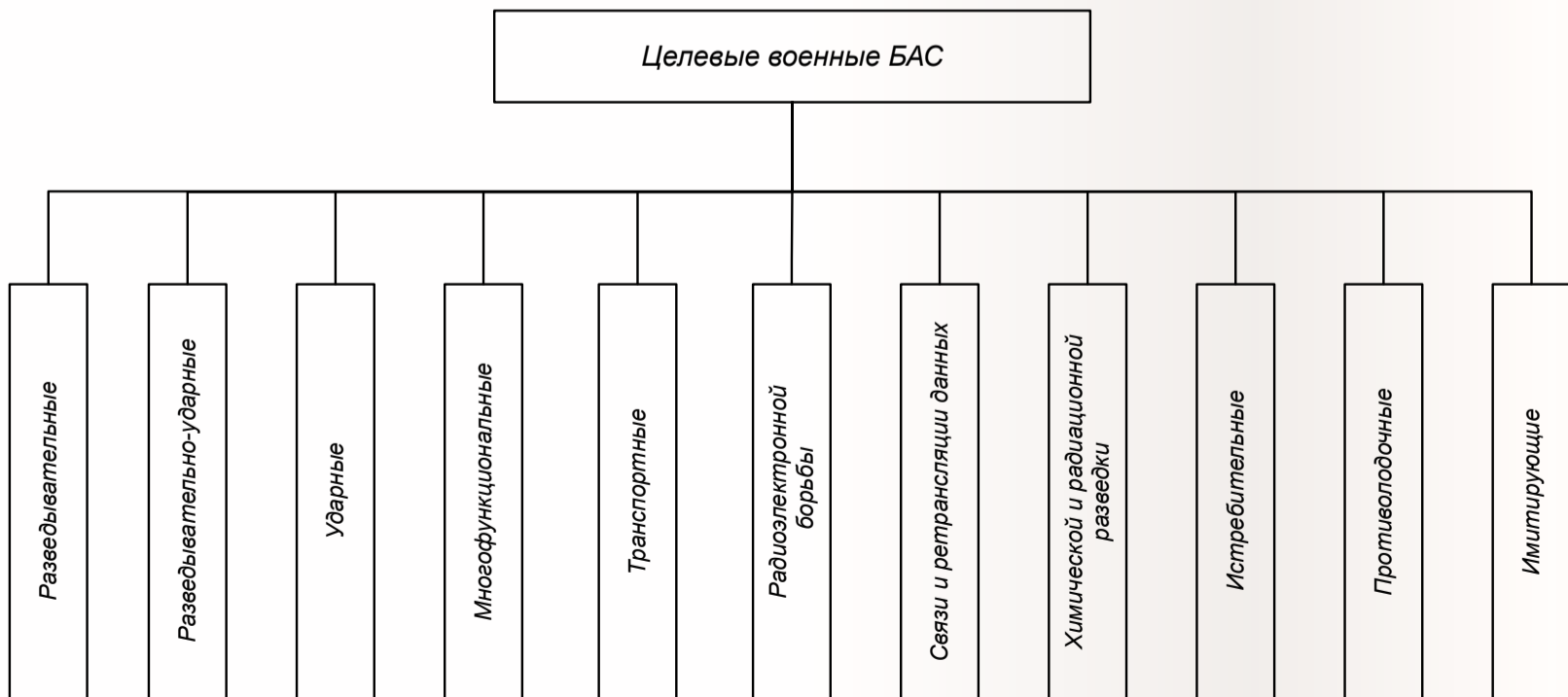
**Военные** БАС по принадлежности делятся на:

- стандартные,
- целевые,
- учебно-тренировочные,
- вспомогательные.

**1.2.3.1. Стандартные БАС**

К **стандартным** относятся все БАС, входящие в качестве составной части в систему вооружения воинских подразделений и частей, имеющие функциональные характеристики, которые оптимизированы для выполнения большой номенклатуры задач в боевых условиях в составе СТС. Обычно такие БАС выполняются на унифицированных платформах и отличаются многофункциональностью. Например, на рисунке 1.11 показан стандартный военный БЛА RQ-11 Raven, который применяется, в основном, для наблюдения за оперативной обстановкой в тактической глубине боевых порядков противника, ограниченно для

Рис. 1.12. Классификация целевых военных БАС по назначению



добывания разведанных и редко для целеуказания и корректировки огня артиллерийских систем.

