

# АПК РОССИИ

AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF RUSSIA

Научный журнал

ISSN 2587-8824

Журнал включен в международную базу данных AGRIS

2020

Том 27 № 2



Журнал включен в перечень ВАК  
рецензируемых научных изданий

**ISSN** INTERNATIONAL  
STANDART  
SERIAL  
NUMBER

Журналу присвоен международный  
стандартный серийный номер  
ISSN: 2587-8824



ВЫСШАЯ  
АТТЕСТАЦИОННАЯ  
КОМИССИЯ (ВАК)  
при Министерстве  
образования и науки  
Российской Федерации

Журнал «АПК России» включен в перечень ВАК  
рецензируемых научных изданий,  
в которых должны быть опубликованы  
основные научные результаты диссертаций  
на соискание ученых степеней  
кандидата и доктора наук



AGRIS

Публикации в журнале выборочно направляются  
в базу данных Международной информационной  
системы по сельскохозяйственной науке  
и технологиям AGRIS ФАО ООН

eLIBRARY.RU

Журнал включен в систему Российского индекса  
научного цитирования (РИНЦ): <http://www.elibrary.ru>



Подписной  
индекс  
**94018**

Подписка на журнал по каталогу «Пресса России»  
во всех отделениях «Почта России»



**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ**  
**ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ**  
**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**  
**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ**

ISSN 2587-8824



# АПК России

Научный журнал

Основан в 1993 году

Том 27  
№ 2



Челябинск  
2020



ISSN 2587-8824



# Agro-Industrial Complex of Russia

Scientific Journal

Published since 1993

Volume 27  
Issue 2



Chelyabinsk  
2020



**АПК России****Agro-Industrial Complex of Russia**

Журнал включен в международную БД AGRIS  
Журнал включен в перечень ВАК  
рецензируемых научных изданий  
(распоряжение Министерства науки  
и высшего образования Российской Федерации  
от 12 февраля 2019 г. № 21-р)  
Журнал включен в систему Российского индекса  
научного цитирования (РИНЦ): <http://www.elibrary.ru>  
Свидетельство о регистрации СМИ ПИ  
№ ФС 77 – 65320 от 12.04.2016  
(РОСКОННАДЗОР, г. Москва)

The log is included in the international AGRIS database  
The log is included in the list of the Highest certifying  
commission of the reviewed scientific publications  
(order of the Ministry of science and the higher education  
of the Russian Federation  
of February 12, 2019 No. 21-r)  
The journal is included in the Russian Science  
Citation Index: <http://www.elibrary.ru>  
Certificate of registration SMI PI  
№ FS 77 – 65320 of 12.04.2016  
(ROSKOMNADZOR, city of Moscow)

**И. о. главного редактора**

доктор биологических наук, профессор  
**Мифтахутдинов Алевтин Викторович**

**Acting editor-in-chief**

Doctor of Biological Sciences, Professor  
**Miftakhutdinov Alevtin Viktorovich**

**Редакционная коллегия**

**Фисинин В. И.**, д-р с.-х. наук, проф., академик РАН

**Менков Н. Д.**, д-р техн. наук  
**Алымбеков К. А.**, д-р техн. наук  
**Басарыгина Е. М.**, д-р техн. наук, проф.  
**Безин А. Н.**, д-р ветеринар. наук, проф.  
**Белов В. В.**, д-р техн. наук, проф., член-корр. РАН

**Editorial board**

**Fisinin V. I.**, Dr. Sci. (Agricultural), Professor, Academician  
of Russian Academy of Sciences

**Menkov N. D.**, Dr. Sci. (Technical)  
**Alymbekov K. A.**, Dr. Sci. (Technical)  
**Basarygina E. M.**, Dr. Sci. (Technical), Professor  
**Bezin A. N.**, Dr. Sci. (Veterinary), Professor  
**Belov V. V.**, Dr. Sci. (Technical), Professor,  
Corresponding Member of the Russian Academy  
of Natural History

