

УДК 629.735.3.001.26

## ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В.Н. ЖУРАВЛЕВ, П.В. ЖУРАВЛЕВ

В статье рассматривается состояние и перспективы применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в различных отраслях экономики (ОЭ). Основной целью анализа является определение отраслей экономики, в которых применение БПЛА являлось бы наиболее перспективным в краткосрочной и среднесрочной перспективе. На основе анализа основных требований и ограничений к проведению авиационных работ были выявлены те виды работ, применение БПЛА на которых будет наиболее рациональным и эффективным. Оценка эффективности базировалась на разработанном методе оценке ряда таких факторов, как преимущества использования пилотируемых летательных аппаратов, преимущества использования БПЛА, проблемы, связанные с использованием пилотируемых летательных аппаратов, проблемы, связанные с использованием БПЛА. После оценки обозначенных выше вопросов была произведена оценка показателей безопасности, эксплуатационной производительности и экологичности. Эти качественные оценки позволили идентифицировать отрасли экономики, применение БПЛА в которых могло бы потенциально быть наиболее выигрышным. Также в статье рассматриваются возможные стратегии разработки БПЛА в целях решения задач авиации общего назначения. Так называемая «смешанная» стратегия разработки БПЛА идентифицируется в качестве самой лучшей в сложившейся на сегодняшний день ситуации. Эта стратегия совмещает конвертирование существующих военных БПЛА с целью их адаптации к гражданскому применению с параллельной разработкой полностью новых БПЛА, которые бы проектировались для применения в отраслях народного хозяйства с самого начала процесса разработки (то есть «с нуля»).

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, эффективность, отрасли экономики, перспективы применения, требования и ограничения.

Разработка новой авиационной техники представляет собой процесс согласования требований заказчика и возможностей разработчика новых летательных аппаратов (ЛА). В этом процессе ЛА должен рассматриваться как сложная авиационная система – авиационный комплекс, при разработке которой требуется применять системный подход [1]. Этой проблеме согласования требований перспективных заказчиков и возможностей разработчиков современных и перспективных БПЛА и посвящена данная статья.

Успешность эксплуатации разрабатываемых ЛА в ОЭ определяется их соответствием требованиям, предъявляемым заказчиком, в том числе исходя из условий эксплуатации.

В настоящее время в Российской Федерации авиация применяется в следующих ОЭ [2]:

- 1) нефтегазодобывающая промышленность;
- 2) геологоразведка;
- 3) сельское хозяйство;
- 4) лесное хозяйство;
- 5) строительство;
- 6) поисково-съёмочные работы;
- 7) оказание медицинской помощи;
- 8) поисково-спасательные и аварийно-спасательные работы и др.

Используя методологию системного анализа и теорию эффективности авиационных комплексов [3, 4], можно формализовать классификацию различных типов работ в зависимости от физических принципов их выполнения и особенностей взаимодействия ЛА с объектом выполнения работ (объектом перевозки, обработки, спасения и т. п.).

Для этого необходимо ввести следующие обозначения:

$S$  – тип работы;

$\vec{r} = (i, j, k)$  – структурный вектор типа работы;

$\vec{v}_r$  – параметрический вектор типа работы, который имеет индекс  $r$  потому, что параметры работы имеют смысл только в случае, если структура этой работы является заданной и определенной.

Структурный вектор типа работы  $\bar{r}$  содержит информацию о ее основных качественных признаках, а значит, и соответствующие значения индексов трехмерного вектора  $\bar{r} = (i, j, k)$ :

- ОЭ, в которой выполняется работа данного типа (индекс  $i$ ); отрасли, в которых применяется авиация, и соответствующие значения индекса  $i$  перечислены выше;
- объект выполнения работ (объект воздействия) (объект перевозки (люди, груз), обработки, спасения и т. п.) (индекс  $j$ );
- физический принцип выполнения работы – тип (особенности) взаимодействия ЛА с объектом выполнения работ (индекс  $k$ ). Выделяются следующие типы взаимодействия ЛА с объектом выполнения работ:

- $k = 1$  – перевозка людей или грузов с различными вариантами загрузки и выгрузки и при различном положении объектов перевозки,
- $k = 2$  – десантирование,
- $k = 3$  – монтаж и демонтаж,
- $k = 4$  – разведка, мониторинг и съемка различных объектов и сред,
- $k = 5$  – распределение различных веществ по различным поверхностям.