Особенность его применения определила его технический облик: малую взлётную массу, невысокие функциональные скорость и высоту полёта, старт с руки и автоматическая посадка на фюзеляж, а также целесообразные состав и характеристики бортового комплекса [7]: малогабаритная оптико-электронная станция наблюдения и инфракрасная камера. Такие БАС не могут отличаться высокими (или выдающимися) функциональными характеристиками и высоким уровнем боевой эффективности, поскольку рассчитаны на применение в условиях интенсивного противодействия ПВО противника в виде плотного огневого и радиоэлектронного воздействия и должны быть дешёвыми [11]. **Стандартные** военные БАС могут применяться для:

- наблюдения с воздуха,
- разведки (видовой, радиотехнической, химической),
- целеуказания без применения специализированного оборудования,
- выполнения задач радиоэлектронной борьбы (РЭБ),
- ограниченно для ударных задач на поле боя или при диверсионных действиях,
- поиска малоразмерных подвижных и стационарных объектов на заданном участке земной поверхности.

### 1.2.3.2 Целевые БАС

Для выполнения задач, которые требуют средств высокой боевой эффективности и надёжности достижения результата, применяются целевые военные БАС. Такие БАС отличаются высокими характеристиками бортового комплекса, значительными массами полезных нагрузок и большим набором возможностей при выполнении целевой задачи. К целевым относятся БАС, технический облик которых определён для конкретных функциональных задач в составе СТС. Классификация целевых военных БАС по назначению приведена на рис. 1.12.

Основным и наиболее интенсивно развивающимся классом целевых военных БАС являются **разведывательные БАС**.

#### Разведывательные БАС

Основной задачей военных разведывательных БАС является получение инструментальными средствами бортового комплекса и полезной нагрузки сведений о боевом потенциале противника (вероятного противника) на заданном участке земной поверхности. Для вскрытия боевых порядков противника, мест дислокации, качественного и количественного состава войск, транспортных коммуникаций, характера повседневной деятельности частей и подразделений в зависимости от масштаба участка земной поверхности, состояния отношений с противником (вероятным противником), географических и погодных-климатических условий военные разведывательные БАС могут содержать БЛА с разными уровнями возможностей:

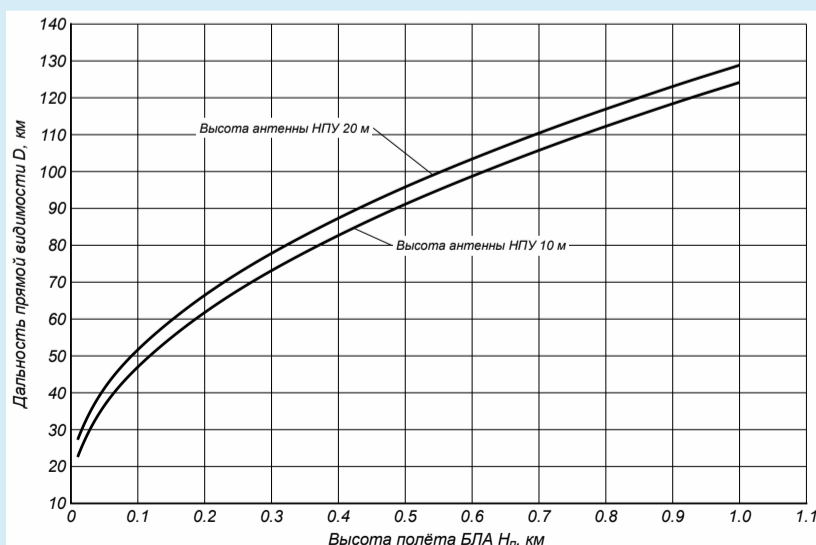
- по функциональной скорости полёта  $V_n$ :
  - малоскоростные, от 0 до 200 км/ч;
  - среднескоростные, от 180 до 600 км/ч;

- скоростные (проникающие), от 600 км/ч и более;
- по функциональной высоте полёта  $H_n$ :
  - маловысотные, до 1 000 м;
  - средневысотные, от 500 до 5 000 м;
  - высотные, от 5 000 м и выше;
- по функциональной продолжительности полёта  $T_n$ :
  - малой продолжительности полёта, до 1 ч;
  - средней продолжительности полёта, до 8 ч;
  - большой продолжительности полёта, более 8 часов;
- по функциональному радиусу действия  $R_n$  [18]:
  - тактические, до 50 км;
  - оперативные (оперативно-тактические), до 300 км;
  - стратегические, более 300 км;
- по режиму обмена данными с наземной инфраструктурой БАС в процессе полёта:
  - с постоянным обменом данными;
  - с эпизодическим обменом данными;
  - без обмена данными.

