

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан ФАМТ

 О.А. Красильникова
« 6 » 06 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой АС

 С.Б. Марьин
« 6 » 06 2022 г.

Изготовление болванки модели БПЛА

Руководитель СКБ

 И.В. Лозовский

Ответственный исполнитель

 Д.Н. Даниленко

Комсомольск-на-Амуре 2022

Карточка проекта

Название	Изготовление болванки модели БПЛА
Тип проекта	Инициативный
Исполнители	Д.Н. Даниленко ответственный исполнитель
Срок реализации	Май 2022 Месяц, год

Использованное оборудование материалы и компоненты

Наименование	Количество, шт
Персональный компьютер	1
ПО T-flexCAD, ArtCAM	
Измерительный инструмент	
Станок ЧПУ	1
Пенополистирол	1 лист
Стеклоткань, смола эпоксидная	1 кг
ЛКМ	
Шлифовальные материалы	

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



ЗАДАНИЕ на разработку

Название проекта: Изготовление болванки модели БПЛА

Назначение: Болванка является частью технологической оснастки и необходима для изготовления полного комплекта технологической оснастки

Область использования: Технология изготовления летательных аппаратов.

Функциональное описание устройства: Поверхность болванки является теоретический контур летательного аппарата.

Техническое описание устройства: Болванка изготавливается из ПКМ. Основа изготавливается из пенопласта типа пеноплекс. Поверхность оклеивается тонким слоем стеклопластика и грунтуется.

Требования: Высокое качество поверхности. Покрытие поверхности ЛКМ. Умеренный расход материалов ПКМ и ЛКМ. Достаточная прочность и жесткость болванки.

План работ

Наименование работ	Срок
Подготовка управляющей программы для фрезерования основы	10.2021 – 11.2021
Изготовление пенопластовой заготовки	11.2021
Фрезерная обработка	12.2022
Доработка поверхности основы	01.2022 – 02.2022
Оклейка основы стеклопластиком	02.2022 – 03.2022
Отделка поверхности	03.2022 – 05.2022

Комментарии:

Перечень графических материалов:

- Трехмерная модель БПЛА
- Фотоматериалы

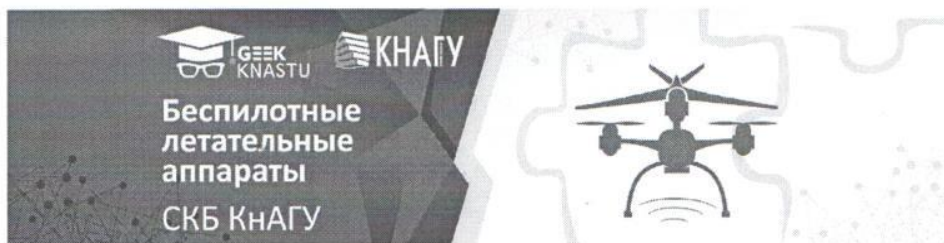
Руководитель проекта

(подпись, дата)

И.В. Лозовский

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



ПАСПОРТ ПРОЕКТА УЗЛА/ИЗДЕЛИЯ

Изготовление болванки модели БПЛА

Руководитель проекта



И.В. Лозовский

(подпись, дата)

Ответственный исполнитель



Д.Н. Даниленко

(подпись, дата)

Комсомольск-на-Амуре 2022

Введение

Класс микро- и мини- БПЛА и комплексов на их основе с взлетной массой до 5 кг начал появляться в России относительно недавно, но уже довольно широко представлен. БПЛА этого типа предназначены для индивидуального оперативного использования на малых дальностях на удалении до 25...40 км. Они просты в эксплуатации и транспортировке, выполняются складными и позиционируются как «носимые», запуск осуществляется, как правило, с руки.