Для структурного вектора типа работы  $\bar{r}$ , имеющего индексы  $i, j$  и  $k$ , должны быть однозначно определены значения количественных параметров, составляющих многомерный параметрический вектор  $\bar{v}_r$ . Примеры соответствующих параметров, сгруппированных по соответствующим физическим признакам, приведены в перечне ниже:

- количество, масса и размеры перевозимых объектов, площадь поиска, размеры и количество объектов, которые необходимо обнаружить, и т. п.;
- условия взлета и посадки (барометрическая высота и температура воздуха, размеры взлетно-посадочной полосы и прочность ее поверхности, навигационное обеспечение);
- типовые высоты, скорости, дальности и траектории полета при выполнении работы;
- особенности атмосферы и окружающей среды при выполнении работы;
- состав и характеристики специализированного бортового оборудования;
- особенности условий проведения процедур технической эксплуатации и соответствующих средств и др.

Таким образом, формализованное представление типа работы  $S$  будет выглядеть следующим образом:

$$S = [\bar{r}, \bar{v}_r].$$

В качестве критерия оценки эффективности  $K_{эф}$  применения ЛА в ОЭ обычно используется соотношение между величиной эффекта от применения ЛА Э и затратами, связанными с его применением,  $Z$  [5, 6]:

$$K_{эф} = \frac{\mathcal{E}}{Z}.$$

При этом показатели качества  $\Pi_{кач}$  (например, качество полученных результатов разведка, мониторинга или съемки или качество проведения авиационно-химических работ) и безопасности  $\Pi_{без}$  (например, вероятность предотвращения гибели и/или травм экипажа ЛА и людей, находящихся на земле) проведения работ могут либо учитываться в виде ограничений, либо оптимизироваться как вспомогательные критерии (в случае решения задачи многокритериальной оптимизации).

В процессе выработки решения о проведении авиационных работ в ОЭ заказчики этих работ выдвигают ряд основных требований, которые формализуются следующими показателями, выступающими в определенных ситуациях либо в виде ограничений, либо критериев оптимизации при принятии решений:

- 1) обеспечение безопасности проведения работ:  $P_{без}$ ;
- 2) выполнение заданных объемов работ с заданным качеством и в заданные сроки (с заданной производительностью, т. е. скоростью выполнения работ):  $P_{произв}$ ;
- 3) экологические показатели (эмиссия углекислого газа  $CO_2$ , уровень шума):  $P_{экол}$ .

Критерий оценки эффективности применения ЛА в ОЭ определяется по-разному в зависимости от типа решаемых задач. Ниже перечислены варианты критериев оценки эффективности применения БПЛА  $K_{эф}$  в зависимости от типа выполняемых работ (при сравнении с наземными средствами):

1) снижение материальных затрат и времени на выполнение заданного объема работ при выполнении работ в нефтегазодобывающей промышленности, геологоразведке, строительстве, лесном хозяйстве (борьба с лесными пожарами, вывозка деревьев с горных лесосек и т. п.) или отдельных видов (части) работ по оказанию медицинской помощи, отдельных видов (части) поисково-спасательных и аварийно-спасательных работ;

2) повышение урожайности либо снижение материальных затрат и времени на выполнение работ в сельском хозяйстве;

3) повышение вероятности обнаружения и снижения времени (повышение производительности, т. е. скорости выполнения работ) при выполнении поисково-съёмочных работ, поисково-спасательных и аварийно-спасательных работ, отдельных видов (части) работ в сельском хозяйстве и в лесном хозяйстве.

Остальные случаи решения задачи оценки эффективности эксплуатации БПЛА в ОЭ и соответствующие используемые показатели эффективности можно свести к вышеперечисленным вариантам критериев оценки эффективности.

При оценке возможности и перспективности применения БПЛА в ОЭ необходимо учитывать следующие предпосылки:

- 1) рост стоимости разработки, создания и эксплуатации пилотируемых ЛА (ПЛА);
- 2) повышение летно-технических и эксплуатационных характеристик БПЛА;
- 3) прогресс в области бортовой авионики и автоматизации полета;
- 4) необходимость снижения и даже полной ликвидации рисков для пилотов в экстремальных и опасных условиях полета;
- 5) возможность автоматизации процессов применения БПЛА при выполнении различных видов работ.

