

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

360°

Июль'23





4 стр. Современные мировые достижения в области разработки и применения электрических машин.

12 стр. Обзор достижений и направлений развития силовой электроники и систем управления, а также областей применения электронных устройств

28 стр. Обзор текущего состояния исследований и разработок авиационных силовых установок в Европейском Союзе и США за июль 2023 г.

37 стр. Современные отечественные и мировые достижения в области разработки и применения беспилотных летательных аппаратов



1ЯТГИНЕРДС

ЭТК Линейка малоразмерных электродвигателей

По всем вопросам:
firmam@ust.ru

Электродвигатель МБ-3013

Номинальное напряжение	27В	Пусковой момент при минимальном/максимальном нагреве постоянных магнитов (ограничивается инвертором)	213/ 197 мНм
Частота холостого хода (ограничивается инвертором)	6550 об/мин	Пиковый пусковой ток (ограничивается инвертором)	7,4А
Номинальная частота вращения (ограничивается инвертором)	6500 об/мин	Линейная индуктивность	0,56 мГн
Номинальный момент	70 мНм	Линейное сопротивление	1,13 Ом
Фазный ток при номинальном моменте	1,93А	Момент инерции	1,3·10 ⁻⁶ кг·м ²

Электродвигатель ЭА-504

Номинальное напряжение	27В	Пусковой момент при минимальном/максимальном нагреве постоянных магнитов (ограничивается инвертором)	1550/ 1440 мНм
Частота холостого хода (ограничивается инвертором)	27000 об/мин	Пиковый пусковой ток (ограничивается инвертором)	120А
Номинальная частота вращения (ограничивается инвертором)	10000 об/мин	Линейная индуктивность	13,8 мГн
Номинальный момент	1440 мНм	Линейное сопротивление	5 МОм
Фазный ток при номинальном моменте	120А	Момент инерции	30·10 ⁻⁶ кг·м ²

Электродвигатель МБ-4010

Номинальное напряжение	27В	Пусковой момент при минимальном/максимальном нагреве постоянных магнитов (ограничивается инвертором)	716/ 598 мНм
Частота холостого хода (ограничивается инвертором)	2156 об/мин	Пиковый пусковой ток (ограничивается инвертором)	8,4А
Номинальная частота вращения (ограничивается инвертором)	2150 об/мин	Линейная индуктивность	2,6 мГн
Номинальный момент	195 мНм	Линейное сопротивление	1,84 Ом
Фазный ток при номинальном моменте	2,1А	Момент инерции	3,1·10 ⁻⁶ кг·м ²

Электродвигатель ЭД-БАС-4950/400

Номинальное напряжение	37В	Пусковой момент при минимальном/максимальном нагреве постоянных магнитов до 80 °С	1029 мНм
Частота холостого хода	9250 об/мин	Напряжение в режиме взлёта	40В
Номинальная частота вращения	4920 об/мин	Линейная индуктивность	650 мГн
Номинальный момент	0,5 Нм	Линейное сопротивление	0,93 Ом
Фазный ток при номинальном моменте	11,93А	Момент инерции	57,6·10 ⁻⁶ кг·м ²

Современные мировые достижения в области разработки и применения электрических машин

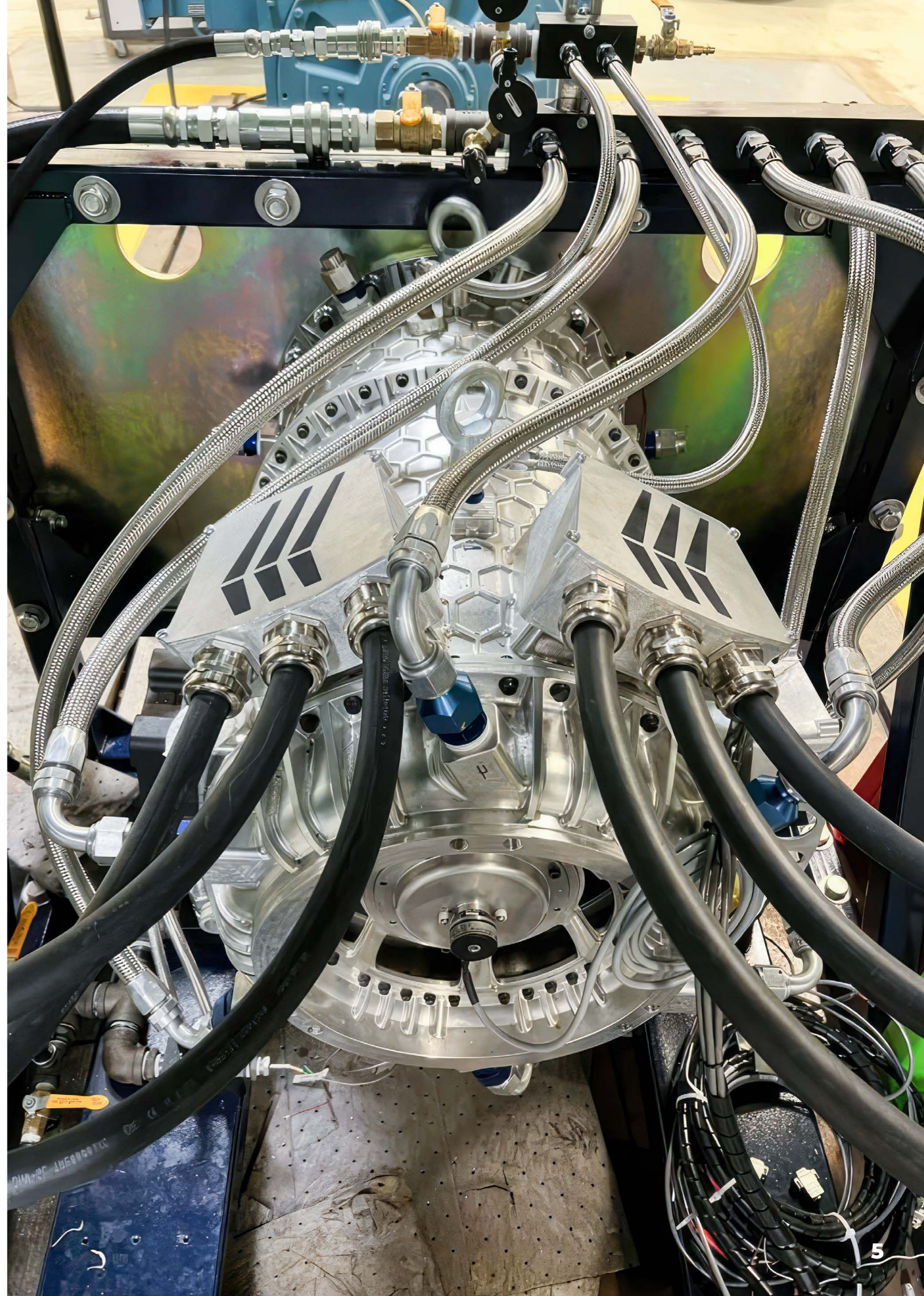
Жеребцов Алексей Анатольевич

Научный руководитель фронтальной НИР «Разработка, исследования и внедрение электрических машин со сверхвысокими удельными характеристиками (в том числе криогенных электрических машин)»

1. Испытания авиационного ЭД мощностью 1 МВт

Американская компания Wright Electric во время испытаний своего электрического мотора-генератора с постоянными магнитами получила пиковую мощность на валу 1 МВт на динамометрическом стенде. Для увеличения мощности и снижения веса применяются высокочастотные инверторы из карбида кремния и внутривязное масляное охлаждение обмотки статора. По словам генерального директора компании, удельная мощность составляет 12 кВт/кг.

