

Ретроспективный анализ, современное состояние и тенденции развития отечественных беспилотных летательных аппаратов

© Г.А. Кузнецов¹, И.В. Кудрявцев¹, Е.Д. Крылов²

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, 660041, Россия

²ООО «НПП «Авиамеханика», Красноярск, 660079, Россия

Проведен ретроспективный анализ моделей отечественных беспилотных летательных аппаратов, описана динамика их развития и промышленного производства, представлен перечень российских разработчиков и изготовителей. Проанализировано современное состояние отечественной беспилотной авиационной техники. По результатам проведенного исследования сформулированы основные тенденции развития российских беспилотных летательных аппаратов. В частности показано, что за последнее время отмечен резкий рост количества моделей российских аппаратов, а также предприятий и организаций, занимающихся их разработкой и производством в военном и гражданском секторах. Это объясняется большим спросом на беспилотные аппараты, повышением национальной безопасности России, переходом на импортозамещение в условиях санкций, бюджетным, грантовым и частным финансированием разработок и производства беспилотной авиационной техники.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, дистанционно пилотируемый летательный аппарат, беспилотный самолет, беспилотный вертолет, мультироторный беспилотный аппарат, беспилотная авиация

Ведение. Россия входит в число ведущих авиационных держав мира, имеющих развитое авиастроение. Наличие собственной авиационной промышленности — один из принципов промышленного развития государства. Отечественная авиационная техника, включая военную, обеспечивает независимость страны в целом.

Беспилотные летательные аппараты (БЛА) являются одним из наиболее перспективных видов авиационной техники. Они входят в состав авиационных комплексов Российской армии и силовых ведомств. БЛА все чаще применяют и в гражданском секторе коммерческие предприятия и частные лица.

Изготовление БЛА относится к самым высокотехнологичным производствам авиационной отрасли, составляет основу технологической самостоятельности национального авиастроения.

Организация производства БЛА на своей территории является приоритетной для любой экономики мира в силу высокой добавленной стоимости. За рубежом производство БЛА весьма рентабельно. Мировой рынок БЛА оценивается в несколько десятков миллиардов долларов в год.

В последнее время в научной среде все больше внимания уделяется проблематике, посвященной отечественным БЛА: истории создания, конструктивным особенностям, областям применения и перспективам развития [1–6]. В исследованиях рассматриваются периоды развития от советских беспилотных самолетов-разведчиков [7, 8] до современных беспилотных авиационных комплексов и систем [9], оценивается степень угрозы, с которой Россия может столкнуться в настоящее время [10].

В связи с этим вопросы создания и массового производства беспилотной авиационной техники, а также тенденции развития отечественных БЛА весьма актуальны и влияют на российскую экономику и национальную безопасность.

Цель работы — анализ исторического развития отечественных БЛА. На примере перспективных разработок сформулировать основные тенденции развития российских БЛА.

Сегодня трудно подсчитать все отечественные БЛА, это связано не только с секретностью разработок, но и с тем, что информация о БЛА неполная. При исследовании были использованы материалы, опубликованные в открытых печатных и электронных изданиях, а также материалы с выставок различного уровня.

В исследование включены БЛА, находящиеся на снабжении Вооруженных сил РФ и других силовых ведомств, в эксплуатации у гражданских компаний, новые модели, проходящие летные испытания или еще только готовящиеся к ним в ближайшее время, а также передовые конструкторские разработки, созданные НИИ и вузами России.

В работе рассмотрены 325 моделей отечественных БЛА с 1927 г. по настоящее время — от летательного аппарата «Инспектор-101» с взлетной массой 250 г до беспилотного самолета Ту-123 «Ястреб» взлетной массой 36 т.

Периоды развития отечественных БЛА. В истории создания и развития отечественных БЛА укрупненно можно выделить пять периодов продолжительностью по 20 лет. Рассмотрим каждый из периодов и проведем их качественную и количественную оценку. Примерное число БЛА, созданных в эти периоды, представлено в табл. 1 и 2 (в рамках каждой категории модели БЛА расположены в порядке возрастания взлетной массы; кавычки в названиях БЛА опущены). Динамика развития отечественных БЛА показана на рис. 1.

Первый период (1920–1939) характеризовался зарождением отечественной беспилотной техники и первым ее практическим применением. В СССР работы по созданию систем автоматического управления беспилотными самолетами проводились с начала 1920-х годов и имели сугубо военное предназначение. Основными направлениями в создании беспилотных управляемых средств были самолеты-мишени и самолеты-бомбы.

Таблица 1

Советские БЛА военного и гражданского назначения

Годы	Советские БЛА	
	военные	гражданские
1920–1939	У-1, ТБ-1, У-2, УТ-1, ТБ-3	—
1940–1959	Як-9В, Ла-17, Ла-17А, Ла-17М, МиГ-15М, МиГ-15бисМ, М-17М, М-17Ф, Як-25МШ, Як-25РВ	—
1960–1979	Ту-123 Ястреб, Ла-17Р, Ла-17РМ, Ла-17ММ, Ла-17К, М-19, М-21, Ил-28М, Ту-4М, Ту-16М, Ту-141 Стриж, Ту-143 Рейс	Синица, РМ, Рама, КАИ-42, КАИ-43, 602-01, 602-02, Потап, Электролет-1, ДПЛА-0101, 602-03, 602-04, Электролет-2, Эльф-Д
1980–1991	Пчела-60С, Пчела-1Т, Крыло-1, Ту-243 Рейс-Д, Е-85, Шмель-1, Р-90, Ту-300 Коршун	Комар, АГК-1, СВВП, АГК-2, МЛА-2, ПС-01 Комар, ДПЛА-0170, Электролет-3, ДПЛА-01, ДПЛА-02, МЛА-5, ДПВ-100, МЛА-7, ДПЛА-0109, ДПЛА-0185, МЛА-8, СКБ-1, СКБ-3, минимотодельтаплан, РУМ-В1, РУМ-В2, МЛА-9, Аэроробот, Синица, МЛА-10, МЛА-12, МЛА-13, МЛА-14, МЛА-15

Таблица 2

Распределение российских БЛА по взлетной массе

Взлетная масса, кг	Российские БЛА	
	самолетного типа	вертолетного типа
До 7	Инспектор-101, ZALA 421-11, Инспектор-201, ZALA 421-08, Кречет-1, Гранат-1, Рубеж-2, Пионер S100, Нелк-С3, Е25, Гранит-Ф, Брат, Т23 Элерон, Брат-2, Иркут-2М, Иркут-3, Геоскан-101, Т25, Локоп, Инспектор-202О, Т23Э, Ласточка, Гранат-2, Элерон-3, ZALA 421-12, ПП-50 Взор, Photobot, Грифон-02, Supercam S-250, Рикор АЛ-210, Дельта-М, Орлан-1, Кречет-2, Истра-10, Бумеранг, Орлан-3, Застава, Грифон-11, ZALA 421-04, Грифон-12, Оцелот, Рассвет, Рисса Т-3, Инспектор-301, СВВП, Орлан-2, Кречет-3М, Орлан-3М	Пустельга, Оса, Гранад ВА-200, Supercam X6, ZALA 421-21, Фотокоптер, Рикор АЛ-110, Грифон-07, Альбатрос, Колибри-6, Orsis CZ-690, Supercam X6M2, МИИГАиК Х4, Дан-4, Индиго, Нелк-Фаворит, Нелк-В4, Эра-50, Гранад ВА-1000, ZALA 421-05Н, ДПВ-6К, Дан-3, Orsis CZ-960, Вяхирь, Air-250, Нелк-В12, Нелк-В6, Эра-51, Гранат-5
7...25	Фрегат-2, Геоскан 201, Утка-МАИ, Гном-1, Иркут-10, Акваплан-1У, Дрозд, Т10Э,	Бласкор МТ6М-03, Грифон-41, МИИГАиК Х8, ДПВ-8К, Air170X-operA, Supercam X8M,