Однако при этом необходимо также учитывать и следующие ограничения на применение БПЛА в ОЭ:

1. Применение БПЛА практически невозможно при выполнении работ, связанных с очень точным пилотированием в ограниченном пространстве и при наличии наземного персонала, взаимодействующего с ЛА (монтажно-крановые работы).

2. Применение БПЛА не допускается при перевозке пассажиров.

3. Применение БПЛА ограничено над населенными пунктами (проблемы сертификации).

**Таким образом, применение БПЛА целесообразно при наличии следующих условий.**

1. Наличие экономической (или иной – например, повышение вероятности спасения) выгоды от применения БПЛА:  $K_{эф}^{БПЛА} > K_{эф}^{ПЛА}$ .

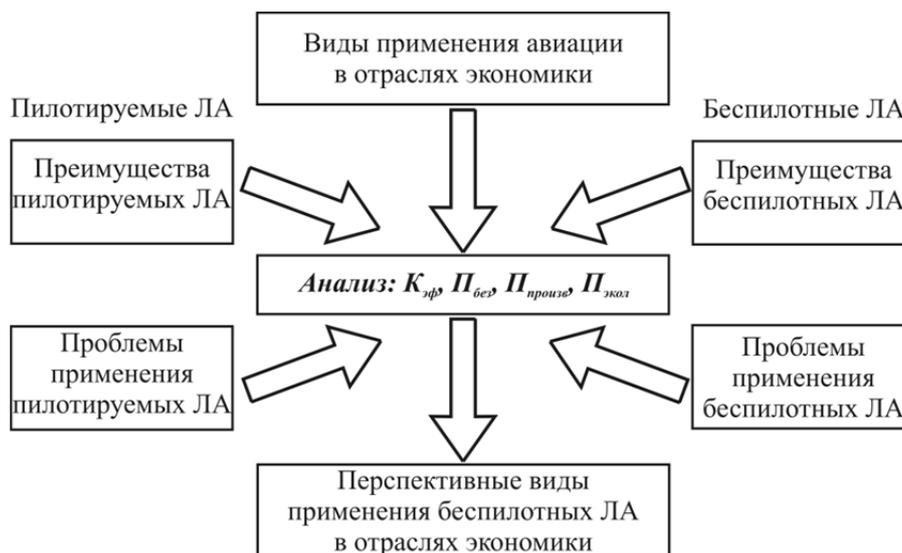
2. При выполнении задач, сопряженных с монотонностью работы экипажа:  $P_{без}^{БПЛА} > P_{без}^{ПЛА}$ .

3. При выполнении задачи в течение длительного времени (длительное барражирование):  $P_{без}^{БПЛА} > P_{без}^{ПЛА}$ .

4. При выполнении задач с потенциально высокой опасностью для экипажей ПЛА (в случае если при этом отсутствует риск для других людей – пассажиров или наземного персонала):  $P_{без}^{БПЛА} > P_{без}^{ПЛА}$ .

5) Наличие преимуществ по экологическим показателям БПЛА по сравнению с ПЛА:  
 $P_{экол}^{БПЛА} > P_{экол}^{ПЛА}$ .

Был разработан алгоритм «Процедура оценки перспектив применения БПЛА в отраслях экономики», основной порядок действий которого представлен на рисунке. В результате подробного рассмотрения различных видов работ, выполняемых ЛА в ОЭ, и анализа их особенностей, т. е. в результате использования разработанной «Процедуры оценки перспектив применения БПЛА в отраслях экономики» были выявлены следующие виды работ, при выполнении которых применение БПЛА представляется перспективным и рациональным.