Источник: aviationweek.com/aerospace/advanced-air-mobility/wright-achieves-1-megawatt-aircraft-electric-motor-tests



2. 1 МВт на испытаниях Collins Aerospace

Компания Collins Aerospace (США) завершила испытание на полную мощность своего электродвигателя мощностью 1 МВт. Двигатель и контроллер к нему были разработаны и изготовлены британской компанией Collins, которая завершает совместные испытания двигателя и привода в Институте аэрокосмических технологий Ноттингемского университета.



Электродвигатель Collins

Разработка проводится в рамках программы создания летного демонстратора с гибридно-электрической системой - модифицированного регионального турбовинтового самолета De Havilland Canada Dash 8-100.

Гибридная силовая установка для Dash 8, которая будет модифицирована De Havilland Canada, предназначена для демонстрации параллельной гибридной системы, рассчитанной для использования в текущих и будущих региональных самолетах, а также для проверки технологических элементов для потенциальных параллельных и последовательных гибридных систем как для больших, так и для меньших самолетов. Проект гибридной силовой установки, который был запущен в июле 2021 года при финансовой поддержке федерального правительства Канады и правительства провинции Квебек в размере 163 млн канадских долларов (125 млн долларов США), нацелен на сокращение расхода топлива и выбросов на 30% при полете на расстояние 250 морских миль (463 км).

Ожидается, что повышение эффективности будет достигнуто за счет уменьшения размера газотурбинного двигателя, использования электродвигателя для увеличения мощности во время взлета и набора высоты, а также оптимизации турбины для работы в режиме постоянной полной мощности на протяжении всего крейсерского полета. Один из двух турбовинтовых двигателей Pratt & Whitney Canada (P&WC) класса PW120 демонстратора будет заменен параллельной гибридно-электрической трансмиссией мощностью 2 МВт. Он включает в себя тепловой двигатель мощностью 1 мегаватт, разработанный P&WC, электропривод Collins мощностью 1 МВт и напряжением 1 кВ, а также аккумуляторную систему, поставляемую швейцарским стартапом H55.

В декабре прошлого года на заводе P&WC в Лонгёйе (Канада) были проведены первые испытания теплового двигателя на малых скоростях, а испытания комбинированной гибридно-электрической двигательной установки, включающей как тепловой двигатель, так и двигатель мощностью 1 МВт, должны продолжаться до 2023 года. Ожидается, что после интеграции силовой установки и аккумуляторов в Dash 8-100 летные испытания начнутся в 2024 году.

Источник: aviationweek.com/shownews/paris-air-show/collins-clocks-megawatt-milestone-electric-motor-tests

3. Новый электродвигатель Helix

Компанией Helix X-Division (Великобритания) был разработан электродвигатель SPX177, который весит всего 61,7 фунта (28 кг) и способен развивать мощность 650 кВт (872 л.с.). Helix не раскрывает подробностей об автомобиле, на котором он будет установлен, но говорит, что он был разработан для «неназванного производителя гиперкаров».



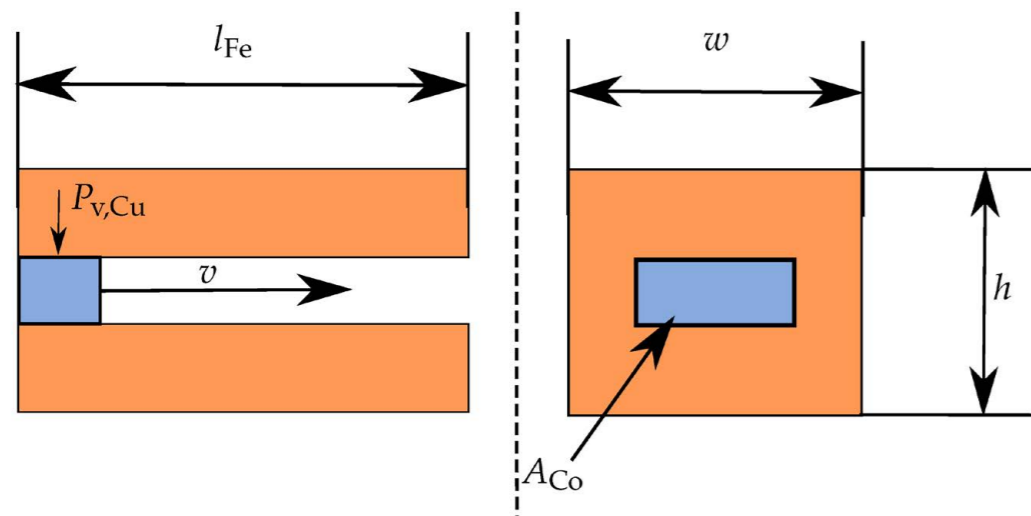
Система (электродвигатель и инвертор) Helix

По словам Дерека Джордана-Бейли, руководителя разработки «Она (система) небольшая и весит всего 41 кг (90 фунтов), включая инвертор весом 13 кг (28,6 фунтов)». Также он упомянул, что «Это сдвоенный трехфазный двигатель, поэтому его ток распределяется между двумя инверторами, что является необходимым условием для удовлетворительных значений фазного тока при «нормальном» напряжении постоянного тока и таком значительном уровне мощности. И двигатель, и инвертор имеют значительную удельную мощность. Шесть высоковольтных кабелей соединяют инвертор с двигателем, а низковольтный разъем передает различные управляющие сигналы».

Источник: carscoops.com/2023/07/helixs-new-electric-motor-for-upcoming-hypercar-has-872-hp-and-weighs-just-62-lbs

4. Совместное проектирование электродвигателя и теплообменника

Коллектив ученых из Технического университета Брауншвейга и университета Лейбница представил работу, посвященную оптимизации системы электрической машины и теплообменника для минимизации общей массы. Используется жидкостная система охлаждения для обмоток статора. Каждый проводник имеет свой отдельный канал. Движение жидкости осуществляется насосом, утилизация тепла – воздушно-жидкостным теплообменником.



Эскиз проводника с охлаждающим каналом: слева — продольный разрез, справа — поперечное сечение.

Результаты из электромагнитного расчета:

Параметр	Величина
Наружный диаметр	580 мм
Внутренний диаметр	530 мм
Количество пар полюсов	35
Воздушный зазор	1,5 мм
Длина сердечника	220 мм
Максимальная частота	816,6 Гц
$\cos(\varphi)$	0,81
Удельная мощность	11,91 кВт/кг
масса	147,80 кг
Номинальное напряжение	1275 В
Номинальный ток	1025 А
Количество витков на катушку	8

Суммарная масса рассматриваемых систем для полностью электрического самолета:

Компонент	Масса в кг
Мотор	2 × 147,80
Теплообменник	2 × 8,95
Насос	2 × 0,30
Накопитель энергии	7028
Σ	7342

Кроме того, продемонстрировано влияние управления системой охлаждения во время полетного задания и количественно оценен ее потенциал в снижении массы.