Взлетная масса, кг	Российские БЛА	
	самолетного типа	вертолетного типа
7...25	Supercam, S-350, Рикор АЛ-310, Рубеж-10, Sarsan-3000, Т90-11, Т24, Инспектор-401, БС-103 Рикор, Т21, Гриф, Рисса Т-2, Инспектор-402, Истра-13, Кречет-10, ZALA 421-16, Птеро-Е, Орлан-10, Иркут-20, ГрАНТ, Птеро-G0, Samruk-3M, Кугуар, Рубеж-20, Фотон-602, Птеро-СМ, Птеро-G1, М830Б Свист, Мурена, Тахион	Рисса ТН-1, ZALA 421-22, Тайфун TF-2, Геоскан 401, ZALA 421-06, Нелк-В8, ДПВ-12Б, ТБ 29В Тайбер, Ворон-300, ДПВ-20Б, Рисса ТН-2, Эра-101, Гироплан-МАИ
25...150	Орлан-30, Чибис-1, Гранат-4, Витязь, Samruk-SM, Филин-1, Аегоб 4D, Аегоб 4DFL, Орлан (ГУАП), БЛА-07 Типчак, Ворон, Кречет-30, Дозор-2, Гном-2, Эксперт, Кулон-2, Рисса К2, БЛА-08 Типчак, Гамма, Орлан-50, Фотон-601, Истра-17, Е-95, Филин-2, Рубеж-6, Рикор АЛ-510, Т92 Лотос, ZALA 421-09, Иркут-60, Истра 012, Отшельник, Е2Т, Е95М, БЛА-05 Типчак, Дозор-4, Е08, Т92М Чибис, А-175 Акула, Колибри-Л, Стерх-БМ, Дозор-100, Инспектор-601, Шмель-1, Жаворонок-1, Жаворонок-2, М850 Астра, Форпост, Пчела-1Т, Е22 Берта, Ла-251 Аист	Air-Q4, ZALA 421-23, Ворон, БПВ-37 Бриз, Ворон-333, Рубикон, Тайфун TF-3, ДПВ-50Б, Гранат-6, Air-Q8, Ворон-700, Хаски, ZALA 421-02, Горизонт Эйр S-100
150...750	Беркут, ДПЛА-70, Иркут-200, Ла-225 Комар, ZALA 421-20, Корсар, Сорока, Дань, Дань-М, Колибри-С, Чирок, Данэм, КАИ-83 Москит, Дань-Барук, Фазан, БЛА-06 Аист, Дозор-3, Луч	Ка-37, Ка-137, Ка-135, Роллер, ВРТ-300, Альбатрос, Патруль, БПВ-500, Ка-175
750...8600	Иркут-850, Сова, Зеница, А-03 Нарг, Орион, Иноходец, Кайра-1, Кайра-2, Ту-243 Рейс-Д, Иркут DA-42, Zond-3, Авиус-1, Ту-300 Коршун, Альтаир, Як-133БР, С-62	Скаймак-3001, А-002М, Ми-34БП-1, Ка-115, Ка-126БВ
Более 8600	Прорыв-У, Скат, Zond-1, Zond-2, Охотник-У	—

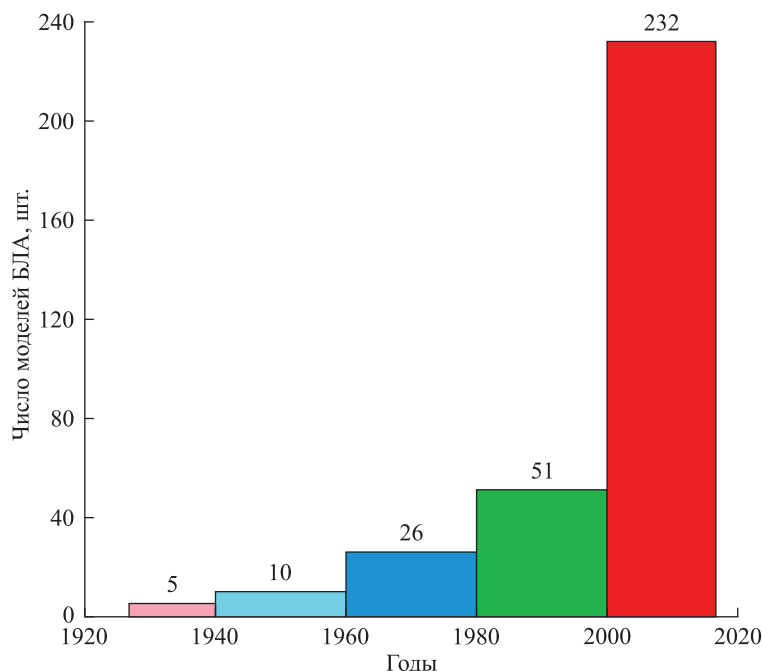


Рис. 1. Динамика развития отечественных БЛА

Первый экспериментальный 20-минутный полет состоялся 28 июля 1927 г. Было проведено испытание автопилота и приборов управления самолетом У-1 по радио. Самолет по команде с наземного пункта управления совершал развороты, снижение и набор высоты, полет по прямой [9].

В 1933 г. был испытан отечественный радиоуправляемый тяжелый бомбардировщик ТБ-1 с автопилотом АВП-2 [11]. В 1937 г. Госкомиссии СССР были продемонстрированы телеуправляемые самолеты У-2 и ТБ-2.

Телесамолеты, их автопилоты и другое оборудование было принято на вооружение. В работах по созданию БЛА принимали участие КБ и НИИ нескольких отраслей промышленности. Великая Отечественная война практически полностью прервала опытные работы в этом направлении.

Во втором периоде (1940–1959) создавались разведывательные БЛА на базе серийных самолетов и самолеты-мишени на базе отработавших свой ресурс боевых самолетов, развивалось серийное производство беспилотных самолетов-мишеней.

После Великой Отечественной войны в СССР продолжились разработки некоторых видов БЛА. Так, в ОКБ им. А.С. Яковлева был разработан радиоуправляемый беспилотный самолет дозиметрического контроля Як-9В, который в 1949 г. пролетел через «атомный гриб» под Семипалатинском [12]. В 1959 г. в ОКБ создали беспилот-

ный самолет Як-25РВ [4]. С 1952 г. на базе отработавших свой ресурс МиГ-15бис, -17, -17Ф и других самолетов создавались беспилотные самолеты-мишени [10]. В 1953 г. ОКБ им. С.А. Лавочкина создало беспилотный самолет — воздушную мишень Ла-17 [8].

Третий период (1960–1979) характеризовался двумя направлениями — интенсивным производством военных БЛА и появлением гражданских БЛА.

В военном секторе создавались беспилотные самолеты-разведчики различных классов — от стратегических до тактических БЛА с мощными и надежными газотурбинными двигателями. Так, в КБ Туполева были созданы и изготовлялись серийно: дальний беспилотный самолет-разведчик Ту-123 комплекса «Ястреб», БЛА дальнего радиуса действия Ту-141 «Стриж», Ту-143 «Рейс», Ту-243 «Рейс-Д». В эти годы также изготовлялись тактические беспилотные разведчики Ла-17Р, -17РМ и другие модели. На базе отработавших свой ресурс бомбардировщиков Ту-4 и -16 создавались наиболее крупные отечественные самолеты-мишени. Под беспилотные самолеты-мишени переоборудовали и транспортные самолеты.