Алгоритм «Процедура оценки перспектив применения БПЛА в отраслях экономики»

### Применение БПЛА для мониторинга, съемки и разведки

В настоящее время БПЛА наиболее часто применяются для проведения мониторинга, съемки и разведки [7]. Наиболее распространенными видами мониторинга при этом являются:

- 1) мониторинг протяженных объектов с целью контроля их состояния (трубопроводов, линий высоковольтных электропередач, автомобильных дорог);
- 2) мониторинг больших территорий (посевов сельскохозяйственных культур, лесов, акваторий и прибрежных зон, картографируемых территорий);
- 3) оценка состояния промышленных объектов (выбросы и загрязнения);
- 4) мониторинг техногенных катастроф и стихийных бедствий;
- 5) поиск и разведка месторождений нефти и газа;
- 6) охрана объектов добычи и хранения нефти и газа;
- 7) оценка ледовой обстановки в районах морских месторождений нефти и газа, на реках, в местах судоходства;
- 8) непрерывное наблюдение в ходе аварийно-восстановительных работ и др.

При применении БПЛА для мониторинга, съемки и разведки проявляются следующие их особенности, обеспечивающие соответствующие преимущества БПЛА по сравнению с ПЛА по рассматриваемым критериям и показателям:

- 1) большая продолжительность полетов:  $P_{без}^{БПЛА} > P_{без}^{ПЛА}$ ;
- 2) экономический выигрыш по сравнению с ПЛА за счет меньшей размерности БПЛА (меньшие закупочные цены и стоимости эксплуатации):  $K_{эф}^{БПЛА} > K_{эф}^{ПЛА}$ ;
- 3) лучшие экологические показатели БПЛА по сравнению с ПЛА:  $P_{экол}^{БПЛА} > P_{экол}^{ПЛА}$ ;
- 4) применение 24 часа в день/7 дней в неделю:  $K_{эф}^{БПЛА} > K_{эф}^{ПЛА}$ .

### *Применение БПЛА для авиационно-химических работ (АХР)*

Необходимость и целесообразность применения БПЛА для выполнения АХР обусловлена наличием ряда объективных проблем в выполнении этих видов работ [8].

Одной из основных является проблема обеспечения безопасности летчика при отказе двигателя. Малая высота полета обуславливает неизбежность падения ЛА на землю при отказе двигателя. Особая опасность существует при полетах над виноградниками и другими сельскохозяйственными культурами, для выращивания которых необходимо устанавливать опоры (столбы). Применение БПЛА для авиационно-химических работ полностью снимает проблему обеспечения безопасности летчика при отказе двигателя:  $P_{без}^{БПЛА} \gg P_{без}^{ПЛА}$ .

Еще одной серьезной проблемой при выполнении АХР на ПЛА является проблема вредного воздействия химикатов на организм летчика. Существуют способы снижения вредного воздействия химикатов на организм летчика:

1) использование индивидуальных средств защиты (специальных костюмов и средств защиты дыхательных путей) – не обеспечивает полного исключения вредного воздействия химикатов на организм летчика;

2) оснащение кабины пилотов системой наддува очищенного воздуха – значительно усложняет, увеличивает вес и удорожает конструкцию и бортовые системы ЛА.

Применение БПЛА для АХР полностью снимает проблему вредного воздействия химикатов на организм летчика:  $P_{без}^{БПЛА} \gg P_{без}^{ПЛА}$ .

При проведении АХР полеты осуществляются в очень монотонном и напряженном режиме («нескончаемая череда» коротких полетов по прямой и разворотов) на малой высоте (от нескольких метров до нескольких десятков метров) с точным выдерживанием курса и высоты. Возникает проблема высокой утомляемости пилотов. Эти проблемы особенно проявляются при внесении современных химикатов малыми дозами, что увеличивает время беспосадочных полетов и обостряет проблему утомляемости летчиков, что негативно влияет на безопасность полетов. Применение БПЛА для АХР полностью снимает проблему утомляемости летчика:  $P_{без}^{БПЛА} \gg P_{без}^{ПЛА}$ .

При этом на сегодняшний день уже имеются примеры успешного применения БПЛА в сельском хозяйстве: в Японии 40 % посевов риса обрабатываются химикатами, распыскиваемыми при помощи беспилотных вертолетов.

### *Перспективные области применения БПЛА в ОЭ*

В ходе исследований были также выявлены следующие перспективные области применения БПЛА в ОЭ:

- 1) ретрансляция интернета и сотовой связи;
- 2) пожаротушение;
- 3) вывозка леса в горах;
- 4) выполнение работ в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Для решения задачи ретрансляции интернета и сотовой связи могут применяться БПЛА на солнечных батареях, БПЛА аэростатического типа и т.п. В настоящее время разрабатывается ряд проектов (как отечественных, так и зарубежных) для решения соответствующих задач. Применение БПЛА для решения задачи ретрансляции интернета и сотовой связи может дать очень значительный экономический эффект:  $K_{эф}^{БПЛА} > K_{эф}^{ПЛА}$ .