Источник: mdpi.com/1996-1073/16/14/5319

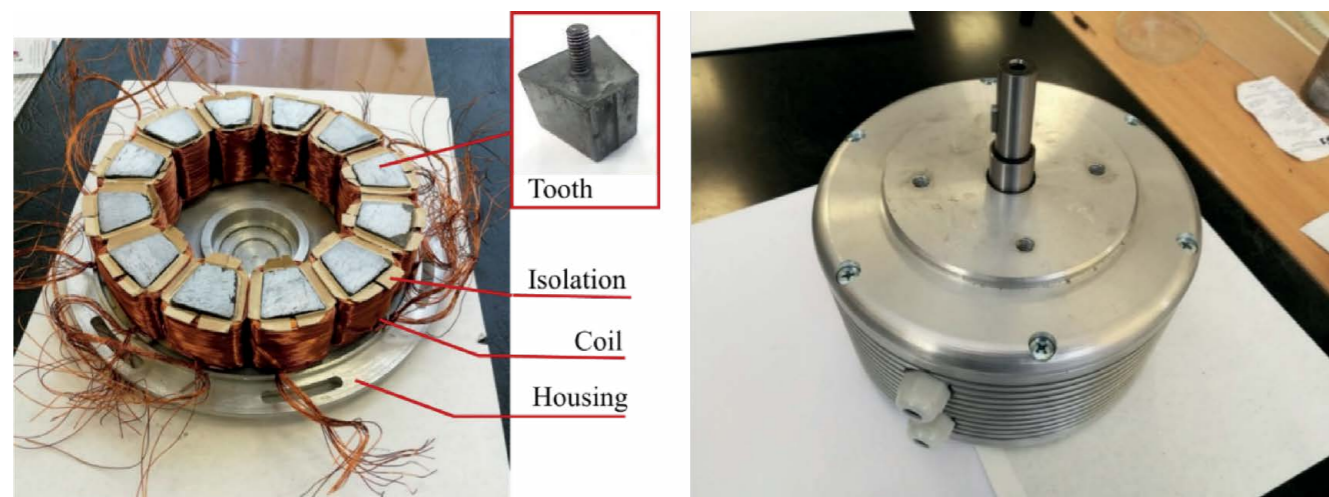
5. Сверхвысокоскоростные двигатели с постоянными магнитами

Коллектив авторов из Хэбэйского технологического университета и Университета Цинхуа (Китай) и Сиднейского университета (Австралия) провели исследования сверхвысокоскоростных двигателей с постоянными магнитами мощностью 25 кВт, 100 000 об/мин. В статье рассматриваются две различные топологии – 6 пазов статора и 2 полюса ротора (6S2P) и 12 пазами статора и 4 полюсами ротора (12S4P) с двумя различными материалами магнитопровода статора: высококремнистая сталь 10JNEX900 и аморфный сплав ZOM-6. Комплексное сравнительное исследование показало, что двигатель 12S4P с сердечником статора из аморфного сплава имеет самый высокий КПД. Пульсации момента двигателя 12S4P значительно ниже, чем у двигателя 6S2P. Анализы радиальной электромагнитной силы, вибрации и шума показывают, что двигатели с сердечниками статора из аморфного магнитного сплава создают меньший шум, чем двигатели из листовой стали с высоким содержанием кремния.

Источник: ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10177806

6. Магнитомягкие композиты на основе порошков железа

Коллективом ученых из Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по материаловедению, Ташкентского государственного транспортного университета (Республика Узбекистан) и Школы материаловедения и водородной энергетики Фошаньского университета (Китай) опубликована работа, посвященная магнитомягким композитам на основе порошков железа для создания компонентов двухстаторного комбинированного электродвигателя. Разработан экспериментальный образец электродвигателя с переключаемым магнитным потоком с двумя секционированными статорами и ротором на постоянных (NdFeB) магнитах с применением магнитомягкого композиционного материала на основе капсулированных металлических порошков.



Обмотка статора двигателя и собранный электродвигатель

Создана методика изготовления магнитопроводов на основе магнитомягких капсулированных диоксидом титана композитов методом порошковой металлургии, включающая в себя компьютерное моделирование компонентов магнитопроводов, создание оснастки для их изготовления методом прессования и выбор технологических режимов прессования. Оснастка для компонентов статора методом прессования в виде пресс-формы изготовлена из закаленной стали 5ХНВ. С ее применением спрессованы магнитные компоненты для двухстаторного комбинированного электродвигателя. Основные электромагнитные характеристики компонентов измерены с помощью экспресс-магнетометра. Комплексные исследования показали, что магнитные компоненты обладают достаточной прочностью и необходимыми электромагнитными характеристиками для создания двухстаторного комбинированного электродвигателя данного типа. На основе изготовленных магнитных компонентов создан экспериментальный образец электродвигателя с максимальной расчетной мощностью 15 кВт. Преимущества композиционного материала перед электротехнической сталью и другими магнитомягкими сплавами позволяют обеспечить более широкое их применение в электрических машинах с целью повышения удельной мощности при высокой скорости вращения с меньшими потерями.

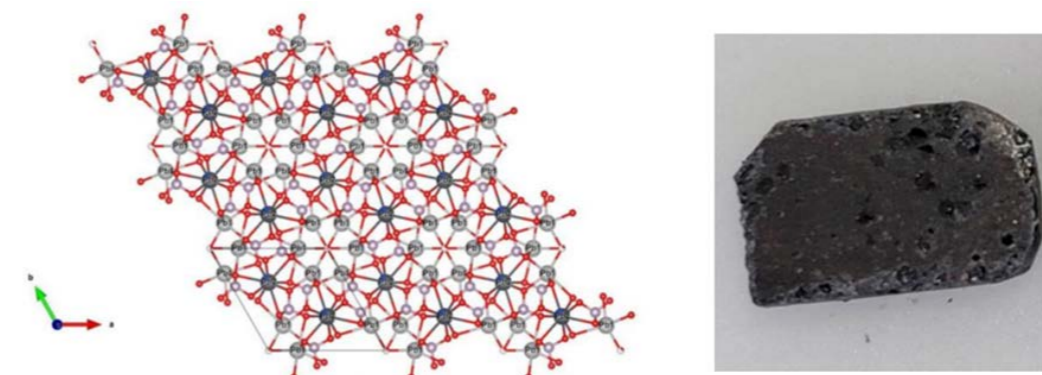
Источник: vestift.belnauka.by/jour/article/view/794/635

7. Сверхпроводимость при комнатной температуре и обычном давлении

На сайте arXiv обнаружилась статья, которая может стать предвестником нового мира. В ней южнокорейские учёные из Центра исследований квантовой энергии и Высшей школы конвергентной науки и технологий Корейского университета сообщают об открытии сверхпроводимости при комнатных температурах и обычном атмосферном давлении. Такое открытие трудно переоценить, тем более что для обнаруженной сверхпроводимости не нужны особые материалы и условия — всё происходит на коленке, в чём помогли разобраться многочисленные эксперименты и случайное открытие.