Как уже было отмечено, третий период характеризовался появлением в СССР гражданских БЛА — беспилотных самолетов и вертолетов, созданных силами студенческих КБ МАИ, ЛИАП, КАИ и других вузов.

Первые гражданские БЛА были созданы в 1960-е годы и отличались разнообразием аэродинамических схем и компоновок [13]. Один из первых беспилотных самолетов был создан В.П. Махровым совместно со студентами МАИ в 1962 г. — это радиоуправляемый самолет «Синица». Известны и другие дистанционно пилотируемые летательные аппараты МАИ: РМ, «Рама», «Эльф-Д», «Потап», «Комар» и др. БЛА использовали в интересах народного хозяйства, для проверки своего изобретенного оборудования, отработки принципов управления аппаратами.

Четвертый период (1980–1999) характеризовался дальнейшим развитием и расширением двух направлений:

- в военном секторе — создавались беспилотные системы на качественно новом уровне: стратегические БЛА (Ту-300 «Коршун»), самолеты-мишени «Дань», тактические БЛА малой дальности в ОКБ А.С. Яковлева — «Пчела-60С», «Шмель» и «Пчела-1Т» [14], многоцелевые беспилотные вертолеты малой (Ка-37) и средней дальности (Ка-137) в ОАО «Камов» [15] и другие БЛА;

- в гражданском секторе — создавались уникальные БЛА в МАИ. Так, известны: БЛА самолетного типа с гибким крылом — АГК-1, БЛА вертолетного типа — ДПВ-100, «Ворон», БЛА-конвертоплан — СВВП и др.

Необходимо отметить, что середина 1980-х годов была наивысшей точкой развития и производства советских БЛА. Так, в Совет-

ской армии на вооружении 30 воинских частей стояли тысячи БЛА различного назначения. Одних только Ту-143 «Рейс» было изготовлено 950 экземпляров.

Пятый период (с 2000 г. по настоящее время) характеризуется массовым применением БЛА, резким ростом числа моделей, разработчиков и производителей БЛА как в военном, так и в гражданском секторе.

Ретроспективный анализ моделей БЛА показывает, что с 1920 по 1999 г. отмечен примерно двухкратный рост числа моделей БЛА от периода к периоду, а темпы роста числа моделей БЛА от четвертого периода к пятому характеризуются более чем 4,5-кратным увеличением. Таким образом, за последние 15–17 лет число моделей БЛА, находящихся в разработке и серийно выпускаемых, возросло до 232.

Резкий рост числа моделей БЛА за пятый период неслучаен. Этот период можно охарактеризовать следующими положительными изменениями:

- растет число предприятий и организаций, занимающихся разработкой и изготовлением БЛА;
- на выставках представлены не только макеты БЛА, но и серийная продукция;
- увеличивается число публикаций о разработке, испытании, производстве и эксплуатации БЛА;
- в вузах активно занимаются научно-исследовательскими работами по тематике БЛА;
- появляются новые конструкции, расширяется модельный ряд БЛА;
- при изготовлении БЛА применяются новые материалы и технологии;
- создаются новые кооперации для исследований и производства БЛА;
- возрастает потребление отечественных БЛА на внутреннем рынке;
- расширяется экспортный рынок отечественных БЛА.

Эти положительные изменения стали возможны благодаря снижению стоимости изготовления и эксплуатации БЛА, расширению области решаемых задач в военном и гражданском секторах, а также существенному экономическому эффекту от использования БЛА.

Современное состояние беспилотной авиации. В России сегодня разработками в области беспилотной авиационной техники занимаются более 100 государственных и частных предприятий — от самых крупных самолетных и вертолетных фирм до небольших конструкторских групп. Разработка и производство БЛА осуществляется за счет государственного бюджета, различных грантов, а также частного финансирования.

Разработка БЛА давно уже перестала быть государственным или корпоративным делом. БЛА разрабатывают и производят в инициативном порядке коммерческие организации, небольшие специализированные предприятия, НИИ, КБ вузов, частные лица. Преимущество коммерческих и гражданских БЛА заключается в более быстрых темпах их разработки и производства. По техническому уровню коммерческие и гражданские аппараты не уступают военным, но при этом существенно дешевле.

В настоящее время полная и детальная информация о реальном числе разработчиков отечественных БЛА в открытом доступе отсутствует. Сложно составить точный и актуальный перечень отечественных предприятий отрасли, в том числе и потому, что предприятия имеют вложенную структуру, например КБ входит в компанию, компания — в корпорацию, корпорация — в концерн. В табл. 3 представлено 70 основных предприятий, компаний, фирм, НИИ, вузов, занимающихся исследованиями, разработкой и серийным производством отечественных БЛА.

Таблица 3

Отечественные разработчики и изготовители БЛА

№ п/п	Разработчик, изготовитель	№ п/п	Разработчик, изготовитель
1	ПАО «Туполев», Москва	14	ОАО СКБ «Топаз», Москва
2	ОАО «ОКБ им. А.С. Яковлева», Москва	15	НИИ прикладной механики им. академика В.И. Кузнецова, Москва
3	ОАО Научно-производственная корпорация «Иркут», Москва	16	ООО НПП «Тайбер», Москва
4	АО Российская самолетостроительная корпорация «МиГ», Москва	17	ООО Air Group, Москва
5	ПАО ОКБ «Сухой», Москва	18	НПО «Авиационные системы», Москва
6	ОАО концерн «Вега», Москва	19	ООО «Вертолеты России–Технологии», Москва
7	Государственная корпорация «Ростех», Москва	20	ООО «ЮВС Авиа», Москва
8	ОАО НИИ «Кулон», Москва	21	ОАО «Аэрокосмические системы», Москва
9	ООО НПКЦ «Новик–XXI век», Москва	22	ООО «АФМ-Сервис», Москва
10	ООО «Модернизация авиационных комплексов», Москва	23	ЗАО НПЦ «Нелк», Москва
11	ЗАО НТЦ «Рисса», Москва	24	Концерн «РТИ Системы», Москва
12	Фирма «Импульс», Москва	25	Компания DanFuture, Москва
13	ЗАО Научно-производственная фирма «Кванд-АСХМ», Москва	26	Компания «Аэрокос», Москва

№ п/п	Разработчик, изготовитель	№ п/п	Разработчик, изготовитель
27	Компания «Бласкор», Москва	49	Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
28	Компания «Промтехнология», Москва	50	ОАО «Опытно-конструкторское бюро «Сокол», Казань
29	Инновационный центр «Сколково», Москва	51	НПО «ОКБ им. М.П. Симонова», Казань
30	ООО «АэроРоботикс», Москва	52	ЗАО «Эникс», Казань
31	КБ «Искатель» МАИ, Москва	53	Казанский национальный исследовательский технический университет
32	Московский авиационный институт	54	ООО «Беспилотные системы» ZALA AERO GROUP, Ижевск
33	Московский государственный университет геодезии и картографии	55	ООО «Ижмаш–Беспилотные системы», Ижевск
34	АО «Камов», Московская обл.	56	ООО «НПО «Ижевские беспилотные системы», Ижевск
35	ОАО «Московский вертолетный завод им. М.Л. Миля», Московская обл.	57	«Многоцелевые беспилотные системы», Ижевск
36	АО «НПО им. С.А. Лавочкина», г. Химки	58	ООО НПП «Автономные аэрокосмические системы–Геосервис», Красноярск
37	АО «Экспериментальный машиностроительный завод имени В.М. Мясищева», г. Жуковский	59	ООО НПП «Авиамеханика», Красноярск
38	ЗАО «Аэрокон», г. Жуковский	60	Сибирский федеральный университет, Красноярск
39	ООО «Истринский экспериментальный механический завод», Московская обл.	61	АО КБ «Луч», Рыбинск
40	ООО НПП «Антиград-Авиа», г. Дубна	62	ОАО «Рикор Электроникс», Арзамас
41	АО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение», г. Королев	63	ОАО «Уральский завод гражданской авиации», Екатеринбург
42	АО НПП «Радар-ММС», Санкт-Петербург	64	ООО «Смоленский научно-инновационный центр радиоэлектронных систем «Завант»
43	ООО «Специальный технологический центр», Санкт-Петербург	65	ОАО «Горизонт», Ростов-на-Дону
44	ЗАО «Транзас», Санкт-Петербург	66	Компания «Стилсофт», Ставрополь
45	Компания «Кронштадт», Санкт-Петербург	67	ООО «Беспилотные системы Робоавиа», Воронеж
46	АО «Кронштадт Технологии», Санкт-Петербург	68	Самарский национальный исследовательский университет
47	ООО «Плаз», Санкт-Петербург	69	Южный федеральный университет, Таганрог
48	Компания «Геоскан», Санкт-Петербург	70	Омский государственный технический университет