**Буторин В. А.**, д-р техн. наук, проф.

**Васильев А. А.**, д-р с.-х. наук

**Возмилов А. Г.**, д-р техн. наук, проф.

**Дерхо М. А.**, д-р биол. наук, проф.

**Горшков Ю. Г.**, д-р техн. наук, проф.

**Гриценко А. В.**, д-р техн. наук

**Зезин Н. Н.**, д-р с.-х. наук

**Косилов В. И.**, д-р с.-х. наук, проф.

**Линенко А. В.**, д-р техн. наук, проф.

**Лыкасова И. А.**, д-р ветеринар. наук, проф.

**Мударисов С. Г.**, д-р техн. наук, проф.

**Овчинников А. А.**, д-р с.-х. наук, проф.

**Панфилов А. Э.**, д-р с.-х. наук, проф.

**Позняковский В. М.**, д-р биол. наук, проф.

**Синявский И. В.**, д-р биол. наук

**Тихонов С. Л.**, д-р техн. наук, проф.

**Торопова Е. Ю.**, д-р биол. наук, проф.

**Тошев А. Д.**, д-р техн. наук, проф.

**Трояновская И. П.**, д-р техн. наук, ст. научн. сотрудник

**Тюлебаев С. Д.**, д-р с.-х. наук, проф.

**Фоминых А. В.**, д-р техн. наук, проф.

**Чарыков В. И.**, д-р техн. наук, проф.

**Шепелёв С. Д.**, д-р техн. наук

**Юдин М. Ф.**, д-р с.-х. наук, проф.

**Butorin V. A.**, Dr. Sci. (Technical), Professor

**Vasilyev A. A.**, Dr. Sci. (Agricultural)

**Vozmilov A. G.**, Dr. Sci. (Technical), Professor

**Derkho M. A.**, Dr. Sci. (Biological), Professor

**Gorshkov Yu. G.**, Dr. Sci. (Technical), Professor

**Gritsenko A. V.**, Dr. Sci. (Technical)

**Zezin N. N.**, Dr. Sci. (Agricultural)

**Kosilov V. I.**, Dr. Sci. (Agricultural), Professor

**Linenko A. V.**, Dr. Sci. (Technical), Professor

**Lykasova I. A.**, Dr. Sci. (Veterinary), Professor

**Mudarisov S. G.**, Dr. Sci. (Technical), Professor

**Ovchinnikov A. A.**, Dr. Sci. (Agricultural), Professor

**Panfilov A. E.**, Dr. Sci. (Agricultural), Professor

**Poznyakovskiy V. M.**, Dr. Sci. (Biological), Professor

**Sinyavskiy I. V.**, Dr. Sci. (Biological)

**Tikhonov S. L.**, Dr. Sci. (Technical), Professor

**Toropova E. Y.**, Dr. Sci. (Biological), Professor

**Toshev A. D.**, Dr. Sci. (Technical), Professor

**Trojanovskaja I. P.**, Dr. Sci. (Technical), Senior researcher

**Tulebaev S. D.**, Dr. Sci. (Agricultural), Professor

**Fominykh A. V.**, Dr. Sci. (Technical), Professor

**Tcharykov V. I.**, Dr. Sci. (Technical), Professor

**Shepelev S. D.**, Dr. Sci. (Technical)

**Yudin M. F.**, Dr. Sci. (Agricultural), Professor

Учредитель:

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»  
South-Ural State Agrarian University.

## КОНСТРУКЦИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**В. В. Митрашук, М. П. Баранова**

Проведен теоретический анализ сфер применения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) в сельском хозяйстве. Произведено сравнение альтернативных универсальных конструкций. Разработана математическая модель процесса полета БПЛА универсальной конструкции, которая позволяет в режиме реального времени прогнозировать характер движения БПЛА и на основании этого определять оптимальные параметры и режимы работы алгоритмов стабилизации и управления в зависимости от условий эксплуатации, выполняемых функций и задач сельского хозяйства.