Интересно отметить, что в южнокорейской сети научных статей об открытии заявлено ещё 30 апреля и только публикация на arXiv стала тем камушком, который сегодня-завтра вызовет лавину новостей об открытии. Передача электричества без потерь, левитация, квантовые технологии без сверхохлаждения, термоядерные реакторы в каждый дом — это и многое другое даст сверхпроводимость при комнатной температуре и обычном давлении.

От сверхпроводимости так много ожиданий, что даже не верится в её открытие. Учёные идут в потёмках к ней более ста лет. Физика процесса до конца не ясна, и какие материалы нужны для неё — это тоже большой вопрос. Американские учёные два года назад заявляли о чём-то подобном, но были уличены в подлоге, и лишились своих публикаций в ведущих мировых научных изданиях. Открытие корейских учёных также будет подвергнуто анализу, о результатах которого мы скоро узнаем. В ходе многочисленных экспериментов в указанном направлении учёные разработали сверхпроводящий материал под названием LK-99, в открытии которого помогло случайное наблюдение.



Модель апатита свинца и LK-99 и синтезированный LK-99

«Впервые в мире удалось синтезировать комнатно-температурный сверхпроводник ($T_c \geq 400$ K, 127 °C), работающий при атмосферном давлении, с модифицированной структурой свинца-апатита (LK-99)», — сказано в преамбуле к научной статье. Учёные доказали сверхпроводящие свойства материала с помощью критической температуры (T_c), нулевого сопротивления, критического тока (I_c), критического магнитного поля (H_c) и эффекта Мейсснера (левитация в магнитном поле). Сверхпроводимость LK-99 обусловлена незначительными структурными искажениями, вызванными небольшой объёмной усадкой материала (0,48 %), а не внешними факторами, такими как температура и давление. Усадка кристаллической структуры, в свою очередь, вызывается замещением ионами Cu^{2+} ионов Pb^{2+} в изоляционной сети фосфата Pb. Уникальная структура LK-99, позволяющая сохранять мельчайшие искажения на уровне кристаллической структуры, является важнейшим фактором, обеспечивающим сохранение и проявление сверхпроводимости.

Источник: 3dnews.ru/1090565/yugnokoreyskie-uchyonie-otkrili-sverhprovodimost-pri-obichnih-usloviyah-v-etom-pomog-sluchay

Обзор достижений и направлений развития силовой электроники и систем управления, а также областей применения электронных устройств

Фаррахов Данис Рамилевич

кандидат технических наук, доцент кафедры электромеханики

Барабанов Кирилл Андреевич (инженер 1 категории)

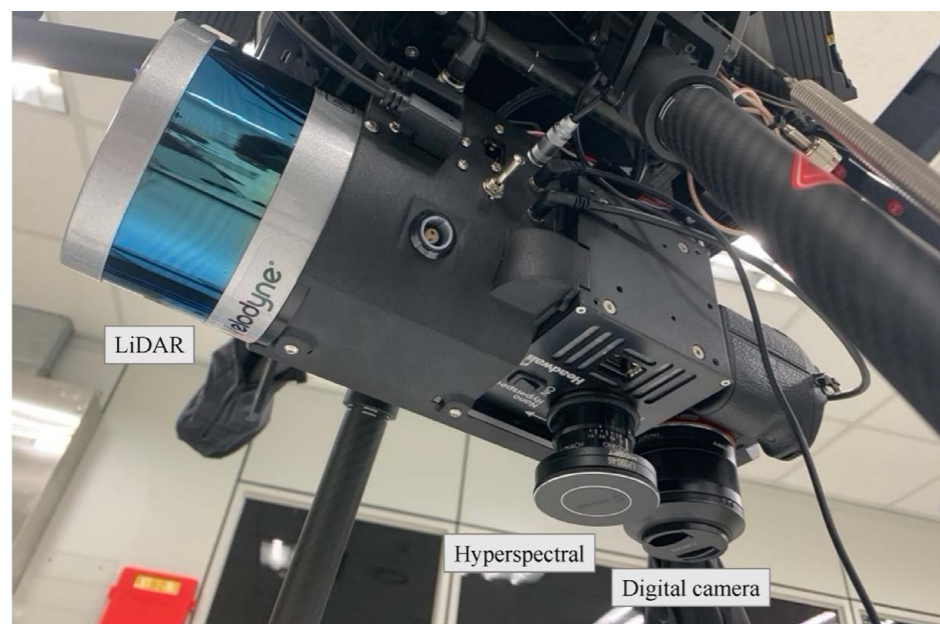
Фазлиахметов Денис Маратович (инженер 2 категории)

Рахман Мд. Нафиз (инженер 2 категории)

Обух Федор Андреевич (инженер 3 категории)

Мустафин Дамир Шамилович (оператор ЭВиВМ)

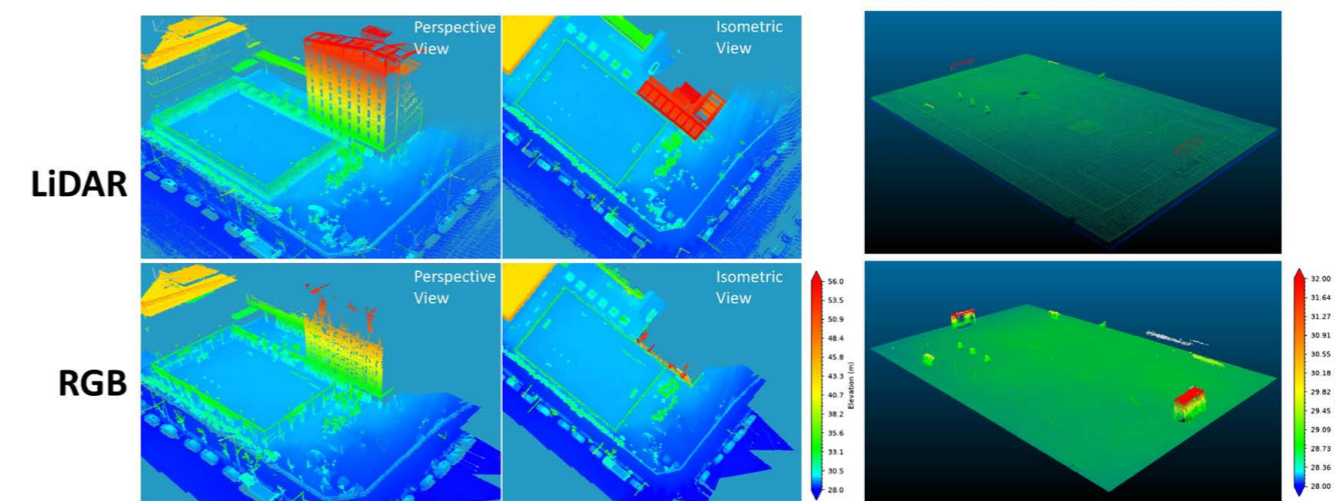
1. Геометрическая и радиометрическая оценка местности



Статья представляет новую систему опознавания и оценки местности на основе наложения изображений с лидара и гиперспектральной камеры (RGB облаков точек). Метод позволяет оценить ландшафт местности и определить размеры объектов с точностью до 5 см. Испытания системы были проведены на футбольном поле. Были выбраны координаты контрольных точек, на поле выложен брезент разного материала и цвета.