Был проведен анализ аппаратов массой до 5 кг из состава беспилотных авиационных комплексов, который позволил выявить их основные характеристики (в зависимости от типа аппарата):

- радиус действия по радиоканалу до 5...10 км;
- взлетный вес от 0,3 до 5 кг;
- время полета от 20 минут до 3 часов;
- быстрозаменяемая полезная нагрузка;
- электрическая двигательная установка;
- работа с полевых площадок;

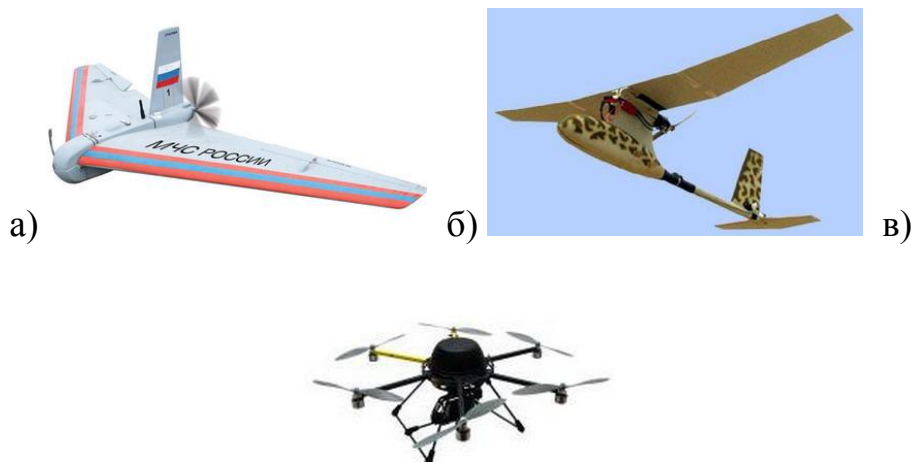


Рисунок 1 – Распространенные схемы БПЛА микро-класса:

а – «летающее крыло»; б – классическая схема; в – мультироторная схема.

					СКБ.0.ИП.000000ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		

В таблице 1.1 представлены характеристики некоторых БПЛА из состава беспилотных авиационных комплексов отечественных и зарубежных производителей.

Таблица 1.1 – Сведения о БПЛА микро-класса

Название аппарата	Производитель	Страна	m ₀ , кг	m _{пн} , кг	V, км/ч	T, ч	Тип СУ, кол-во
Схема "летающее крыло"							
ZALA 421-08	Группа компаний ZALA AERO	Россия	2,3	0,25	65-130	1,5	ЭД, 1
ZALA 421-04М	Группа компаний ZALA AERO	Россия	4,8	1	65-120	3	ЭД, 1
ZALA 421-04Ф	Группа компаний ZALA AERO	Россия	4,5	0,45	65-120	1,5	ЭД, 1
T23Э "Элерон"	ЗАО "Эникс"	Россия	3,8	1	65-110	1,5	ЭД, 1
Инспектор-101	"Аэрокон"	Россия	0,25	0,05	30-72	0,59	ЭД, 1
Инспектор-201	"Аэрокон"	Россия	1,3	0,15	55-120	0,75	ЭД, 1
Иркут-2М	Корпорация "Иркут"	Россия	3	0,3	65-105	1,5	ЭД, 1
Иркут-3	Корпорация "Иркут"	Россия	3	0,5	70-90	1,25	ЭД, 1
Wasp Block II	AeroVironment Inc.	США	0,28	-	40-60	0,84	ЭД, 1
Wasp Block III	AeroVironment Inc.	США	0,43	-	40-65	0,75	ЭД, 1
Мультироторная схема							
ZALA 421-21	Группа компаний ZALA AERO	Россия	1,5	0,3	0-40	0,67	ЭД, 6
Skycamera Spider 640	-	Россия	1,7	1	50	0,3	ЭД, 4
Колибри	ЗАО НПЦ Фирма «НЕЛК»	Россия	2	0,8	0-50	0,5	ЭД, 6
Draganflyer X6	Draganfly Innovations Inc.	США	1,5	0,5	0-50	0,33	ЭД, 6
Microdrone md4-200	MicroDrones GmbH	Германия	1,1	0,3	30	0,5	ЭД, 4
Классическая схема							
ИСТРА-10	ООО "ИЭМЗ"	Россия	5	1	80-130	1	ЭД, 1
Локон	СКБ "Топаз"	Россия	3,5	0,6	60-120	1	ЭД, 1
RQ-11A Raven	AeroVironment Inc.	США	1,9	-	95	1,33	ЭД, 1
FQM-151 Pointer	AeroVironment Inc.	США	4,3	-	80	1	ЭД, 1
Puma	AeroVironment Inc.	США	4,5	-	25-100	3	ЭД, 1
RQ-14A Dragon Eye / Swift	AeroVironment Inc.	США	2,7	-	35-65	1	ЭД, 2