*Ключевые слова:* математическая модель, беспилотный летательный аппарат, сельское хозяйство, электрооборудование.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) являются следующей стадией развития сельскохозяйственной техники, как когда-то это были технологии плуга, трактора и комбайна. Дроны были названы «летающие тракторы» [1]. Ожидается, что они значительно повысят эффективность сельскохозяйственных работ [2, 3]. Весь потенциал беспилотников для сельского хозяйства еще не раскрыт. Целью работы было исследование конструкции универсального сельскохозяйственного БПЛА.

В результате теоретического анализа сфер применения БПЛА в сельском хозяйстве установлены области применения БПЛА, в растениеводстве это:

– анализ, выявление, идентификация и ликвидация сорняков, заболеваний, вредителей (например, саранча) при помощи спектральных снимков и реагентов, выявление вредителей озимых культур;

– распыление гербицидов, пестицидов, жидких удобрений, воды, обработка растений лазерным излучением с полным покрытием участка или точно, после диагностики проблемных участков;

– оперативное точечное обнаружение погибшего урожая и растительности для уборки в сенаж и засева на данное место новых семян, например, устойчивых видов растений – кукурузы, овса, ржи и т.п.;

- определение благоприятных условий для засева семян, прогнозирование устойчивости урожая при посеве в данное время и в месте; подбор наиболее подходящего вида растений для засева в соответствии с текущими условиями окружающей среды; мониторинг состояния посевов, параметров роста культур и оценка всхожести с прогнозированием дальнейшей урожайности;

- отслеживание состояния растений, выявление количества воды, хлорофилла и питательных веществ в листьях, нормализованного вегетационного индекса NDVI, обнаружение зрелости урожая и построение карт урожайности;

- высев облаков для контроля осадков [1], экологический мониторинг химического состояния стратосферы, загрязнения тропосферы и качества воздуха (в частности,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}$ ); оперативный прогноз погоды, пылевых бурь, землетрясений, контроль колебания уровня воды;

- оперативный мониторинг засухи и наводнений на сельскохозяйственных участках, определение размыва сельскохозяйственных земель, непрерывное построение электронных карт полей в динамике, построение 3D-изображений земли; определение оползней, лавин, лесных пожаров, оценка степени ущерба, поиск проблемных областей, топографических изменений, вариации текстурных классов;

- оценка химического состава и плодородия почв, поверхностной влажности почвы, содержания органического вещества (цвет почвы), особенностей поверхности, определение эрозии почвы с целью предотвращения потери питательных веществ, термическая съемка почв; определение солености и токсичности почвы при помощи датчиков pH почвы, содержания Al и Mn; применения гипсовых гранул для опьянения почв, страдающих низким показателем pH (< 5.5).

В животноводстве [1]:

- контроль и осуществление свободного выпаса в любое время суток при помощи тепловизора и видеокамеры для снижения уровня стресса животного с целью увеличения количества и качества продукции, производимой животным;

- поиск потерянных животных и направление их обратно в ранчо, мониторинг состояния животных, пастбищ и кормовой растительности;

- защита животных при помощи шума беспилотника от хищников и агрессивных собак, кабанов, кроликов, свиней, оленей, птиц и так далее; применение острых дротиков с лекарством или картриджей электрошокера, закрепленных на БПЛА с целью нейтрализации подобных вредителей.

### Методы исследования

В результате анализа областей применения можно сделать вывод, что использование БПЛА в сельском хозяйстве требует комплексного подхода и универсальности в конструкции.