Благодаря коррекции координат методом кинематики в постобработке (PPK) и низкому уровню отклонений предложенный авторами способ показал преимущество перед другими системами. Использование двух систем анализа местности дало разные результаты и разные изображения исследуемого поля. Система с LiDAR показала широкий угол обзора, в видимую область попало не только футбольное поле, но и стоящие рядом жилые здания, но при этом детализация была слабой, из-за чего плохо выражены футбольные ворота.

Система гиперспектрального анализа показала узкий угол обзора, но высокий уровень детализации объектов. Потому наложение двух изображений друг на друга дает полную картину местности.



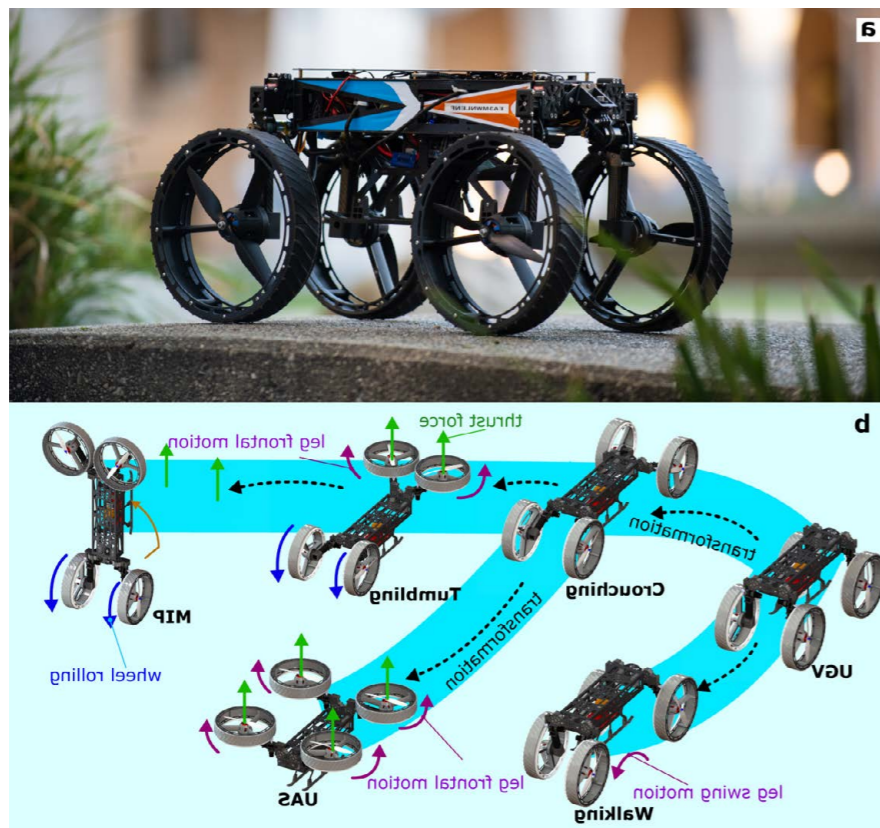
“ ”

Использование нескольких видов получения информации увеличивает точность и детализацию. Использование гиперспектральной камеры и лидара ускорят процесс изучения окружающего пространства. Это комбинирование позволяет перенести объекты реального мира в цифровой, что способствует ускоренному поиску и решению проблем в настоящем объекте.

Источник: mdpi.com/2504-446X/7/7/411

2. Мультимодальный мобильный робот M4

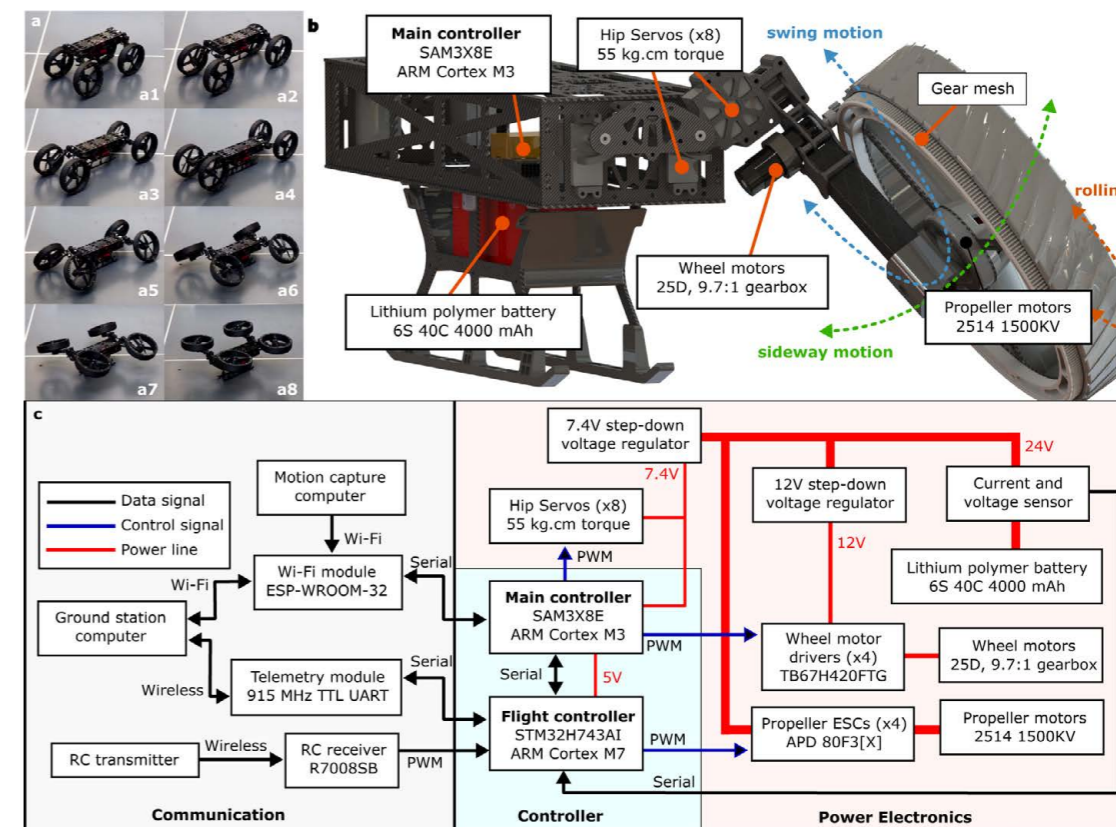
Исследователи из Калифорнийского технического института, Калифорнийской лаборатории реактивного движения и Северо-восточного университета разработали мобильного морфобота M4. M4 очень адаптивен и может совершать различные манипуляции, такие как полет, перекат, ползание, приседание, балансирование, кувырок и т.д. Он может преодолевать склоны ($<45^\circ$) и пересеченную местность.