Дислокация разработчиков и изготовителей БЛА. До 2000-х годов месторасположение разработчиков и изготовителей отечественных БЛА находилось в основном в Москве и Московской области, Санкт-Петербурге, Казани, Ижевске и некоторых других городах. В настоящее время эта география более обширна (рис. 2).

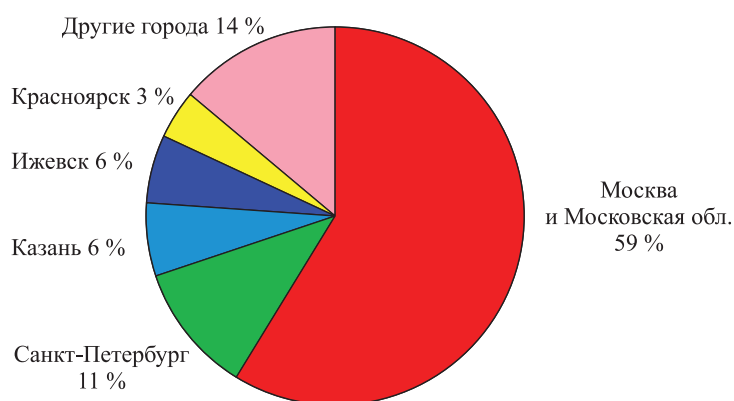


Рис. 2. Дислокация разработчиков и изготовителей российских БЛА

Анализ месторасположения разработчиков отечественных БЛА показал, что из рассмотренных разработчиков больше половины находится в Московском регионе. Увеличилось количество разработчиков в Санкт-Петербурге, Казани и Ижевске. Участвуют в разработке и изготовлении БЛА в Рыбинске, Красноярске, Смоленске, Таганроге, Арзамасе и других городах России.

Международная кооперация изготовителей БЛА. Примером международной кооперации и военно-технического сотрудничества может служить организация сборочных производств БЛА в России. Так, российский ОПК «Оборонпром» и израильская компания IAI развернули сборочное производство БЛА Searcher Mk II на Уральском заводе гражданской авиации в Екатеринбурге. Беспилотник российской сборки под названием «Форпост» демонстрировался на авиасалоне МАКС-2011. Ростовская компания «Горизонт» и австрийская фирма Schiebel, создавшая БЛА Camcopter S-100, организовали сборочное производство БЛА «Горизонт Эйр S-100».

Однако совместная сборка подразумевает использование импортных узлов и деталей, что вызывает озабоченность российских потребителей, особенно в военном секторе. В условиях нарастания санкций со стороны США и некоторых западных стран использование иностранных узлов и деталей понижает национальную безопасность России.

Современное состояние с военными БЛА. В феврале 2014 г. министр обороны России Сергей Шойгу во время встречи со студен-

тами Сибирского федерального университета рассказал, что в настоящее время Российская армия уже имеет порядка 500 БЛА, а на программу оснащения БЛА Вооруженных сил РФ, рассчитанную до 2020 г., будет израсходовано 320 млрд руб. [5].

Если в 2013 г. из отечественных БЛА на вооружении Российской армии находились Ту-243, «Пчела-1Т», ZALA 421-08 и «Орлан-10», то сегодня в перечень БЛА, стоящих на оснащении Вооруженных сил России, входит девять базовых комплексов средней дальности, малой дальности и ближнего действия: «Форпост», «Орлан-10», «Гранат-1, -2, -3, -4», «Тахион», «Элерон-3СВ» и «Застава». Эти комплексы были представлены на экспозиции форума «Армия-2017» [16]. В общей сложности в воинские подразделения с 2012 г. по настоящее время поставлено 1800 БЛА.

Тенденции развития российских БЛА. Для исследования тенденций развития российских БЛА выбрано из общей базы 250 моделей за период с 1991 г. по настоящее время [17–24]. Исследование проводилось по следующим классификационным признакам: конструктивному исполнению, взлетной массе и виду двигателя силовой установки.

По *конструктивному исполнению* летательные аппараты подразделяются на БЛА самолетного и вертолетного типа. Из рассмотренных 250 моделей российских БЛА 70 % составляют БЛА самолетного типа и 30 % вертолетного типа.

Для классификации по второму признаку — взлетной массе — используем уже наработанную Международной ассоциацией AUVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International) классификацию для существующих и разрабатываемых беспилотных авиационных систем, в основу которой положена взлетная масса БЛА и соответствующая ей категория [25].

По *взлетной массе* российские БЛА ранжированы на следующие категории: микро- (до 7 кг), мини- (7...25 кг), малые (25...150 кг), легкие (150...750 кг), средние (750...8 600 кг), тяжелые (более 8 600 кг).

Диаграмма распределения российских БЛА самолетного типа по взлетной массе представлена на рис. 3, *а*. Можно отметить неравномерное распределение по указанным категориям. Как видно на диаграмме, 2/3 российских БЛА самолетного типа имеют массу менее 150 кг, причем первые три категории — микро, мини- и малые БЛА — имеют примерно одинаковое процентное соотношение. Это объясняется низкой стоимостью и высокой доступностью БЛА, простотой эксплуатации и многофункциональностью — возможностью применения и в военном, и в гражданском секторе.

Диаграмма распределения российских БЛА вертолетного типа по взлетной массе приведена на рис. 3, *б*. Российские БЛА вертолетного типа также неравномерно распределены по указанным категориям.

При этом категории тяжелых БЛА вертолетного типа не выявлено. На диаграмме видно, что менее половины всех БЛА вертолетного типа имеют массу до 7 кг. Это объясняется высоким спросом на гражданские БЛА.