В научных публикациях представлено большое количество различных конструкций БПЛА [4–8]. Универсальные конструкции БПЛА, основанные на поворотных винтах, распространены меньше, и их потенциал сегодня полностью не раскрыт. Из всех видов универсальных БПЛА можно выделить четыре конструкции. Тип № 1 – один из лучших представителей беспилотников с поворотными винтами Boeing's Phantom Swift X-Plane (рис. 1 а), способен передвигаться со скоростью 120 км/ч, обладает взлетной массой 40 кг и временем полета 2 часа. Он оснащен четырьмя электромоторами. Второй тип – конструкция трикоптера (рис. 1 б), предложенная в [8]. Третий тип – авторская конструкция [9], где предлагается использовать другую конструкцию, состоящую

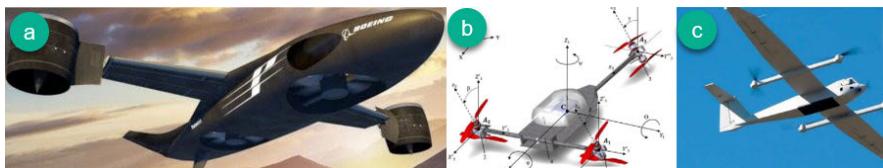


Рис. 1. Модель БПЛА предлагаемой конструкции из 6 моторов



не из 4 моторов, как у Boeing's Phantom Swift X-Plane, а из 6. Четвертый тип – один из самых простых вариантов конвертоплана (рис. 1 с) с избыточным количеством моторов, которые задействуются попеременно для обеспечения тяги вверх или вперед.

Для решения широкого спектра задач сельского хозяйства универсальной конструкции БПЛА необходимо обладать максимальной стабильностью в полете (табл. 1). Это достигается при помощи симметричной конструкции корпуса, размещения моторов на одинаковом расстоянии от центра масс. Сменные модули приборов прикрепляются в центре масс. Отсутствие крыльев повышает стабильность полета. Такая конструкция позволит противостоять сильному ветру и порывам ветра. Конструкции необходимо иметь возможность в процессе по-

лета по всем направлениям в любых комбинациях быть всегда параллельной земле для обеспечения максимальной стабильности работы приборов, повышена их разрешающей способности и точности.

Предлагается к исследованию 3-й тип БПЛА с изменяющейся геометрией универсальной конструкции [9–11]. В результате расчетов определены формулы, которые дают математическое описание работы предлагаемой конструкции. Создана кроссплатформенная программа математического моделирования процесса полета БПЛА универсальной конструкции с алгоритмами стабилизации и управления (рис. 2) в среде OpenGL на языке Qt/C++ [12].

Предложенная математическая модель процесса полета БПЛА универсальной конструкции позволяет в режиме реального времени

Таблица 1 – Сравнение аналогичных универсальных конструкций

Критерий сравнения	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Параллельность платформы БПЛА к земле в процессе полета по всем направлениям в любых комбинациях	+	–	+	+
Отсутствие крыльев и закрылков	–	+	+	–
Расположение центра масс в месте крепления приборов	+	+	+	+
Симметричное расположение моторов на одинаковом удалении от центра масс	–	–	+	–
Наличие соосных винтов для стабильности поворотов	–	+	+	–