В районе пожаров возникают интенсивные вертикальные воздушные потоки, которые являются опасными для ПЛА и могут привести к катастрофическим последствиям для их экипажей. Подобная опасность грозит как вертолетам, так и самолетам и особенно часто возникает

в горной местности, а также при эвакуации людей с верхних этажей и крыш горящих высотных зданий. Применение БПЛА полностью снимает проблему обеспечения безопасности летчиков при тушении пожаров:  $P_{\text{без}}^{\text{БПЛА}} \gg P_{\text{без}}^{\text{ПЛА}}$ .

Интенсивные вертикальные воздушные потоки возникают в горных районах даже в благоприятных погодных условиях. Поэтому опасности подвергаются экипажи в ходе вывозки деревьев с горных лесосек. Применение беспилотных вертолетов полностью снимает эту проблему:  $P_{\text{без}}^{\text{БПЛА}} \gg P_{\text{без}}^{\text{ПЛА}}$ . Отметим, что с 2011 года в Афганистане успешно эксплуатируется беспилотная версия вертолета Kamon K-MAX при перевозке грузов на внешней подвеске. Очевидно, что опыт применения вертолета Kamon K-MAX можно будет использовать и при вывозке деревьев с горных лесосек [9].

Также БПЛА могут весьма эффективно использоваться в случае возникновения различных чрезвычайных ситуаций и необходимости проведения срочных работ с риском для жизни пилотов. В частности, в случае техногенной катастрофы (аварийных/чрезвычайных ситуаций) может потребоваться проведение мониторинга окружающей среды в зонах трубопроводов. Подобный мониторинг может в том числе требовать доставки и установки специальных датчиков, забора и доставки проб грунта, воды и воздуха. Использование для решения этих задач БПЛА минимизирует риски для персонала, осуществляющего подобные операции:  $P_{\text{без}}^{\text{БПЛА}} \gg P_{\text{без}}^{\text{ПЛА}}$ . БПЛА также может доставлять находящимся в труднодоступном районе терпящим бедствие людям специальные грузы для обеспечения их выживания до момента подхода/подлета спасательных групп:  $K_{\text{эф}}^{\text{БПЛА}} > K_{\text{эф}}^{\text{ПЛА}}$ .

### *Перспективные направления разработки БПЛА*

Среди перспективных направлений разработки БПЛА необходимо отметить:

1. Создание БПЛА на основе пилотируемых ЛА с целью снижения затрат на разработку новых БПЛА:  $K_{\text{эф}}^{\text{БПЛА}} > K_{\text{эф}}^{\text{ПЛА}}$ .

2. Создание опционально-пилотируемых БПЛА, которые могут использоваться в пилотируемом варианте при полетах над населенными пунктами, что позволяет упростить их сертификацию:  $P_{\text{без}}^{\text{БПЛА}} > P_{\text{без}}^{\text{ПЛА}}$ . При этом опционально-пилотируемые БПЛА также разрабатываются на основе существующих пилотируемых ЛА, что уменьшает затраты и время на их разработку:  $K_{\text{эф}}^{\text{БПЛА}} > K_{\text{эф}}^{\text{ПЛА}}$ .

3. В связи с отсутствием риска для пилотов БПЛА позволяют обеспечить более эффективную разработку и отработку ЛА нетрадиционных схем:  $P_{\text{без}}^{\text{БПЛА}} > P_{\text{без}}^{\text{ПЛА}}$ . При этом применение БПЛА в ходе разработки и отработки ЛА нетрадиционных схем дает следующие преимущества:

– широкий простор для экспериментов по созданию полноразмерных ЛА принципиально новых схем;

– возможность отработки новых видов применения ЛА в отраслях экономики (новых видов операций);

– проведение эксперимента по сравнению и оценке эффективности применения ЛА различных схем.