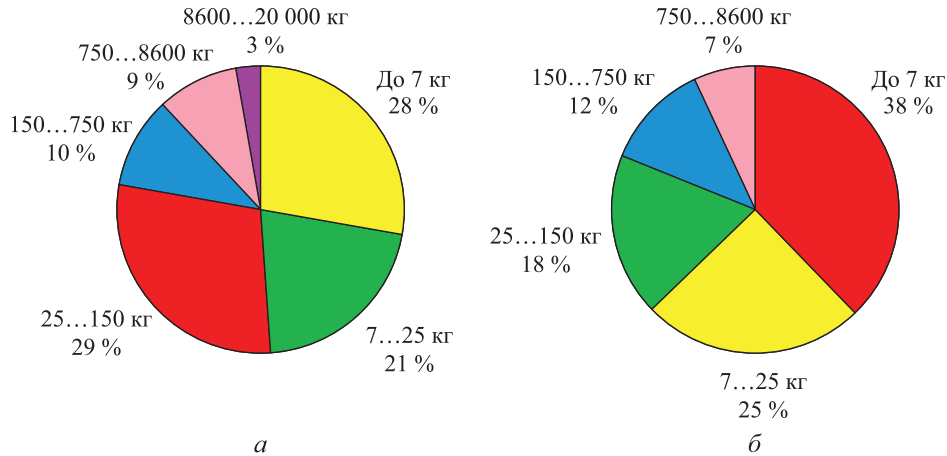


Рис. 3. Диаграмма распределения по взлетной массе российских БЛА:
а — самолетного типа; *б* — вертолетного типа

Третий классификационный признак — *вид двигателя силовой установки*. Силовая установка влияет на летно-технические характеристики и стоимость БЛА. На российских БЛА используются двигатели трех видов: электрические (ЭД), поршневые (ПД) и газотурбинные (ГТД). Диаграммы распределения российских БЛА самолетного и вертолетного типов по виду двигателя показана на рис. 4. Видно, что примерно половина БЛА самолетного и вертолетного типов имеют ПД. При этом на половину БЛА вертолетного типа устанавливают ЭД, что объясняется низкой стоимостью и высокой надежностью электродвигателей и других комплектующих.

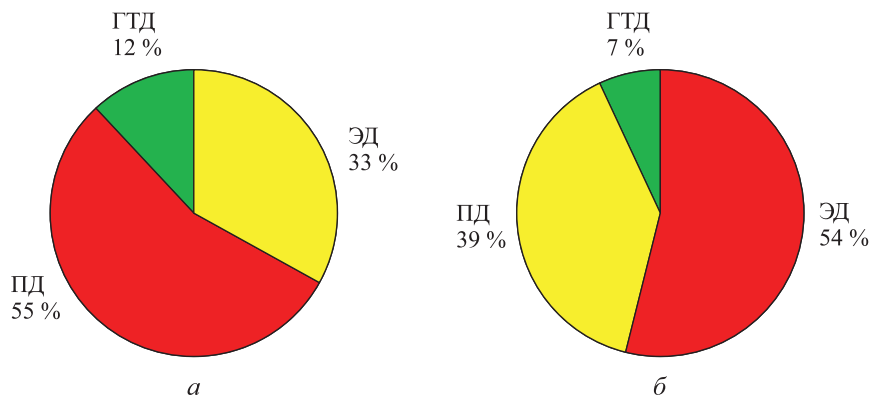


Рис. 4. Диаграмма распределения по виду двигателя российских БЛА:
а — самолетного типа; *б* — вертолетного типа

Сравнивая полученные результаты с данными, представленными в работе [17], можно отметить, что за последние 10–12 лет процентное соотношение ПД уменьшилось с 80 до 55 % для БЛА самолетного типа и с 60 до 39 % для БЛА вертолетного типа. Это связано с увеличением числа моделей тактических БЛА самолетного типа с ЭД и моделей БЛА вертолетного типа — мультикоптеров. Кроме того, возросло процентное соотношение БЛА самолетного типа с ГТД, что обусловлено увеличением числа моделей ударных БЛА. А для БЛА вертолетного типа с ГТД процентное соотношение снизилось: это связано с отказом от дорогостоящих ГТД и переходом на ПД, включая дизельные двигатели.

Как было отмечено, примерно половина силовых установок БЛА самолетного и вертолетного типов имеет поршневые двигатели. Значительная часть ПД, устанавливаемых на российские БЛА, импортные. Это снижает национальную безопасность России и сдерживает массовое производство БЛА.

Российские военные БЛА. Для российских военных БЛА наблюдается устойчивая тенденция роста модельного ряда тактических БЛА малого радиуса действия, включая БЛА вертикальных взлета и посадки. Они могут применяться в боевых операциях, например, в городе.

В последние годы сильно возросло значение ударных БЛА, которые применяются во время военных конфликтов во всем мире. В России различными компаниями разрабатываются ударные БЛА: «Дань-Барук», «Зеница», «Альтаир», «Скат», «Прорыв-У», «Охотник-У» и др. Эти разработки находятся на разной стадии готовности. Так, в России представлялся опытный ударный вариант БЛА Ту-300 «Коршун-У».

НПО «Авиационные системы» совместно с Летно-исследовательским институтом им. М.М. Громова разработали ударный БЛА вертолетного типа «Скаймак-3001» с взлетной массой 800 кг. Характерная особенность — применение ПД, работающего на автомобильном бензине А-92.

Учитывая географические масштабы России, можно отметить, что в военном секторе существует потребность в разведывательных аппаратах большой продолжительности полета. Так, компания «Кронштадт» представила на авиасалоне МАКС-2017 первый в России комплекс воздушной разведки с БЛА «Орион-Э» с большой продолжительностью полета и взлетной массой около 1 т. Этот аппарат может применяться не только как разведывательный, но и разведывательно-ударный БЛА. «Орион-Э» проходит летные испытания и готовится к серийному производству [26].

Российские гражданские БЛА. В настоящее время тенденцией развития гражданских БЛА является создание недорогих БЛА, с небольшими массой и размерами для спорта, отдыха и развлечений.

Еще одно из направлений развития гражданских БЛА в России — освоение Арктики. На МАКС-2017 был представлен разработанный компанией «Вертолеты России–Технологии» БЛА вертолетного типа ВРТ-300 с взлетной массой 300 кг [27]. Аппарат предназначен для работы в условиях Арктики. Характерная особенность — силовая установка оснащена дизельным двигателем. Летные испытания БЛА запланированы на 2018 г.

В ОКБ «Малые беспилотные аппараты» Омского государственного технического университета разработали БЛА самолетного типа «Взор» с взлетной массой 4,3 кг. Аппарат также предназначен для работы в условиях Арктики.

Как в советский период, так и в настоящее время свой вклад в разработку и производство БЛА вносят студенческие КБ различных вузов. Лидером в этой области является МАИ. В работе [3] описан оригинальный БЛА аэродинамической схемы «утка» с взлетной массой 8 кг и двигателем со встречно-движущимися поршнями. На МАКС-2017 молодыми учеными МАИ был представлен беспилотный гироплан (автожир) с взлетной массой 25 кг. Аппарат разработан при финансовой поддержке Минобрнауки РФ. Характерные особенности БЛА — простота конструкции и существенно меньшая стоимость.

Следует отметить, что сегодня для БЛА вертолетного типа наблюдается тенденция в использовании мультироторных схем, а разработки в сфере БЛА мультироторного типа активно ведутся по всему миру, в том числе и в России.

Наиболее прогрессивным представляется использование БЛА массой до 7 кг. В Московском государственном университете геодезии и картографии для исследований и получения актуальной пространственной информации разрабатываются мультироторные БЛА [28]. Необходимо отметить, что современный рынок отечественных мультироторных БЛА пока еще неконкурентоспособен. Беспилотным аппаратам не хватает надежности, а также средств спасения и ухода от столкновений.

В Институте горного дела и геологии Сибирского федерального университета группа молодых ученых в кооперации со студентами-авиаинженерами и робототехниками Сибирского государственного аэрокосмического университета создала БЛА «Мурена» с взлетной массой 25 кг для аэромагнитометрической геофизической съемки. В дальнейшем этой группой ученых было организовано научно-производственное предприятие (НПП) «Автономные аэрокосмические системы–ГеоСервис» [29]. На этом предприятии был разработан и изготавливался небольшими партиями БЛА «Дельта-М» с взлетной массой 5 кг, предназначенный для мониторинга опасных участков открытых горных работ.