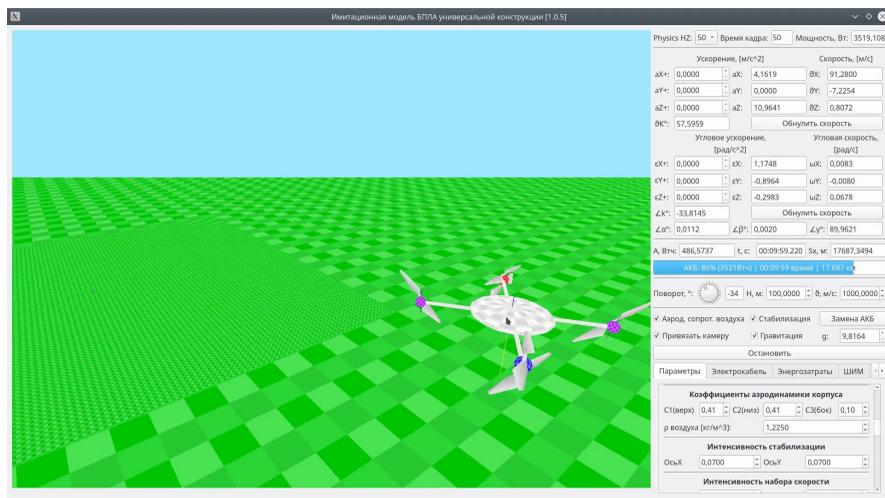


Рис. 2. Модель БПЛА предлагаемой конструкции из 6 моторов

прогнозировать характер движения БПЛА и на основании этого определять оптимальные параметры и режимы работы алгоритмов стабилизации и управления в зависимости от условий эксплуатации, выполняемых функций и задач сельского хозяйства. При помощи программы можно сконфигурировать или определить следующее: устойчивость конструкции к воздействию ветра; массу и инертность БПЛА; необходимую скорость передвижения; аэродинамическое сопротивление конструкции; грузоподъемность; крутящий момент; приемистость мотора с винтом; приемистость поворотных механизмов; критичный угол для максимальной стабилизации; коэффициенты нарастания скорости стабилизации; регулировку распределения диапазонов ШИМ между стабилизацией двух осей БПЛА и управлением движением вперед, подъемом, вращением; мощность, потребляемую БПЛА, его суммарное энергопотребление и отдельно по каждому мотору; определить продолжительность полета БПЛА в зависимости от характеристики и массы аккумуляторной батареи (АКБ), подобрать необходимый по характеристикам АКБ; подобрать необходимые параметры длины, массы, точек подвеса для электрического кабеля при осуществлении им питания БПЛА и др.

### Результаты исследований

Передвигаться БПЛА может по трем осям. Каждой оси БПЛА соответствует ускорение поступательного движения  $a_x, a_y, a_z$ . Но в создаваемой модели БПЛА управление движением по оси  $y$  БПЛА осуществляться не будет, поэтому рассчитывать изменение  $a_y$  от моторов нет необходимости.

При расположении двух пар соосных винтов на одной оси БПЛА их общая тяга опреде-

лена как  $F_{TC1} + F_{TC2}$  для одной пары и  $F_{TC21} + F_{TC22}$  для второй и  $(F_{TC11} + F_{TC12}) + (F_{TC21} + F_{TC22})$  для двух пар соосных винтов. Располагая на другой оси БПЛА два вращающихся мотора, получили общую их тягу  $(F_{TK1} \cos \alpha + F_{TK2} \cos \alpha)$ . В итоге с учетом углов получили формулы зависимости поступательного движения БПЛА от силы тяги по оси  $z$  (1) и оси  $x$  (2).

$$a_z = \frac{1}{m} \left( (F_{TC1} + F_{TC2}) + (F_{TC21} + F_{TC22}) + (F_{TK1} \sin \alpha + F_{TK2} \sin \alpha) \right); \quad (1)$$

$$a_x = \frac{1}{m} (F_{TK1} \cos \alpha + F_{TK2} \cos \alpha). \quad (2)$$

В формулах (1) и (2)  $m$  – масса БПЛА. Для того чтобы учесть крутящий момент от моторов БПЛА, необходимо рассчитать ускорение  $\epsilon_{pk}$  для винтов. Основные действующие силы при расчете  $\epsilon_{pk}$  отражены на рисунке 3.

Учитывая, что закручивающая сила мотора винта  $F_b$  равна силе реакции опоры корпуса  $F_{pk}$  в точке крепления данного мотора, получим зависимость для  $\epsilon_{pk}$  (3).

$$\epsilon_{pk} = \frac{r_c}{d_b I_k} M_b, \quad (3)$$

где  $M_b$  – крутящий момент мотора с винтом;  
 $r_c$  – расстояние от центра масс до мотора (одинаковое для всех моторов);  
 $d_b$  – диаметр вала мотора;  
 $I_k$  – момент инерции корпуса БПЛА.