Наиболее распространенной аэродинамической схемой для таких БПЛА является схема «летающее крыло» (рисунок 1, а), также существуют аппараты классической («самолетной») схемы (рисунок 1, б) и так называемой мультироторной схемы (рисунок 1, в).

Был рассмотрен 21 БПЛА, из которых 10 аппаратов выполнены по схеме «летающее крыло», 6 – по классической схеме и 5 имеют мультироторную схему. В таблице помимо названия аппарата, фирмы-производителя и страны-производителя, указана взлетная масса аппаратов (m_0 , кг), масса полезной нагрузки ($m_{пн}$, кг), диапазон скоростей (V , км/ч), продолжительность полета аппарата (T , ч), а также тип и количество силовых установок.

В микро-классе доминируют аппараты схемы «летающее крыло», как наиболее простые в изготовлении и эксплуатации. К тому же, схема «летающее крыло» обеспечивает увеличенную дальность и продолжительность полета по сравнению с остальными схемами. К недостаткам аппаратов данной схемы можно отнести отсутствие возможности зависания над объектом съемки и детального его осмотра с близкого расстояния, а также необходимость в дополнительных приспособлениях, обеспечивающих безопасную посадку аппарата.

Аппараты классической схемы по характеристикам дальности и продолжительности полета близки к аппаратам схемы «летающее крыло», а также, в сравнении с аппаратами остальных схем, обладают лучшей устойчивостью, однако имеют большие транспортные габариты.

Мультироторная схема обеспечивает малые размеры аппарата, вертикальные взлет и посадку. Аппараты такой схемы имеют сравнительно невысокую стоимость, обладают возможностью зависания и детального осмотра выбранного объекта с любой близкой дистанции, но такие аппараты имеют меньшую скорость, малую массу полезной нагрузки и малую продолжительность полета по сравнению с остальными схемами.

					СКБ.0.ИП.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		8

На основе анализа главных достоинств и недостатков распространенных схем БПЛА предлагается комбинированная схема воздушной платформы, сочетающая положительные свойства летательных аппаратов схемы «летающее крыло» и мультироторной схемы. Примерный вид аппарата данной схемы представлен на рисунке 2.