Радиус действия БЛА военных разведывательных БАС определяется, в основном, дальностью действия радиоканалов связи и передачи данных и высотой полёта  $H_n$ : см. рис. 1.13.

Высота размещения приёмо-передающей антенны наземного пункта управления (НПУ) БАС позволяет несколько увеличивать дальность прямой связи. На рис. 1.13 приведены данные для земного эллипсоида [23] и их можно использовать для морской поверхности. Для земной поверхности со сложным рельефом (холмы, горы) и затеняющими объектами (здания, деревья и т.п.) располагаемая дальность прямой связи может быть существенно меньше. БЛА, использующие постоянный обмен данными с наземной инфраструктурой БАС, как правило, имеют ограниченный радиус действия и относятся к тактическому уровню. БЛА с эпизодическим обменом данными могут быть оперативными и стратегическими. Скоростные БЛА, осуществляющие полёт на малой высоте (менее 300 м), функционируют без обмена данными с НПУ БАС. Военные разведывательные БАС в составе СТС решают задачи, которые, в сочетании с видом получаемой развединформации, достаточно полно определяют технический облик БЛА:

Рис. 1.13. Зависимость дальности прямой видимости от высоты полёта БЛА и высоты антенны НПУ БАС



- наблюдение: непрерывный контроль оперативной обстановки в заданном районе земной поверхности (в тактической глубине боевых порядков противника, в приграничных районах страны-потенциального противника, районов военно-промышленной деятельности и т.п.);

- разведка: поиск, обнаружение и распознавание объектов противника в заданном районе земной поверхности;

- доразведка: определение или уточнение характеристик цели (координат, параметров движения, состава цели и т.п.);

- контрольная разведка: оценка состояния цели и понесённого ею ущерба после нанесения удара.

Выбор типа БЛА для разведывательной БАС определяется требованиями к его функциональным показателям:

- площадь исполнительной зоны  $S_{из}$ ;
- часовая производительность  $\Pi'_{БЛА}$ ;
- радиус действия  $R_D$ ;
- потребное разрешение бортового комплекса разведки  $v$ ;
- полоса просмотра бортовым комплексом  $\delta_n$ ;

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

Тип бортового комплекса разведки БЛА разведывательной БАС определяется видом разведки (по физической природе носителя информации):

- видовая: фотографическая, телевизионная, оптико-электронная;
- радиоэлектронная: радиотехническая, радиолокационная;
- радиационная;
- химическая;
- магнитометрическая.

Примеры БЛА разведывательных БАС показаны на рис. 1.14 – 1.19. Некоторые из БЛА на приведенных рисунках уже стали историей. Однако, как можно будет увидеть дальше, во многом отказ от принципов, лежавших в их основе, оказался опрочечивым, и новая техника, пришедшая взамен, оказалась по ряду показателей хуже. Во многом эффективность применения разведывательных БАС определяется грамотным учётом их тактико-технических возможностей и правильным планированием программы и профиля полёта при выполнении боевого задания.



Рис. 1.14. Скоростной БЛА Ту-143 тактической разведывательной БАС [28]



Рис. 1.17. Малоскоростной БЛА IAI Hermes 450 оперативно-тактической разведывательной БАС [3;4]



Рис. 1.15. Малоскоростной БЛА IAI I-View MK.150 тактической разведывательной БАС [4]



Рис. 1.18. Высотный БЛА RQ-4A Global Hawk стратегической разведывательной БАС [10]



Рис. 1.16. Скоростной БЛА BQM-34 Firebee оперативной разведывательной БАС [6]



Рис. 1.19. Скоростной высотный БЛА Ту-123 стратегической разведывательной БАС [28]