Новой разработкой этого НПП стал БЛА «Гамма» с взлетной массой 50 кг. Кооперация с военным учебно-научным центром ВВС Военно-воздушной академии имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина позволила сделать аппарат «Гамма» экспериментальной платформой для проведения научных исследований в интересах кафедр и научно-исследовательских подразделений академии, а также других организаций Министерства обороны РФ и промышленности [30]. БЛА «Гамма» демонстрировался на МАКС-2015.

НПП «Автономные аэрокосмические системы–ГеоСервис» разработало в рамках программы импортозамещения и представило на HeliRussia-2016 линейку двухтактных двухцилиндровых оппозитных двигателей собственной конструкции с рабочим объемом 88, 183, 294 и 350 см³. Так, двигатель 2В183 с рабочим объемом 183 см³ был установлен на БЛА «Гамма» взамен двигателя 3W немецкого производства [31].

В 2016 г. это предприятие создало дочернюю компанию НПП «Авиамеханика», задачами которой являются разработка, производство и продажа двигателей для БЛА. В ближайших планах компании — создание гибридных силовых установок для БЛА, а также разработка БЛА самолетного типа с вертикальными взлетом и посадкой [32].

Сегодня в мире существует тенденция зарождения нового класса БЛА — самолетов с вертикальными взлетом и посадкой на базе мультироторных технологий. Так, в Казанском национальном исследовательском университете разработан БЛА самолетного типа с вертикальными взлетом и посадкой, имеющий взлетную массу 6,7 кг. Компания «Рикор Электроникс» (Арзамас) создала линейку БЛА «Рикор АЛ-210», «Рикор АЛ-110», «Рикор АЛ-510» с взлетной массой 4,5, 11 и 60 кг соответственно. Для увеличения продолжительности полета мультироторного БЛА применяют гибридную силовую установку, включающую карбюраторный или дизельный двигатель и генератор. Спектр применения данных аппаратов широк: от беспилотных аппаратов и аэротакси с полетным временем до 1 ч и полезной нагрузкой не более 180 кг до транспортных региональных воздушных судов с временем полета до 5 ч и полезной нагрузкой до 1000 кг.

Общие тенденции развития российских БЛА. Для современных БЛА наблюдается общая тенденция роста взлетной массы и геометрических размеров летательных аппаратов и соответственно к увеличению полезной нагрузки, высоты, дальности и продолжительности полета [33–35]. При этом масса самого БЛА постоянно уменьшается. Это связано с применением современных конструкционных материалов, обладающих малой удельной массой и высокой прочностью, а также с использованием легких электродвигателей, миниатюрных радиоэлектронных компонентов и т. д.

В области создания комплексов с БЛА наблюдается тенденция изготовления многофункциональных БЛА, способных выполнять разнообразные задачи. Это снижает стоимость разработок. Наблюдается также тенденция применения на БЛА поршневых двигателей, работающих на автомобильном бензине или дизельном топливе.

Большинство БЛА, перечисленных в табл. 2, изготовлено для решения специализированных задач по заказам военных ведомств, где массовое производство не требуется. В настоящее время одной из проблем массового производства БЛА гражданского назначения в России является недостаточное финансирование. С появлением в малом бизнесе частного финансирования, софинансирования в виде грантов и пр. на российском рынке резко возросло число моделей отечественных гражданских БЛА. Спрос на гражданские БЛА зачастую превышает предложение. У разработчиков российских БЛА возникли трудности в виде отсутствия в настоящее время серийного производства двигателей, электроники и других комплектующих для развертывания массового производства БЛА. Организация массового производства отечественных комплектующих к БЛА является задачей не для малого бизнеса и требует соучастия крупных инвесторов, привлечение которых в перспективе способно решить данную проблему и насытить рынок БЛА отечественными комплектующими.

Сегодня российский рынок беспилотной техники уже находится на подъеме. На нем появляется большое количество производителей БЛА с широким спектром беспилотных аппаратов. Некоторые российские БЛА, такие как «Орлан-10», «Гранат-1 и -4», ZALA 421-08 и другие, поставляются на экспорт в разные страны, в первую очередь в страны Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока и Латинской Америки. Насыщение рынка отечественными БЛА в ближайшем будущем приведет к повышению экономической безопасности и обороноспособности России.

Заключение. По результатам проведенного анализа сформулированы основные тенденции развития БЛА. Начало XXI в. отмечается резким ростом числа моделей отечественных БЛА, а также предприятий и организаций, занимающихся их разработкой и производством. Спектр военных БЛА, принятых на вооружение Российской армии, постоянно расширяется, так же как и количество самих БЛА. При этом нарастающими темпами продолжаются разработки разведывательно-ударных и ударных БЛА. Модельный ряд БЛА вертолетного типа расширяется и в военном, и в гражданском секторе за счет создания мультироторных БЛА. Активно ведутся разработки мультироторных БЛА с гибридными двигателями, при их изготовлении применяются новые материалы и технологии. В разработке и изготовлении отечественных БЛА принимают активное участие студенческие КБ вузов. При производстве БЛА создаются новые кооперации, концентрируют-

ся усилия государства и предпринимателей. Рост потребления БЛА на внутреннем рынке и расширение экспортного рынка привели к организации массового производства отечественных БЛА.

Массовое производство отечественной беспилотной авиационной техники, не уступающей по техническим характеристикам зарубежным аналогам, позволит развить научно-технический потенциал отрасли, обеспечить лидерство в военной и гражданской сферах, укрепить позиции России на мировом рынке современных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Иванов Ю.Л., ред. *Беспилотные летательные аппараты: состояние и тенденции развития*. Москва, ЛА Варяг, 2004, 176 с.
- [2] Сухачев А.Б. *Беспилотные летательные аппараты: состояние и перспективы развития*. Вилкова Н.Н., ред. Москва, МНИТИ, 2007, 60 с.
- [3] Кузнецов Г.А. Беспилотные летательные аппараты с поршневыми двигателями: история создания, применение и перспективы развития. *Научное обозрение*, 2010, № 3, с. 40–45.
- [4] Бадеха В.А., ред. *Беспилотные авиационные системы. Современное состояние и опыт применения*. Москва, Перо, 2014, 207 с.
- [5] Фетисов В.С., ред. *Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние*. Уфа, Фотон, 2014, 217 с.
- [6] Иванов М.С., ред. *Беспилотные летательные аппараты. Справочное пособие*. ВУНЦ ВВС ВВА. Воронеж, Научная книга, 2015, 619 с.
- [7] Матусевич А.Н. *Советские беспилотные самолеты-разведчики первого поколения*. Москва, АСТ, Минск, Харвест, 2002, 48 с.
- [8] Ганин С.М., Карпенко А.В., Колногоров В.В., Петров Г.Ф. *Беспилотные летательные аппараты*. Санкт-Петербург, Невский бастион, 1999, 160 с.
- [9] Кудряков С.А., ред. *Беспилотные авиационные системы. Общие сведения и основы эксплуатации*. Санкт-Петербург, Свое издательство, 2015, 121 с.
- [10] Павлушенко М.И., Евстафьев Г.М., Макаренко И.К. *Национальная и глобальная безопасность. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития*. Москва, Права человека, 2005, 610 с.
- [11] Бычков В.Н. *Летопись авиации и воздухоплавания*. Москва, Academia, 2006, 816 с.
- [12] Янкевич Ю. Беспилотные разведчики ОКБ им. А.С. Яковлева. *Общероссийский научно-технический журнал «Полет»*, 2000, № 3, с. 25–31.
- [13] Макаров Ю.В. *Летательные аппараты МАИ*. Москва, Изд-во МАИ, 1994, 256 с.
- [14] Янкевич Ю., Ермаков А. Так мы начинали. *Двигатель*, 2000, № 2, с. 35–37.
- [15] Василин Н.Я. *Беспилотные летательные аппараты*. Минск, Попурри, 2003, 272 с.
- [16] Ерохин Е. «Армейские» беспилотники. БЛА российских Вооруженных сил на форуме «Армия-2017». *Взлет*, 2017, № 11–12, с. 20–23.
- [17] Кузнецов Г.А. *Беспилотные летательные аппараты с поршневыми двигателями. Компоновки и конструкции*. Москва, Спутник+, 2010, 194 с.
- [18] Завалов О.А. *Современные винтокрылые беспилотные летательные аппараты*. Москва, МАИ-ПРИНТ, 2008, 196 с.
- [19] Друшляков В. Беспилотная Россия–2008. Краткий справочник по современным беспилотным летательным аппаратам. *Взлет*, 2008, № 1–2, с. 18–31.