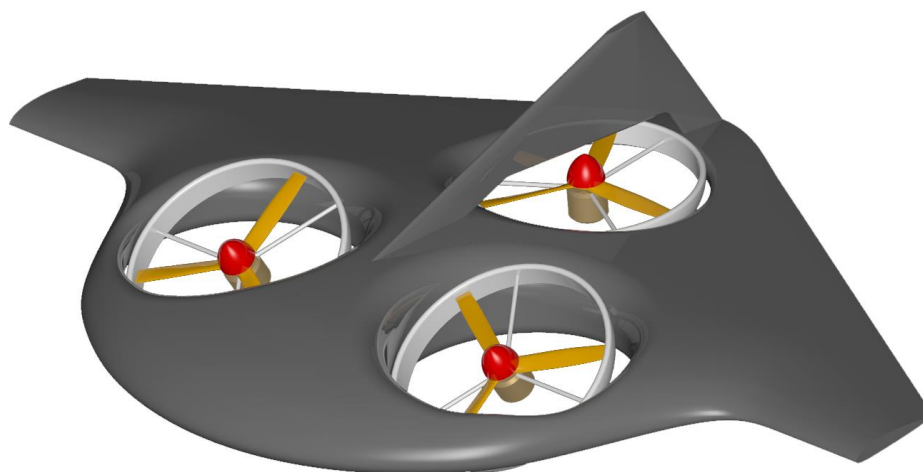


Рисунок 2 – Комбинированная схема воздушной платформы

Принципиальная схема воздушной платформы – дисковое крыло с тремя винтами в кольце, интегрированными в корпус аппарата. Дисковое крыло, одновременно являющееся корпусом аппарата, дополнено консолями небольшого удлинения. Управление аппаратом осуществляется двумя передними двигателями, которые имеют возможность поворота относительно поперечной оси ЛА. Таким образом, аппарат данной схемы обладает возможностью вертикального взлета и посадки, а также зависания над объектом, что характерно для вертолетной и мультироторной схемы. Соответственно, нет необходимости в дополнительных приспособлениях, обеспечивающих безопасную посадку аппарата. При этом такая схема может обеспечить более высокие, чем у названных схем, характеристики скорости, дальности и продолжительности полета за счет обтекаемой формы корпуса, создающего дополнительную подъемную силу.

					СКБ.0.ИП.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		9

Воздушная платформа данной схемы способна решать разного рода задачи. Благодаря возможности зависания и, вследствие этого, уменьшению вибраций аппарата он способен осуществлять высококачественную видео- и фотосъемку. В то же время продолжительность полета аппарата позволяет вести мониторинг протяженных объектов, осуществлять аэрофотосъемку для картографирования и выполнять другие задачи, требующие продолжительного нахождения аппарата в воздухе.

На рисунках 3 и 4 представлены графики зависимости средней скорости и продолжительности полета рассматриваемых аппаратов распространенных схем от их массы.