Литература

2. Bertalanffy L. General System Theory. Foundations, Development, Applications. – N.Y.: George Braziller Inc., 1968. – 289 с.
5. Kimon P. Valavanis, George J. Vachtsevanos. Handbook of Unmanned Aerial Vehicles / под ред. George J. Vachtsevanos. – New York : Springer, 2015. – 3015 с. – ISBN 978-90-481-9706-4.
12. Авиация: Энциклопедия / под ред. Г.П. Свищёва. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1994. – 736 с. – ISBN 5-85270-086-X.
21. ГОСТ 2.101-2016. Единая система конструкторской документации. Виды изделий. – Стандартинформ, 2016. – 8 с.
17. В.Н. Волкова, А.А. Денисов. Теория систем: Учеб. пособие. – М. : Высш. школа, 2006. – 511 с. – ISBN 5-06-005550-7.
35. Теория систем и системный анализ: Справочник: Учеб. пособие / под ред. В.Н. Волковой, А.А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 848 с. – ISBN 5-279-02933-5.
29. Ростопчин В.В. Классификация информационно-управляющих систем // Материалы 2-й все- российской научно-технической конференции «Информационно-измерительное обеспечение натуральных испытаний и эксплуатации сложных технических комплексов». – ООО «РостИнтелАвиа». г. Великий Новгород : ОАО НПИЦ «Арминт», 2016.
15. Брусов В.С., Баранов С.К. Оптимальное проектирование летательных аппаратов: Многоцелевой подход. – М. : Машиностроение, 1989. – 232 с. – ISBN 5-217-00588-2.
30. Ростопчин В.В., Бурдун И.Е. Беспилотные авиационные системы: основные понятия // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. – 2009. – Апр. – No 4. – С. 82-88.
14. Бабичев В., Рабинович В. «Краснополь – М2» – высокоточный артиллерийский комплекс нового поколения // Военный парад. – 2009. – Т. 91, No 01. – С. 36-39.
32. Русинов В. Меч короля Артура для гаубицы. Управляемый снаряд М982 «Экскалибур»: история создания и возможности развития // Военно-промышленный курьер. Общероссийская еженедельная газета. – 2012. – август. – Т. 450, No 33.
34. Субботин А.Л. Классификация. – М. : ИФ РАН, 2001. – 94 с. – ISBN 5-201-02046-1.
25. Мейен С.В., Шрейдер Ю.А. Методологические аспекты теории классификации // Вопросы философии. – 1976. – No 12. – С. 67-79.
27. О Временных единых технических требованиях к робототехническим комплексам, беспилотным летательным аппаратам и прикладному программному обеспечению к ним. Решение коллегии No 6/V. – 25.03.2015. – URL: [http://www.mchs.gov.ru/upload/site1/document\\_file/FVCQ8zUL4f.pdf](http://www.mchs.gov.ru/upload/site1/document_file/FVCQ8zUL4f.pdf) (дата обр. 10.09.2018). Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.
31. Ростопчин В.В., Ефимов А.Е. Тенденции развития мирового парка беспилотных авиационных систем в XXI веке // Создание, модернизация БВТ в современных условиях. – Приморский, 2013. – Т. Сб. трудов МО Украины.
11. Stewart P. Exclusive: U.S.-supplied drones disappoint Ukraine at the front lines. – URL: [https://www.reuters.com/article/us-usa-ukraine-drones-exclusive-idUSKBN14A26D?utm\\_campaign=trueAnthem:+Trending+Content&utm\\_content=585b1fb704d30170c3b73180&utm\\_medium=trueAnthem&utm\\_source=twitter](https://www.reuters.com/article/us-usa-ukraine-drones-exclusive-idUSKBN14A26D?utm_campaign=trueAnthem:+Trending+Content&utm_content=585b1fb704d30170c3b73180&utm_medium=trueAnthem&utm_source=twitter) (дата обр. 21.12.2016).
23. Закатов П.С. Курс высшей геодезии. Изд.4, перераб. и доп. – М.: «Недра», 1976. – 511 с.
28. Ригмант В.Г. Самолёты ОКБ А.Н. Туполева. – М.: «Русское авиационное акционерное общество» (РУСАВИА), 2001. – 336 с. – ISBN 5-900078-11-6.
6. Pike J. BQM-34 Firebee. – URL: <https://fas.org/irp/program/collect/Firebee-Sys- Desc.pdf> (дата обр. 01.09.2018).
3. Elbit Hermes 450. – URL: [https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft\\_id=824](https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=824) (дата обр. 10.08.2018).
4. I-View. – URL: <http://www.israeli-weapons.com/weapons/aircraft/uav/i-view/I-View.html> (дата обр. 18.02.2018).
10. RQ-4A/B Global Hawk HALE Reconnaissance UAV. – URL: <https://www.airforce-technology.com/projects/rq4-global-hawk-uav/> (дата обр. 09.09.2018).
7. Raven RQ-11A/B. – URL: [www.avinc.com](http://www.avinc.com) (дата обр. 05.01.2018).
18. Война и мир в терминах и определениях / Данилевич А.А. [и др.], под ред. Рогозина Д.О. – М. : Издательский дом «ПоРог», 2004. – 624 с. – ISBN 5-902377-04-8.
19. В.С. Фетисов, Л.М. Неугодникова, В.В. Адамовский, Р.А. Краснопёров. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние. ФОТОН, 2014.

Продолжение следует