Количество типов БПЛА специального (в том числе военного) назначения значительно превышает количество БПЛА, разработанных специально для гражданского применения. Переделка (конверсия) БПЛА военного назначения под нужды ОЭ представляется наиболее простым решением задачи обеспечения успешной эксплуатации БПЛА в ОЭ. Однако подобная переделка усложняется рядом проблем, которые непросто устранить. Эти проблемы связаны с тем, что требования к военным и гражданским БПЛА различны [7, 10], краткий обзор которых на примере военных БПЛА класса «мини» (тактические) и соответствующих им гражданских БПЛА приводится в таблице 1:

### Различия в требованиях к военным и гражданским БПЛА класса «мини»

Требования	Военные БПЛА	Гражданские БПЛА
Ресурс	Ограниченный (в пределах нескольких десятков полетов)	Длительный (сотни и тысячи полетов)
Линии связи	Специальная дорогая защита (сторонний доступ лиц к линиям связи должен быть полностью исключен)	Простые и дешевые (должен быть обеспечен экстренный доступ третьих лиц к линиям связи)
Заметность	Низкий уровень заметности (обеспечивается аэродинамической компоновкой, специальными покрытиями и т. д., что приводит к дополнительным весовым, аэродинамическим и экономическим затратам)	Высокий уровень заметности для надежной идентификации наземными службами системы управления воздушным движением
Аварийные ситуации	Стоит задача самоликвидации с полным или частичным разрушением	Является важным требование спасения самого носителя и бортовой аппаратуры
Базирование	Предназначены для эксплуатации с неподготовленных позиций (старт с передвижных пусковых установок или с руки и парашютная посадка)	Часто эксплуатируются с подготовленных площадок с оборудованными пунктами связи и обслуживания

Анализ различий в требованиях к военным и гражданским БПЛА показывает, что использование военных БПЛА в ОЭ без дополнительных значительных модификаций не только не обеспечивает высокой эффективности их применения, но также не всегда является возможным в связи с тем, что военные БПЛА не удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к гражданским БПЛА. При этом модификация военных БПЛА в гражданские позволяет решить задачу перехода к массовому выпуску и использованию БПЛА в ОЭ в кратчайшие сроки.

Создание БПЛА двойного назначения обеспечивает повышенную серийность выпуска и широкий рынок сбыта, но сопряжено с повышением расходов на разработку БПЛА.

Создание специализированного гражданского БПЛА «с нуля» сопряжено со значительными временными затратами, однако гарантирует наиболее полное удовлетворение потребностей ОЭ, продолжительный выпуск и длительную эксплуатацию БПЛА с высокими показателями эффективности и экономичности.

Целесообразно применять смешанный подход, предусматривающий сочетание модификации существующих БПЛА в соответствии с концепциями их применения в ОЭ с одновременной разработкой специализированных БПЛА для ОЭ. Опытная эксплуатация модифицированных БПЛА позволит отработать технологии их применения, выявить наиболее важные технические решения и критические технологии и уточнить научно-технический задел для создания специализированных БПЛА для ОЭ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Журавлев П.В., Журавлев В.Н.** Обобщенный подход к решению задачи формирования и оптимизации «Системы беспилотных летательных аппаратов, предназначенной для мониторинга окружающей среды и наземных объектов» // Научный вестник МГТУ ГА. 2010. № 151. С. 79–86.
- 2.** Применение авиации в отраслях экономики / автор-сост. В.С. Деревянко. Краснодар: Сов. Кубань, 2002. 488 с.
- 3. Исаев А.С.** Эффективность авиационных комплексов. М.: МАИ, 1976. 58 с.
- 4.** Формирование технических объектов на основе системного анализа / В.Е. Руднев, В.В. Володин, К.М. Лучанский, В.Б. Петров. М.: Машиностроение, 1991. 320 с.
- 5. Долбня Н.В.** Эффективность применения авиации в отраслях народного хозяйства. М.: Воздушный транспорт, 1990. 264 с.
- 6. Худоленко О.В.** Эффективность эксплуатации воздушных судов на авиаработах. М.: Воздушный транспорт, 2005. 328 с.

7. **Austin, Reg.** Unmanned Aircraft Systems – UAVS Design, Development and Deployment. Wiley (A John Wiley and Sons, Ltd., Publication), Chichester, 2010. 332 p.

8. **Асовский В.П.** Теория и практика авиационного распределения веществ. М.: Воздушный транспорт, 2008. 580 с.