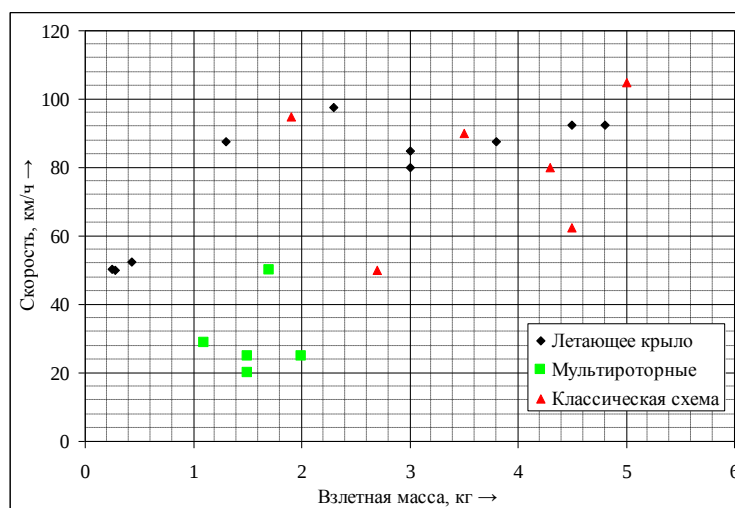


Рисунок 3 – Зависимость скорости полета БПЛА от их взлетной массы

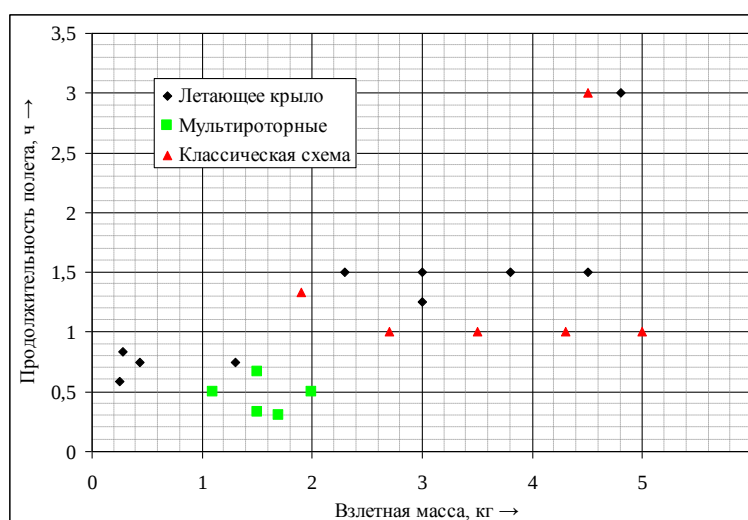


Рисунок 4 – Зависимость продолжительности полета БПЛА от их взлетной массы

Исходя из полученных данных, характеристики проектируемого аппарата будут приблизительно следующие:

- взлетная масса $m_0 = 2 \dots 4$ кг
- средняя скорость полета $V = 60 \dots 80$ км/ч
- продолжительность полета $T = 30 \dots 90$ мин

Технология изготовления оснастки

Болванка является частью технологической оснастки и необходима для изготовления полного комплекта технологической оснастки для изготовления элементов конструкции малоразмерного БПЛА.

Поверхность болванки является теоретический контур летательного аппарата. Высокое качество поверхности. Покрытие поверхности ЛКМ. Умеренный расход материалов ПКМ и ЛКМ. Достаточная прочность и жесткость болванки.

Техническое описание устройства: Болванка изготавливается из ПКМ. Основа изготавливается из пенопласта типа пеноплекс. Поверхность оклеивается тонким слоем стеклопластика и грунтуется.

Ниже на рисунках 6 – 9 представлены основные этапы изготовления болванки.

1 Изготовление основы болванки из пенополистирола (пеноплекс). Изготовление производилось на фрезерном станке ЧПУ по электронной модели за два перехода (рисунок 6);

2 Ручная механическая доработка основы, шлифовка гребешков после фрезерной обработки (рисунок 7);

3 Оклейка поверхности стеклотканью. Оклейка производится свободной выкладкой на связующем ЭД–20 (рисунок 8);

					СКБ.0.ИП.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		11

4 Окончательная отделка поверхности. Шпатлевание, грунтовка, покраска. После каждого перехода производится шлифовка поверхности (рисунок 9)