На корпус БПЛА действует крутящий момент, зависящий от тяги винтов. Поэтому угло-

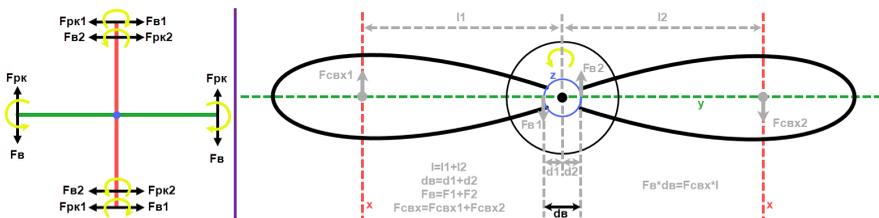


Рис. 3. Силы, действующие на винты БПЛА



вые ускорения  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_y$ ,  $\varepsilon_z$  относительно осей для корпуса БПЛА будут вычисляться по формулам (4), (5), (6) соответственно.

$$\varepsilon_x = \frac{r_c}{I_x} \left[ (F_{TK1} \sin \alpha - F_{TK2} \sin \alpha) + \frac{1}{d_b} (M_{BK1} \cos \alpha - M_{BK2} \cos \alpha) \right]; \quad (4)$$

$$\varepsilon_y = \frac{r_c}{I_y} \left[ (F_{TC11} + F_{TC12}) - (F_{TC21} + F_{TC22}) \right]; \quad (5)$$

$$\varepsilon_z = \frac{r_c}{I_z} \left[ (F_{TK1} \cos \alpha - F_{TK2} \cos \alpha) + \frac{1}{d_b} \left\{ (M_{BC11} - M_{BC12}) - (M_{BC21} - M_{BC22}) + (M_{BK1} \sin \alpha - M_{BK2} \sin \alpha) \right\} \right]; \quad (6)$$

### Выводы

Дополнительные характеристики математической модели, которые необходимы для моделирования кинематики БПЛА (представлены характеристики винтомоторной пары с мотором T-Motor MN7005-KV230-24V), это длина винта  $r_b = 0,6024$  м, вес винта  $m_b = 0,036$  кг, вес контроллера мотора 0,073 кг, вес мотора 0,188 кг, диаметр вала мотора  $d_b = 0,015$  м. Приемистость (throttle response speed) контроллера ESC 50 мс, частота обновления 500 Гц, диапазон ШИМ (throttle pos. range) 1100–1940 мкс.

Учитывая частоту обновления ESC 500 Гц или 2000 мкс, получаем минимальную и максимальную скважность ШИМ сигнала, при-

нимаемого данным ESC. Скважность будет находиться в диапазоне от  $1100/2000 = 0,55$  до  $1940/2000 = 0,97$ . Учитывая, что стандартный шаг дискретизации импульса ШИМ на микросхемах 20 мкс (например, Intel Galileo, Arduino, BeagleBone Black), то количество возможных шагов изменения оборотов будет равно  $(1940 - 1100)/20 = 840/20 = 42$ , поэтому  $(0,97 - 0,55)/42 = 0,01$  – стандартный минимальный шаг скважности ШИМ изменения оборотов. Приемистость для контроллера ESC говорит о том, что за 50 мс произойдет разгон винта от минимальных оборотов 0,55 до максимальных 0,97. Приемистость важно учесть в модели БПЛА, так как процесс движения БПЛА регулируется при помощи изменения частоты вращения винтов и высокая приемистость может серьезно отразиться на стабильности полета БПЛА.

Для расчета модели БПЛА использованы цифровые бесколлекторные сервоприводы FeeTech FT517BL массой 0,060 кг каждый. Время поворота на 90 градусов – 165 мс. В будущем планируется использовать шаговые двигатели вместо них.

В таблице 2 представлены характеристики мотора с официального сайта производителя T-Motor. Данные таблицы показывают: величину ШИМ сигнала, крутящий момент  $M$ , грузоподъемность Trust и потребляемую мощность  $W$ . Информация по грузоподъемности рассчитывается сила тяги. Крутящий момент мотора с винтом необходим для расчета угловых ускорений БПЛА. Потребляемая мощность необходима для расчета электропотребления БПЛА.