9. **Kaman K-MAX.** Wikipedia, the free encyclopedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kaman\\_K-MAX](https://en.wikipedia.org/wiki/Kaman_K-MAX).

10. **Unmanned Aircraft Systems (UAS) Roadmap, 2005-2030.** 213 pages. URL: [https://fas.org/irp/program/collect/uav\\_roadmap2005.pdf](https://fas.org/irp/program/collect/uav_roadmap2005.pdf).

## USAGE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN GENERAL AVIATION: CURRENT SITUATION AND PROSPECTS

**Zhuravlev V.N., Zhuravlev P.V.**

The article aims at analyzing the current and future trends in usage of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in general aviation (branches of economy). The main goal of the analysis is to determine the branches of economy, in which the usage of UAVs would be the most beneficial in the near- to mid-term future. The main requirements and restrictions of usage of the aircraft in general aviation were used as a basis for determining the types of operations, in which the usage of UAVs will be the most rational and effective. The effectiveness evaluation was based on the developed method, involving evaluation of the following factors such as: advantages of usage of manned aircraft, advantages of usage of unmanned aircraft, problems associated with the usage of manned aircraft, problems associated with the usage of unmanned aircraft. After evaluation of the mentioned aspects above the safety, operational productivity and ecological indicators were evaluated. These qualitative assessments allowed identifying the branches of economy, where the usage of UAVs could potentially be the most advantageous. The article also discusses the possible strategies of UAVs development for general aviation. The so-called "mixed" strategy of UAV development is identified as the best in the current situation. This strategy combines the conversion of the existing military UAVs with the purpose of fitting them in to civilian use with the parallel development of brand new UAVs, which would be designed for operation in branches of economy right from the beginning (from scratch).

**Key words:** unmanned aerial vehicle, effectiveness, branches of economy, prospects of usage, requirements and restrictions.

### REFERENCES

1. **Zhuravlev P.V., Zhuravlev V.N.** General approach to the solution of task of creation and optimization of a "system of unmanned aerial vehicles, which is intended for monitoring the surrounding environment and surface objects". The MSTUCA Scientific Bulletin. Moscow, 2010. Issue 151. Pp. 79–86.

2. Usage of aviation in branches of economy. Sovetskaya Kuban'. Krasnodar, 2002. 488 p.

3. **Isaev A.S.** Effectiveness of aviation systems. Moscow, MAI [Moscow Aviation Institute], 1976. 58 p.

4. **Rudnev V.E., Volodin V.V., Luchanskii K.M., Petrov V.B.** Creation of technical objects on the basis of system analysis. Moscow, Mashinostroenie, 1991. 320 p.

5. **Dolbnya N.V.** Effectiveness of usage of aviation in branches of economy. Moscow, Vozdushnyi transport, 1990. 264 p.

6. **Khudolenko O.V.** Effectiveness of operation of aircraft during missions. Moscow, Vozdushnyi transport, 2005. 328 p.

7. **Austin, Reg.** Unmanned Aircraft Systems – UAVS Design, Development and Deployment. Wiley (A John Wiley and Sons, Ltd., Publication). Chichester, 2010. 332 p.

8. **Asovskii V.P.** Theory and practice of distribution of substances by aircraft. Moscow, Vozdushnyi transport, 2008. 580 p.

9. **Kaman K-MAX.** Wikipedia, the free encyclopedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kaman\\_K-MAX](https://en.wikipedia.org/wiki/Kaman_K-MAX)

**10. Unmanned Aircraft Systems (UAS) Roadmap, 2005-2030.** 213 pages. URL: [https://fas.org/irp/program/collect/uav\\_roadmap2005.pdf](https://fas.org/irp/program/collect/uav_roadmap2005.pdf)

### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Журавлев Владимир Николаевич**, к.т.н., доцент кафедры «внешнее проектирование и эффективность авиационных комплексов» МАИ, электронный адрес: [vn\\_zhuravlev@mail.ru](mailto:vn_zhuravlev@mail.ru).

**Журавлев Павел Владимирович**, ассистент кафедры «внешнее проектирование и эффективность авиационных комплексов» МАИ, электронный адрес: [pvzhuravlev@mail.ru](mailto:pvzhuravlev@mail.ru).