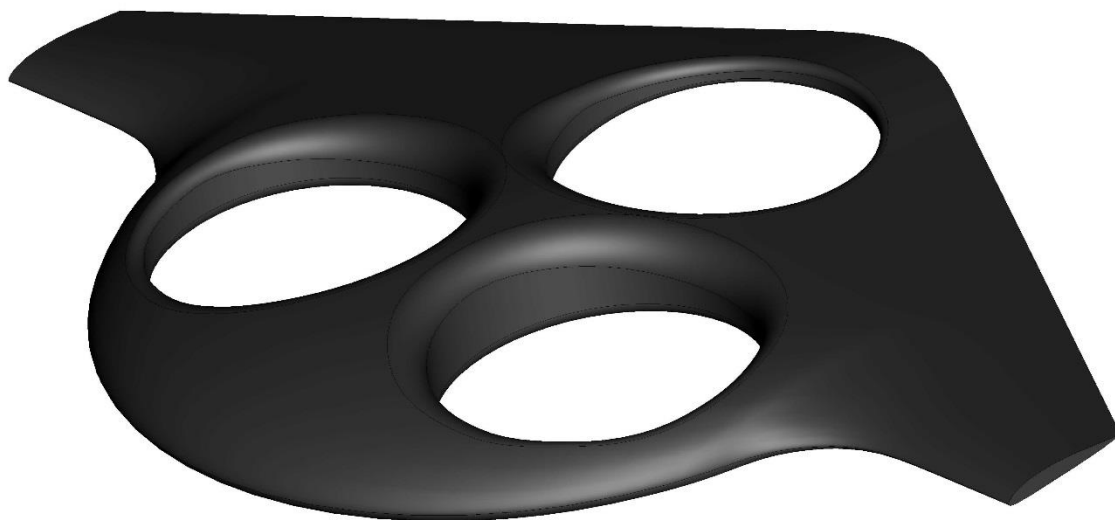


Рисунок 5 – Трехмерная модель оснастки БПЛА

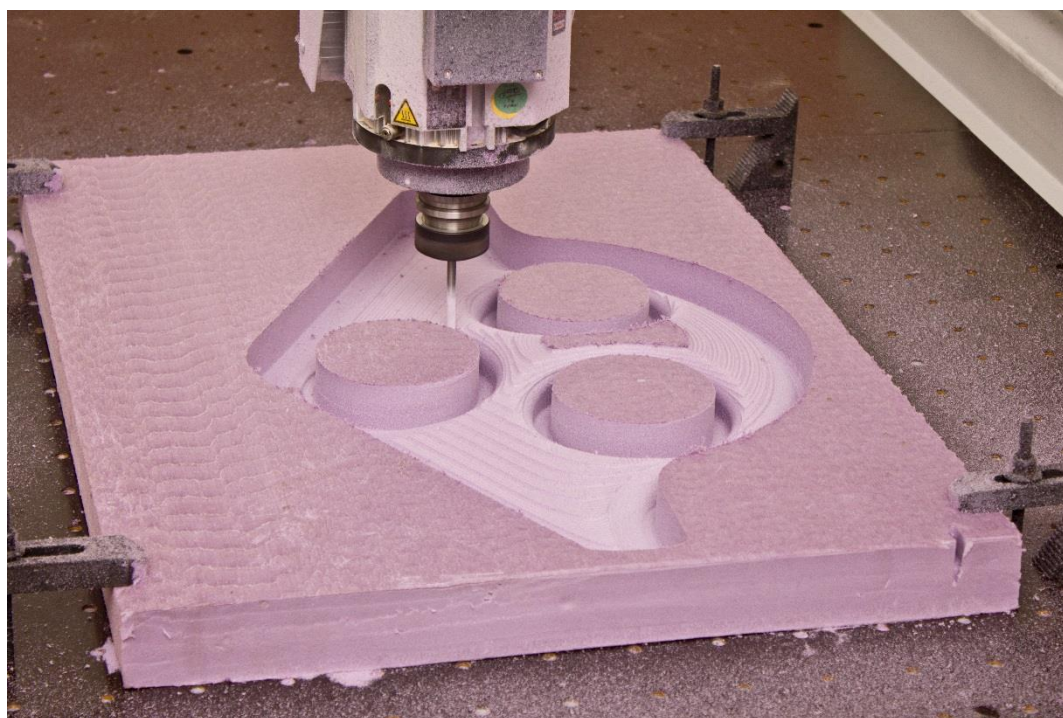


Рисунок 6 – Изготовление основы болванки из пенопласта на станке ЧПУ

					СКБ.0.ИП.000000ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		



Рисунок 7 – Готовая основа болванки после ручной доработки



Рисунок 8 – Оклеивка поверхности стеклотканью



Рисунок 9 – Готовая болванка БПЛА

Болванка имеет следующее дальнейшее применение:

- 1 Визуальное натурное определение геометрических характеристик модели;
- 2 Изготовление «корок» для объемной увязки элементов конструкции и оборудования;
- 3 Изготовление матриц для изготовления обшивок конструкции БПЛА;
- 4 Изготовление другой технологической оснастки для изготовления элементов конструкции БПЛА