Таблица 2 – Характеристики по мотору MN7005-KV230-24V

ШИМ	$M$ , Н·м	Trust, кг	$W$ , Вт	ШИМ	$M$ , Н·м	Trust, кг	$W$ , Вт
0,40	0,39	1,407	104,60	0,60	0,65	2,491	241,40
0,42	0,42	1,501	113,88	0,62	0,69	2,605	258,50
0,44	0,43	1,592	123,19	0,64	0,72	2,708	273,39
0,46	0,46	1,698	135,63	0,66	0,75	2,841	297,29
0,48	0,49	1,837	152,48	0,68	0,78	2,948	317,15
0,50	0,52	1,951	167,01	0,70	0,81	3,060	335,87
0,52	0,54	2,063	181,11	0,75	0,89	3,344	386,77
0,54	0,57	2,153	193,69	0,80	0,96	3,632	438,46
0,56	0,60	2,261	208,71	0,90	1,12	4,184	550,60
0,58	0,63	2,378	225,12	1,00	1,28	4,691	670,20

Для осуществления преобразования ШИМ сигнала управления мотором от микрокомпьютера (например, BeagleBone Black или Pocket) отдельно в грузоподъемность в кг, отдельно в крутящий момент в Н·м, отдельно в мощность в Вт, необходимо получить недостающие в таблице 2 промежуточные значения по ШИМ. Для этого при помощи аппроксимации на основе таблицы 2 строятся функции зависимости ШИМ от грузоподъемности, ШИМ от крутящего момента, ШИМ от потребляемой мощности.

Таким образом, в ходе работы установлены сферы применения БПЛА в сельском хозяйстве. Проведено сравнение альтернативных универсальных конструкций. Определены базовые уравнения (1), (2), (4), (5), (6) для кинематики БПЛА универсальной конструкции с 6 моторами. Разработана математическая модель данного БПЛА (рис. 1) в среде OpenGL на языке Qt/C++. Показаны дополнительные параметры (крутящий момент, вес, диаметр вала мотора, приемистость и др.) моторов, сервоприводов и элементов конструкции, используемых при расчете математической модели БПЛА.

#### Список литературы

1. Krishna K. R. *Agricultural Drones* // Waretown. NJ: Apple Academic Press, 2017. 413 с.
2. Мельникова Ю. В., Ткачев С. И. Экономические предпосылки использования беспилотных летательных аппаратов в агропромышленном комплексе // *Экономико-математические методы анализа деятельности предприятия АПК*. 2018. С. 287–291.
3. Иванов С. А., Майдаников Н. А., Бондарева Ю. А. Анализ применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2016. С. 210–214.
4. Hayward K. *Unmanned aerial vehicles: a new industrial system?* London : Royal aeronautical society, 2013. 18 с.
5. Austin R. *Unmanned aircraft systems. UAVS design, development and deployment* // UK: John Wiley & Sons Ltd, 2010. 332 с.
6. Егорова П. С., Павлов А. М., Фетисова Н. А. Обзор самолетов, оснащенных электрическими силовыми установками // *Научная сессия ГУАП*. 2017. С. 84–90.
7. Коротеев А. Ю., Ялпаев А. А., Фимушин Е. С. Конструкция винтокрылого высокоманевренного летательного аппарата // *Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли*. 2016. С. 80–85.
8. Синтез параметров электроприводов БПЛА типа «Конвертоплан-трикоптер» / О. В. Емельянова [и др.] // *Нелинейная динамика машин – School-NDM*. 2017. 2017. С. 239–249.
9. Митрашук В. В. Разработка беспилотного летательного аппарата по типу квадрокоптера с обеспечением передвижения параллельно земле платформы со сменными модулями приборов // *Актуальные проблемы авиации и космонавтики* : в 2 т. Красноярск : СибГАУ, 2016. Т. 1. С. 299–301.
10. Митрашук В. В., Баранова М. П. Возможность использования малых электрических беспилотников в агропромышленном и лесном комплексе Сибири // *Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий*. Новосибирск : НГАУ, 2018. С. 625–628.
11. Митрашук В. В., Баранова М. П. Анализ технических возможностей сельскохозяйственного БПЛА для повышения качества процесса выращивания растений // *Инновационные тенденции развития российской науки*. Красноярск : КГАУ, 2019. С. 171–173.
12. Рэндал У., Биард У., МакЛэйн У. *Тимоти Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика*. М. : ТЕХНОСФЕРА, 2015. 312 с.