- [20] Новичков Н.Н., ред. *Беспилотные летательные аппараты мира. Справочник*. Москва, ИА АРМС-ТАСС, 2012, 456 с.
- [21] *Беспилотные летательные аппараты*. URL: <http://www.bp-la.ru> (дата обращения 16.02.2018).
- [22] *Независимые беспилотные системы*. URL: <http://www.ruvsa.com/catalog> (дата обращения 16.02.2018).
- [23] *Российские беспилотники*. URL: <https://russiandrone.ru/catalog/bespilotnye-kompleksy/> (дата обращения 18.02.2018).
- [24] *Портал по авиации № 1*. URL: <http://avia.pro/blog/bespilotnye-letatelnye-apparaty-dronu-istoriya> (дата обращения 28.02.2018).
- [25] Шибаев В., Шнырев А., Буня В. Беспилотные авиационные системы: безопасность полетов и критические факторы. *Аэрокосмический курьер*, 2011, № 1, с. 55–57.
- [26] Ерохин Е. Дебют «Ориона». *Взлет*, 2017, № 9–10, с. 30–34.
- [27] Ерохин Е. «Вертолеты России» показали новый беспилотник. *Взлет*, 2017, № 9–10, с. 12.
- [28] Барбасов В.К., Гречищев А.В. Мультимоторные беспилотные летательные аппараты, представленные на российском рынке: обзор. *Инженерные изыскания*, 2014, № 8, с. 27–31.
- [29] *Беспилотные летательные аппараты НПП «Автономные аэрокосмические системы–ГеоСервис»*. URL: <http://uav-siberia.com/catalog/uavs/> (дата обращения 16.02.2018).
- [30] Агеев А.М., Попов А.С., Макаров И.В. Работы по созданию научно-исследовательского беспилотного летательного аппарата в ВУНЦ ВВС «ВВА». *Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами. Сб. статей и докл. по материалам ежегодной науч.-практ. конф.* Коломна, 2016, с. 10–16. URL: http://mil.ru/files/morf/Sbornik_dokladov_konferencii_bla.pdf (дата обращения 16.02.2018).
- [31] Ерохин Е. Легкие моторы «Авиамеханики». *Взлет*, 2016, № 6, с. 20.
- [32] Крылов Е.Д., Каржаев А.С., Хорошко А.Ю. Пути создания гибридных силовых установок с высокими удельными характеристиками. *Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки. Сб. науч. статей по материалам докл. IV Всерос. НПК «Авиатор»*. Воронеж, ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017, с. 70–75.
- [33] Смирнова И.Р., Титков О.С., Чабанов В.А. Концептуальные взгляды на развитие беспилотной авиации. *Авиационные системы*, 2018, № 1, с. 9–23.
- [34] Линник С. Отечественная беспилотная авиация. URL: <https://topwar.ru/137169-otechestvennaya-bespilotnaya-aviaciya-chast-1.html> (дата обращения 30.03.2018).
- [35] Бондарь М.С., Булатов О.Г., Жернаков А.Б. Развитие беспилотной авиации в интересах материально-технического обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации. *Военная мысль*, 2017, № 5, с. 41–44.

Статья поступила в редакцию 18.04.2018

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Кузнецов Г.А., Кудрявцев И.В., Крылов Е.Д. Ретроспективный анализ, современное состояние и тенденции развития отечественных беспилотных летательных аппаратов. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2018, вып. 9. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2018-9-1801>

Кузнецов Геннадий Аркадьевич — канд. техн. наук, доцент кафедры конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств Сибирского федерального университета. Область научных интересов: авиационная техника, беспилотные летательные аппараты, поршневые двигатели.
e-mail: gkuznecov@mail.ru

Кудрявцев Илья Владимирович — канд. техн. наук, доцент кафедры прикладной механики Сибирского федерального университета. Область научных интересов: авиационная техника, беспилотные летательные аппараты, поршневые двигатели.
e-mail: kudrilya@rambler.ru

Крылов Егор Дмитриевич — директор ООО «НПП «Авиамеханика». Область научных интересов: авиационная техника, беспилотные летательные аппараты, поршневые двигатели. e-mail: krylov@uav-siberia.com

Domestic unmanned aircraft retrospective analysis, state of the art and the development trends

© G.A. Kuznetsov¹, I.V. Kudryavtsev¹, E.D. Krylov²

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russia

²Aviamechanica LLC., Krasnoyarsk, 660079, Russia

The article presents retrospective analysis of model range of the domestic unmanned aerial vehicles, describes the dynamics of their development and industrial production, and includes a list of Russian developers and manufacturers. The domestic unmanned aerial vehicles state of the art is analyzed. On the basis of the analysis results the main trends in the development of Russian unmanned aerial vehicles are formulated. In particular, recently there has been a sharp increase in the number of Russian flying vehicle models, as well as enterprises and organizations engaged in their development and production in the military and civil sectors. A great demand for unmanned vehicles, improving Russia's national security, switching to import substitution under sanctions, budgetary, grant and private financing for the development and production of unmanned aerial vehicles are the reasons for it.

Keywords: *unmanned aerial vehicle, remotely piloted aircraft, unmanned aircraft, unmanned helicopter, multi-rotor unmanned vehicle, pilotless aviation*

REFERENCES

- [1] Ivanov Yu.L., ed. *Bespilotnye letatelnye apparaty: sostoyanie i tendentsii razvitiya* [Unmanned aerial vehicles: state of the art and the development trends]. Moscow, LA Varyag Publ., 2004, 176 p.
- [2] Sukhachev A.B. *Bespilotnye letatelnye apparaty: sostoyanie i perspektivy razvitiya* [Unmanned aerial vehicles. State of the art and development prospects]. Vil'kova N.N., ed., Moscow, MNITI Publ., 2007, 60 p.
- [3] Kuznetsov G.A. *Nauchnoe obozrenie — Scientific Review*, 2010, no. 3, pp. 40–45.
- [4] Badekha V.A., ed. *Bespilotnye aviatsionnye sistemy. Sovremennoe sostoyanie i opyt primeneniya* [Unmanned Aircraft Systems. Current state and experience of application]. Moscow, Pero Publ., 2014, 207 p.
- [5] Fetisov V.S., ed. *Bespilotnaya aviatsiya: terminologiya, klassifikatsiya, sovremennoe sostoyanie* [Unmanned aviation: terminology, classification, current state]. Ufa, Foton Publ., 2014, 217 p.
- [6] Ivanov M.S., ed. *Bespilotnye letatelnye apparaty. Spravochnoe posobie* [Unmanned aerial vehicles Reference Manual]. Voronezh, Nauchnaya kniga Publ., 2015, 619 p.
- [7] Matusevich A.N. *Sovetskie bespilotnye samolety-razvedchiki pervogo pokoleniya* [Soviet unmanned reconnaissance aircrafts of the first generation]. Moscow, AST Publ., Minsk, Kharvest Publ., 2002, 48 p.
- [8] Ganin S.M., Karpenko A.V., Kolnogorov V.V., Petrov G.F. *Bespilotnye letatelnye apparaty* [Unmanned aerial vehicles]. St. Petersburg, Nevskiy bastion Publ., 1999, 160 p.
- [9] Kudryakov S.A. ред. *Bespilotnye aviatsionnye sistemy. Obshchie svedeniya i osnovnyye ekspluatatsii* [Unmanned Aircraft Systems. General information and the basics of operation]. St. Petersburg, Svoe izdatlstvo Publ., 2015, 121 p.
- [10] Pavlushenko M.I., Evstafyev G.M., Makarenko I.K. *Natsionalnaya i globalnaya bezopasnost. Bespilotnye letatelnye apparaty: istoriya, primeneniye, ugroza*