					СКБ.0.ИП.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		14

Список использованных источников

- 1 **Павлушенко, М. И.** Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития / М. И. Павлушенко, Г. М. Евстафьев, И. К. Макаренко. – М. : Права человека, 2005. – 611 с.
- 2 **Мхитарян, А. М.** Аэродинамика / А. М. Мхитарян. – М. : Машиностроение, 1976. – 448 с.
- 3 **Шмитц, Ф. В.** Аэродинамика малых скоростей / Ф. В. Шмитц. – М. : Издательство ДОСААФ, 1963. – 60 с.
- 4 **Шульце, Х.** Аэродинамика и летающая модель / Х. Шульце ; пер. с нем. Л. В. Мурычева. – М. : Издательство ДОСААФ, 1959. – 47 с.
- 5 **Бадягин, А. А.** Проектирование легких самолетов / А. А. Бадягин, Ф. А. Мухаммедов. – М. : Машиностроение, 1978. – 208 с.
- 6 **Кравец, А. С.** Характеристики авиационных профилей / А. С. Кравец. – М. : Государственное издательство оборонной промышленности, 1939. – 86 с.
- 7 **Кравец, А. С.** Характеристики воздушных винтов / А. С. Кравец. – М. : Государственное издательство оборонной промышленности, 1941. – 264 с.
- 8 **Чумак, П. И.** Расчет, проектирование и постройка сверхлегких самолетов / П. И. Чумак, В. Ф. Кривокрысенко. – М. : Патриот, 1991. – 240 с.
- 9 Справочник авиаконструктора. Том 1. Аэродинамика самолета. – М. : Издание центрального аэрогидродинамического института им. проф. Н. Е. Жуковского, 1937. – 513 с.
- 10 **Остославский, И. В.** Динамика полета. Траектории летательных аппаратов / И. В. Остославский, И. В. Стражева. – М. : Государственное научно-техническое издательство Оборонгиз, 1963. – 430 с.
- 11 Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации : утв. Постановлением Правительства российской Федерации 11.03.2010 : ввод в действие с 01.11.2010.
- 12 Единые нормы летной годности. Очень легкие самолеты : утв. 26.04.1990 : ввод в действие с 26.04.1990

					СКБ.0.ИП.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		15

13 Руководство для конструкторов летательных аппаратов самодеятельной постройки (РДК СЛА). В 2 т. Т. 1. Общие технические требования. Аэродинамика. / Ю. И. Бадрухин [и др.]. – Новосибирск : СибНИА, 1989. – 248 с.

14 **Торенбик, Э.** Проектирование дозвуковых самолетов / Э. Торенбик ; пер. с англ. Е. П. Голубкова. – М. : Машиностроение, 1983. – 648 с.

15 Проектирование самолетов / С. М. Егер [и др.]. – М. : Машиностроение, 1983. – 616 с.

16 **Кондратьев, В. П.** Самолет – своими руками / В. П. Кондратьев, Л. Ф. Яснопольский. – М. : Патриот, 1993. – 208 с.

17 **Дракин, И. И.** Основы проектирования беспилотных летательных аппаратов с учетом экономической эффективности / И. И. Дракин. – М. : Машиностроение, 1973. – 224 с.

18 **Юрьев, Б. Н.** Избранные труды. Том 1. Воздушные винты. Вертолеты / Б. Н. Юрьев. – М. : Издательство Академии наук СССР, 1961. – 552 с.

19 **Базов, Д. И.** Аэродинамика вертолетов / Д. И. Базов. – М. : Транспорт, 1969. – 196 с.

20 **Браверман, А. С.** Динамика вертолета. Предельные режимы полета / А. С. Браверманн, А. П. Вайнтриуб. – М. : Машиностроение, 1988. – 280 с.

21 Зинченко О. Н. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования // Ракурс : программные решения в области геоинформатики, цифровой фотограмметрии и дистанционного зондирования. 2011. URL: <http://www.racurs.ru/?page=681> (дата обращения: 05.03.2012).

22 Коносевиц В. В. Разработка научно-методических подходов и технологии использования беспилотных летательных аппаратов в лесном хозяйстве // Официальный сайт ФГУ «Авиалесохрана». 2010. URL: http://www.aviales.ru/files/documents/2011/08/ot_niokr.pdf (дата обращения 14.03.2012).

					СКБ.0.ИП.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		16