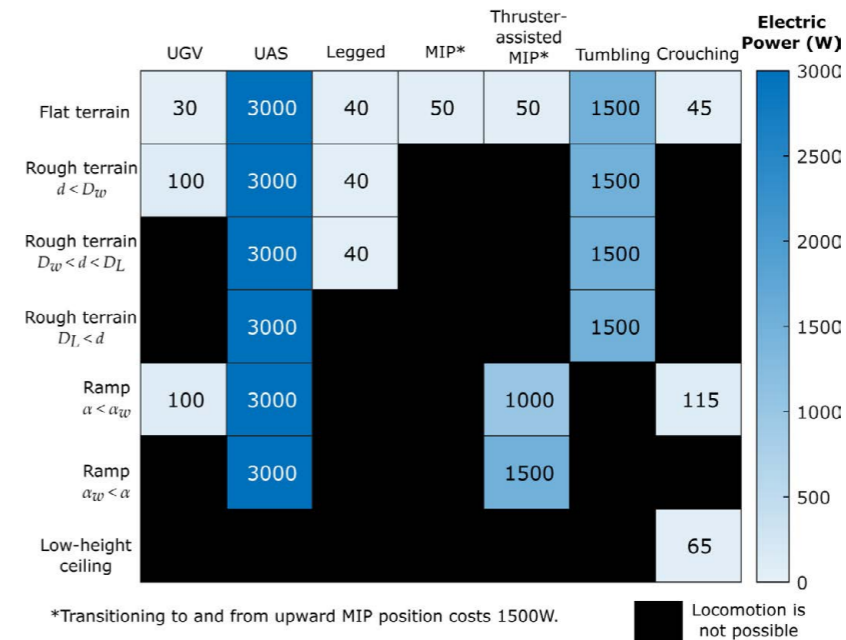
M4 обладает шарнирным корпусом с четырьмя ногами, где каждая нога имеет два приводимых в действие тазобедренных сустава для фронтальных и сагиттальных движений ног, и скрытым пропеллером, который действует одновременно как колесо и подруливающее устройство. Фронтальные суставы позволяют ногам двигаться в боковом направлении. С другой стороны, сагиттальные суставы обеспечивают качательные движения вперед и назад каждой ногой.

Имя	Вес	Имя	Вес
Аккумулятор (6S 4Ah)	590 г	Ножка в сборе (x4)	400 г
Шасси в сборе	940 г	Сервоприводы для бедер (x8)	560 г
Микроконтроллеры	115 г	Гребные двигатели (x4)	270 г
Информационные материалы	120 г	Колесные двигатели (x4)	380 г
Силовая электроника	80 г	Шина в сборе (x4)	1600 г
Кабели, крепежные элементы и т.д.	440 г	Водители двигателей (x4)	107 г

Робот обладает 16 приводами, массой 6 кг (включая бортовые компьютеры и датчики).



Каждая комбинация пропеллера и двигателя может генерировать максимальную силу тяги $\sim 2,2$ кг, следовательно, в сумме достигая примерно 9 кг. Режимы передвижения в зависимости от потребления электроэнергии представлены ниже.



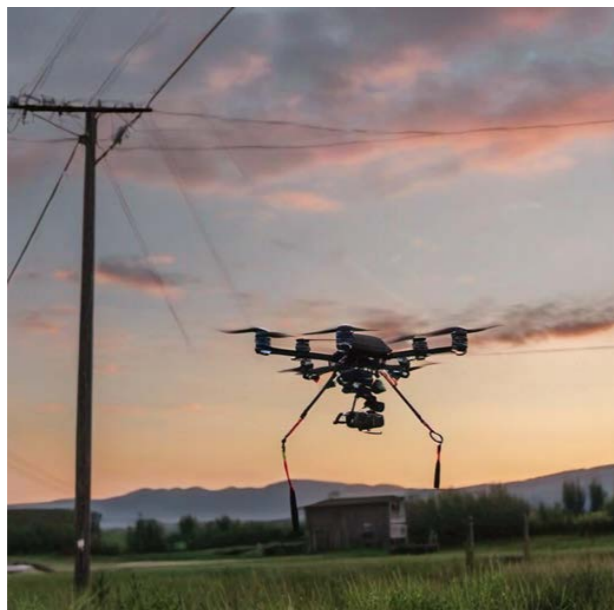
“”

Роботы становятся всё более универсальными и адаптивными. У такого робота возможно увеличение времени работы в следствие комбинирования режимов. Например, он может пригодиться в спасательных операциях для поиска людей под завалами, доставки к ним необходимых объектов.

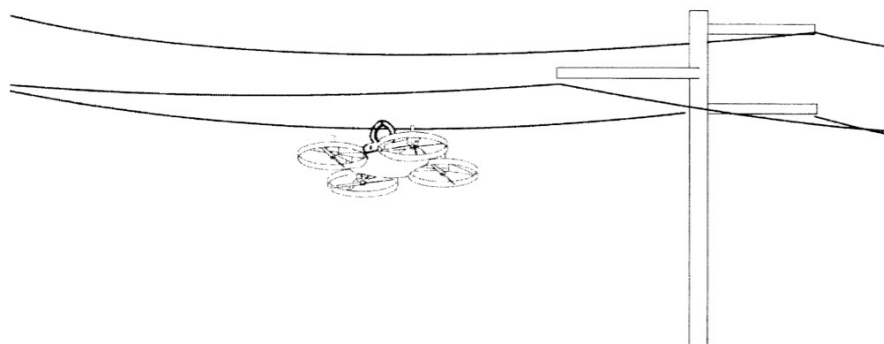
Источник: [nature.com/articles/s41467-023-39018-y#Fig5](https://www.nature.com/articles/s41467-023-39018-y#Fig5)

3. Мультимодальный мобильный робот М4

В Саратовском государственном техническом университете разработали технологию беспроводной зарядки беспилотников. В качестве передающей катушки использовать один из проводов высоковольтной ЛЭП, а воздушные беспилотники с принимающей катушкой могут заряжаться, не подключаясь к сети напрямую. Разработчики пишут, что если в качестве источника использовать магнитное поле высоковольтной линии, то расстояние передачи электроэнергии может составлять до 2 метров. На данный момент существует только теоретическое обоснование.



Также специалисты в Тюмени разработали проект дрона, который зацепляется магнитопроводом в виде токовых клещей за ЛЭП для зарядки. При этом, как пишут создатели коптер будет работать следующим образом: дистанционный оператор наводит токовые клещи на ЛЭП и дает команду на их замыкание, после этого дрон заряжается в перевернутом состоянии, но сохраняет возможность поворачивать камеру в нужную сторону.

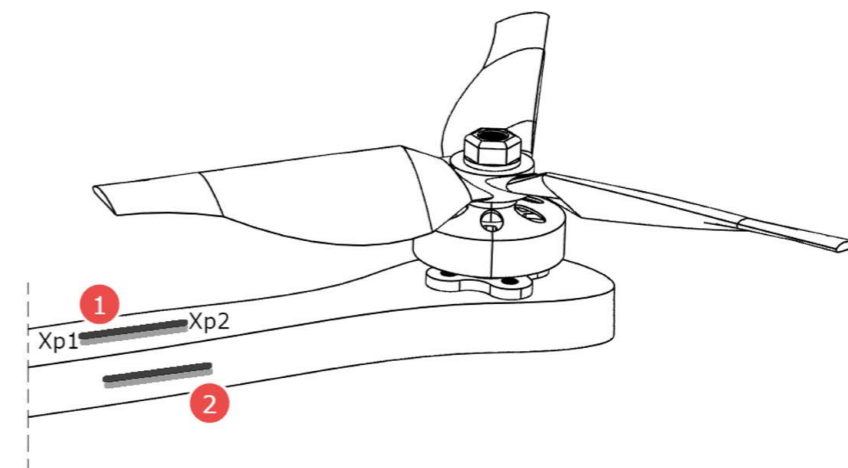


“““

Зарядка дронов от ЛЭП позволяет увеличить площадь использования БПЛА. В ближайшем будущем не придется подключать БПЛА к сети или искать специальную площадку для беспроводной зарядки.