**Митрашук Владимир Владимирович**, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет».

E-mail: rtimidalv@gmail.com.

**Баранова Марина Петровна**, д-р техн. наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет».

E-mail: marina60@mail.ru.

\* \* \*

---

Вниманию читателей!  
Подписку на журнал можно оформить  
в почтовых отделениях ФГУП «Почта России».  
Издание включено в объединенный  
и электронный каталог «Пресса России».

Требования к статьям, представляемым  
к публикации, размещены на сайтах журнала:  
<http://www.rusapk.ru>, <http://rusapk.sursau.ru>

Полнотекстовая версия журнала «АПК России»  
размещена на сайте электронной научной  
библиотеки: <http://www.elibrary.ru>,  
сайте журнала: <http://www.rusapk.ru>,  
сайте Университетской библиотеки онлайн:  
[www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru).

Dear Readers, attention, please!  
Subscription to the journal can be obtained at post  
offices «Russian Post».

The journal is included in the combined  
and the electronic catalog «Press of Russia.»

Requirements for articles submitted for publication,  
available on the websites:  
<http://www.rusapk.ru>, <http://rusapk.sursau.ru>

The full-text version of the journal  
«Agro-Industrial Complex of Russia» is available  
online on the e-Science Library website:  
<http://www.elibrary.ru>,  
on the journal website: <http://www.rusapk.ru>,  
on the University Library website: [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru).

---

ISSN 2587-8824



27002



9 1772587 4882003

Верстка  
*М. В. Шингареева*

Корректор  
*М. В. Вербина*

Design  
*M. V. Shingareeva*

Proof reader  
*M. V. Verбина*

Перевод на англ. язык – *И. Ю. Новикова*

English rendering – *I. Y. Novikova*

Подписано в печать: 15.06.2020  
Дата выхода в свет: 29.06.2020  
Формат 60×84/8. Гарнитура Times  
Усл. печ. л. 21,2. Тираж 300 экз.  
Заказ № 46

Signed to print: 15.06.2020  
Release date: 29.06.2020  
Format 60×84/8. Times script  
Conventional printed sheet 21,2  
Circulation 300 copies  
Order № 46

Адрес редакции: 454080, г. Челябинск,  
пр. им. В. И. Ленина, 75. Тел.: 8(351) 266-65-20

Editors office: 454080, Chelyabinsk,  
Lenin Avenue, 75. Phone: 8(351) 266-65-20

Адрес издателя: Южно-Уральский  
государственный аграрный университет  
457100, г. Троицк, ул. Гагарина, 13  
Тел.: 8(35163) 2-00-10, факс: 8(35163) 2-04-72  
E-mail: [tvi\\_t@mail.ru](mailto:tvi_t@mail.ru)

Publishers address: South-Ural State  
Agrarian University  
457100, Troitsk, Gagarin Str, 13  
Phone: 8(35163) 2-00-10, Faxe: 8(35163) 2-04-72  
E-mail: [tvi\\_t@mail.ru](mailto:tvi_t@mail.ru)

Отпечатано: Южно-Уральского ГАУ,  
Адрес: 454080, г. Челябинск, ул. Энгельса, 83

Printed in South-Ural State Agrarian University  
Publishing House: 454080, Chelyabinsk,  
Engels Str., 83

Свободная цена

Free-market price