- rasprostraneniya i perspektivy razvitiya* [Unmanned aerial vehicles: history, application, threat of proliferation and development prospects]. Moscow, Prava cheloveka Publ., 2005, 610 p.
- [11] Bychkov V.N. *Letopis aviatsii i vozdukhoplavaniya* [Annals of Aviation and Aeronautics. Moscow, Academia Publ., 2006, 816 p.
- [12] Yankevich Yu. *Obshcherossiyskiy nauchno-tekhnicheskiy zhurnal «Polet» — All-Russian scientific and technical journal “Polet” (Flight)*, 2000, no. 3, pp. 25–31.
- [13] Makarov Yu.V. *Letatelnye apparaty MAI* [MAI aircrafts]. Moscow, MAI Publ., 1994, 256 p.
- [14] Yankevich Yu., Ermakov A. *Dvigatel — Engine*, 2000, no. 2, pp. 35–37.
- [15] Vasilyn N.Ya. *Bespilotnye letatelnye apparaty* [Unmanned aerial vehicles]. Minsk. Popurri Publ., 2003, 272 p.
- [16] Yerokhin E. *Vzlet — Take-off*, 2017, no. 11–12, pp. 20–23.
- [17] Kuznetsov G.A. *Bespilotnye letatelnye apparaty s porshnevnyimi dvigatelyami. Komponenty i konstruksii* [Unmanned aerial vehicles with piston engines. Layouts and structure]. Moscow, Sputnik+ Publ., 2010, 194 p.
- [18] Zavalov O.A. *Sovremennye vintokrylye bespilotnye letatelnye apparaty* [Modern unmanned rotorcrafts]. Moscow, MAI PRINT Publ., 2008, 196 p.
- [19] Drushlyakov V. *Vzlet — Take-off*, 2008, no. 1–2, pp. 18–31.
- [20] Novichkov N.N., ed. *Bespilotnye letatelnye apparaty mira. Spravochnik* [Unmanned aerial vehicles of the world. Reference book]. Moscow, IA ARMS-TASS Publ., 2012, 456 p.
- [21] *Bespilotnye letatelnye apparaty* [Unmanned aerial vehicles]. Available at: <http://www.bp-la.ru> (accessed February 16, 2018).
- [22] *Nezavisimye bespilotnye sistemy* [Fully autonomous unmanned systems]. Available at: <http://www.ruvs.com/catalog> (accessed February 16, 2018).
- [23] *Rossiyskie bespilotniki* [Russian unmanned aircrafts]. Available at: <https://russiadrone.ru/catalog/bespilotnye-komplekсы/> (accessed February 18, 2018).
- [24] *Portal po aviatsii № 1* [The aviation portal no. 1]. Available at: <http://avia.pro/blog/bespilotnye-letatelnye-apparaty-drony-istoriya> (accessed February 28, 2018).
- [25] Shibaev V., Shnyrev A., Bunya V. *Aerokosmicheskiy kuryer — Aerospace courier*, 2011, no. 1, pp. 55–57.
- [26] Yerokhin E. *Vzlet — Take-off*, 2017, no. 9–10, pp. 30–34.
- [27] Yerokhin E. *Vzlet — Take-off*, 2017, no. 9–10, pp. 12.
- [28] Barbasov VK, Grechishchev A.V. *Inzhenernye izyskaniya — Engineering survey*, 2014, no. 8, pp. 27–31.
- [29] *Bespilotnye letatelnye apparaty NPP “Avtonomnye aerokosmicheskie sistemy Geo Servis”* [Unmanned aerial vehicles of the research and production enterprise “Autonomous aerospace systems Geo Service”]. Available at: <http://www.uav-siberia.com/catalog/uavs> (accessed February 16, 2018).
- [30] Ageev A.M., Popov A.S., Makarov I.V. *Bespilotnye letatelnye apparaty. Raboty po sozdaniyu nauchno-issledovatel'skogo bespilotnogo letatel'nogo apparata v VUNTs VVS VVA* [Unmanned aerial vehicles. Work on the creation of a research unmanned aerial vehicle at the Military Training and Research Center of the Air Force, the Air Force Academy]. *Perspektivy razvitiya i primeneniya kompleksov s bespilotnymi letatel'nymi apparatami. Sbornik statey i dokladov po materialam ezhegodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsi* [Prospects for the development and application of complexes with unmanned aerial vehicles. Collection of articles and reports on the materials of the annual scientific and practical conference]. Kolomna, 2016, pp. 10–16. Available at: http://mil.ru/files/morf/Sbornik_dokladov_konferentsii_bla.pdf (accessed February 16, 2018).

- [31] Yerokhin E. *Vzlet — Take-off*, 2016, no. 6, pp. 20.
- [32] Krylov E.D., Karzhaev A.S., Khoroshko A.Yu. Puti sozdaniya gibridnykh silovykh ustanovok s vysokimi udelnymi kharakteristikami [Ways to create hybrid power plants with high specific characteristics]. *Aktualnye voprosy issledovaniy v avionike: teoriya, obsluzhivanie, razrabotki. Sbornik nauchnykh statey po materialam dokladov IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Aviator"* [Actual problems of research in avionics: theory, maintenance, development. Collection of scientific articles on the materials of reports of IV All-Russian scientific and practical conference "Aviator"]. Voronezh, VUNTs VVS VVA Publ., 2017, pp. 70–75.
- [33] Smirnova I.R., Titkov O.S., Chabanov V.A. *Aviatsionnye sistemy — Aircraft Systems*, 2018, no. 1, pp. 9–23.
- [34] Linnik S. *Otechestvennaya bespilotnaya aviatsiya* [Domestic unmanned aircrafts]. Available at: <https://topwar.ru/137169-otechestvennaya-bespilotnaya-aviatsiya-chast-1.html> (accessed March 30, 2018).
- [35] Bondar M.S., Bulatov O.G., Zhernakov A.B. *Voennaya mysl — Military thought*, 2017, no. 5, pp. 41–44.

Kuznetsov G.A., Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Design and Technological Support of Machine-Building Productions, Siberian Federal University. Research interests: aeronautical engineering, unmanned aerial vehicles авиационная техника, piston engines. e-mail: gkuznecov@mail.ru

Kudryavtsev I.V., Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Applied Mechanics, Siberian Federal University. Research interests: aeronautical engineering, unmanned aerial vehicles, piston engines. e-mail: kudrilya@rambler.ru

Krylov E.D., Director, Aviamechanica LLC, Research interests: aeronautical engineering, unmanned aerial vehicles, piston engines. e-mail: krylov@uav-siberia.com