Источник: news.sarbc.ru/main/2023/07/19/287904.html

4. Использование пьезодатчиков для определения неполадок в двигателях



Предложен новый способ определения неисправности BLDC мотора для беспилотного летательного аппарата вертикального взлета и посадки на основе вибраций. На плечо, идущее на двигатель, устанавливается два пьезодатчика, с помощью которых получают частоту колебаний. Напряжения с вывода датчика можно использовать как триггер для запуска алгоритма аварийной ситуации. Их возможно использовать не только для определения отказов, но и для мониторинга состояния двигателя.

Частота и амплитуда колебаний зависят от фазы полета, погодных условий, а также состояния привода и воздушного винта. Грязные или изношенные подшипники, дефекты винтов резко меняют вибрационные характеристики.

“““

Метод определения отказа и мониторинга состояния электродвигателя беспилотного летательного аппарата с использованием пьезодатчиков позволит сделать полеты более прогнозируемые, а также обеспечить своевременное обслуживание.

Источник: researchgate.net/publication/367199800_Multirotor_Motor_Failure_Detection_with_Piezo_Sensor

5. Низкая стоимость для модернизации БПЛА

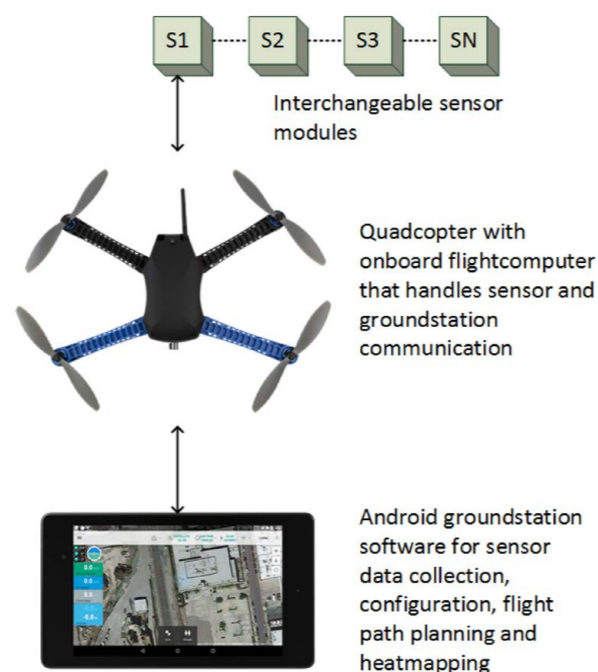
На данный момент существует множество доступных систем с открытым исходным кодом. Доступность и низкая стоимость модулей открывает дорогу для создания умного продукта для сбора данных.

БПЛА достаточно востребован в различных сферах от аэрофотосъемки до измерения температуры, поэтому появляются модульные коммерческие беспилотники. Так как сенсорная система имеет модульную структуру, их легко и быстро менять. Целями такого беспилотника является малозатратность, простота использования, модульность, предоставление данных в режиме реального времени.

Помимо исследований, любители, интересующиеся БПЛА, сформировали сообщества на таких сайтах, как diydrone.com, чтобы показать свои прототипы и обсудить дальнейшие разработки. Некоторые из дронов сделаны из деталей из магазинов электроники, в то время как другие построены с использованием частей Arduino с открытым исходным кодом.

Сенсорные модули крепятся к платформе квадрокоптера. Данные датчиков передаются через бортовой компьютер через беспроводную телеметрическую связь в приложение наземной станции Android. Программное обеспечение наземной станции хранит данные датчиков и обеспечивает интеллектуальное планирование траектории полета, тепловые карты и конфигурацию платформы.

Представленная в статье система предназначена для подключения произвольных недорогих датчиков к роботизированному транспортному средству с открытым исходным кодом.



“”

Изготовление БПЛА становится доступным не только для исследователей, но и для любителей и новичков. Исходный код, приложения, схемы и документации доступны в открытом доступе, а комплектующие стоят довольно дешево.

Источник: researchgate.net/publication/312476091_Low_Cost_and_Flexible_UAV_Deployment_of_Sensors

6. В России предлагают подключить дроны к сотовым сетям

Сотовые операторы и чиновники обсуждают возможность использования мобильной связи для управления БПЛА. Операторы поддерживают эту инициативу, но БПЛА должен представлять собой абонентское устройство, которое работает по стандартам сети.

Использование сотовых сетей позволит обеспечить связь там, где есть покрытие сети. Это открывает перспективы полетов дронов на дальние расстояния без потери связи с бортом.

Компания Qualcomm еще в 2016 году получила от Федеральной Администрации Авиации сертификат на испытание беспилотников рядом со своей штаб-квартирой в Сан-Диего и военной базой Мирамар. Это место находится в зоне плотной застройки, поэтому это стало действительным испытанием для дрона. Qualcomm привлекла к тестированию компанию AT&T, которая предоставила коммерческую сеть для полета. Исследователи снимали показатели покрытия, силы сигнала, пропускную способность соединения и время задержки. Выводы, к которым пришли компании, следующие:

- Коммерческие сети LTE обладают достаточным покрытием для обеспечения связи с дронами на большой высоте;
- На большой высоте передача абонента от одной базовой станции к другой осуществляется по-другому, в отличие от использования мобильных устройств на земле;
- Для оптимизации обслуживания сеть должна различать дроны и мобильные устройства: операторы не будут обслуживать БПЛА, если их работа будет влиять на качество всей сети.

В статье «Mobile Network-Connected Drones: Field Trials, Simulations, and Design Insights» журнала IEEE Vehicular Technology проводились испытания в коммерческой сети LTE, и результаты измерений демонстрируют что существующие сети могут поддерживать первоначальное развертывание маловысотных дронов, но могут возникнуть проблемы, связанные с помехами. Характеристики беспроводных каналов «воздух-земля» отличаются от характеристик наземных беспроводных каналов.

Антенны базовых станций наклонены вниз и направлены на обслуживание наземных оборудования пользователя. Это значит, что БПЛА часто может обслуживаться боковыми лепестками антенн базовой станции, которые имеют меньшее усиление. Интерференция увеличивается по мере роста высоты, а значит БПЛА могут генерировать больше помех для линий связи, что может привести к большому количеству сбоев.

“”

Метод определения отказа и мониторинга состояния электродвигателя беспилотного летательного аппарата с использованием пьезодатчиков позволит сделать полеты более прогнозируемые, а также обеспечить своевременное обслуживание.

Источники:
iz.ru/1492721/valerii-kodachigov-anastasiia-lvova/naivysshii-pilotazh-drony-v-rossii-khotiat-podkliuchit-k-sotovym-setiam
4pda.to/2016/09/08/322749
ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8758988

7. Беспилотные КАМАЗы вышли на федеральную трассу и дороги Арктики

КАМАЗ разрабатывает свои беспилотники совместно с Cognitive Technologies. Cognitive Technologies в проекте выступает в качестве разработчика автономной системы управления автомобилем, а «КАМАЗ» делает грузовик для такой системы. Также был разработан беспилотный самосвал «Юпитер-30» в сотрудничестве с МГТУ им. Н. Э. Баумана. Такой беспилотник способен перевозить груз в 30 тонн со скоростью 56 км/ч. Еще у КАМАЗА в разработках числятся КАМАЗ-1221 ШАТЛ – беспилотный автобус для перевозки пассажиров.

Беспилотные магистральные тягачи КАМАЗ-54901 начали перевозку коммерческих грузов между логистическими терминалами Санкт-Петербурга и Москвы. Протяженность маршрута составит 650 км. В проекте приняли участие крупнейшие логистические компании: ПЭК, Global Truck, «Газпром-Снабжение». Перевозка проходит в экспериментальном режиме на трассе М-11. Ответственным за проект выступает Минтранс РФ.

Данная модель КАМАЗ оснащена системами связи, навигации, технического зрения, устройствами обработки информации. Управление тормозной и рулевой системы, двигателя и АКПП осуществляется с применением электронной CAN-шины. Машины будут работать по графику 24/7, так как ограничения режима труда и отдыха водителей не распространяется на эту технику, но при этом за рулем обязан сидеть инженер. Остановки предусмотрены только для заправки, технического обслуживания и погрузки-разгрузки.

Первые беспилотные грузовые автомобили КАМАЗ прошли опытно-промышленную эксплуатацию на Восточно-Мессояхском месторождении, расположенном на Гыданском полуострове ЯНАО. Беспилотники построены на базе КАМАЗ-43118. На протяжении нескольких месяцев они осуществляли перевозку грузов по зимнику, соединяющему автономный нефтепромысел с поселком Тазовский, протяженностью 140 километров. Этому транспорту разрешено выходить на маршруты в трудные погодные условия, когда транспорту с водителем это запрещено. Связь между автомобилями осуществляется по промышленному Wi-Fi, 3G/4G и в УКВ диапазоне. Различные сенсоры обеспечивают построение цифровой карты дорог, распознавание препятствий в радиусе 200 метров, а также фиксируют статичные и движущиеся объекты.

6699

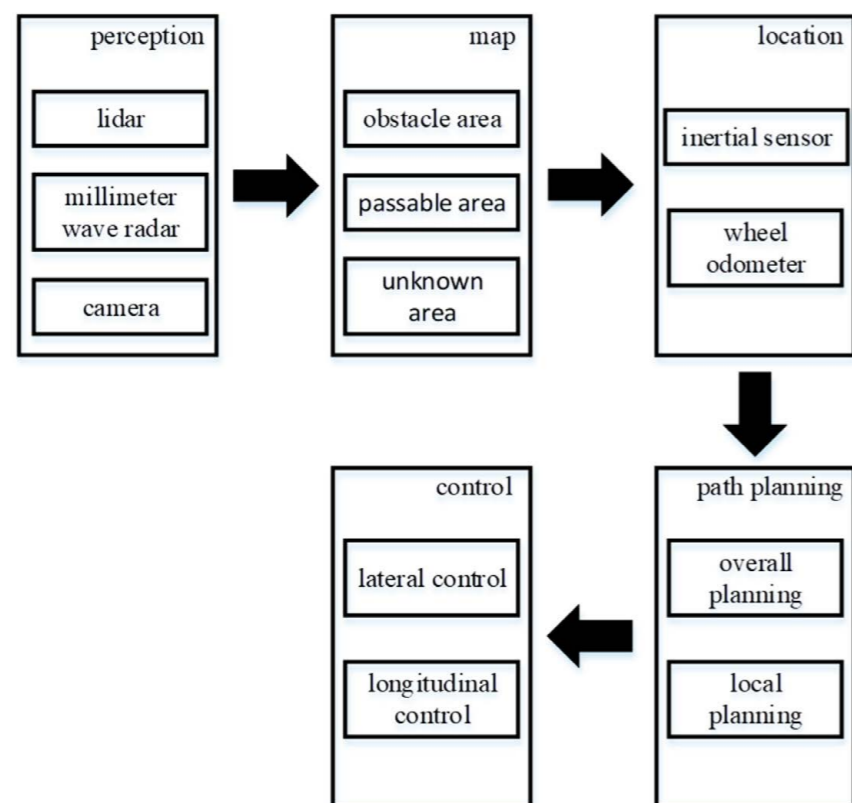
Метод определения отказа и мониторинга состояния электродвигателя беспилотного летательного аппарата с использованием пьезодатчиков позволит сделать полеты более прогнозируемые, а также обеспечить своевременное обслуживание.

Источники:
kamaz.ru/press/releases/kamaz_zapustil_magistralnye_tyagachi_na_trasse_m_11_neva_v_bespilotnom_rezhime
kamaz.ru/press/releases/bespilotniki_kamaz_proshli_ispytaniya_v_arktike
habr.com/ru/companies/onlinepatent/articles/735260

8. Исследование влияния ЭСР на систему управления беспилотными транспортными средствами

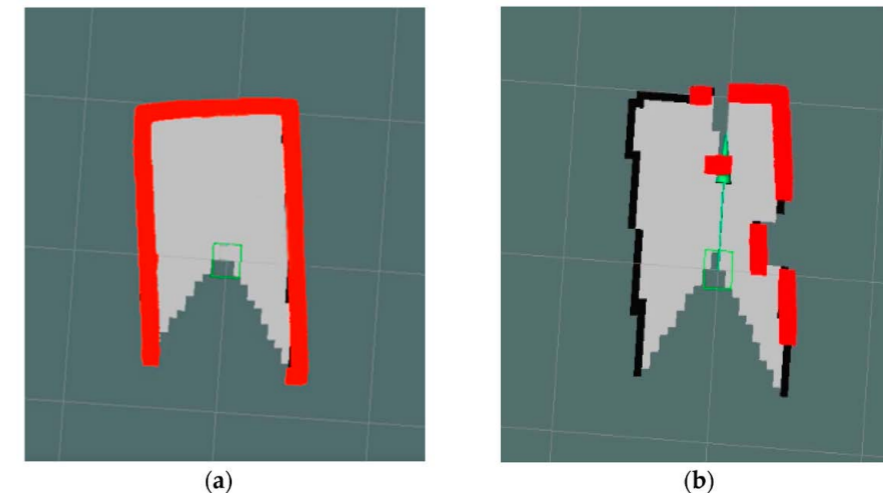
Экспериментальное исследование проводится на основе стандарта ISO 10605 «Экспериментальные методы электрического подавления электростатического разряда в дорожных транспортных средствах» для оценки эффективности интеллектуальных систем управления беспилотным транспортным средством при воздействии электростатического разряда (ЭСР). В ходе эксперимента выяснили, что система управления и датчики достаточно чувствительны к ЭСР. В статье испытывали маленький наземный беспилотник, который используется в службах доставки еды, коммерческих службах сопровождения.

Аппаратная система включает в себя модули восприятия, процессора и питания. Модуль восприятия включает датчики, с помощью которых беспилотник может ориентироваться: лидар, радар миллиметрового диапазона и камеру. Процессорный модуль выдает команды на основе информации об окружающей среде и внутренней информации. Схема работы приведена на блок-схеме.



Когда человек контактирует с объектом, имеющим разность потенциалов, происходит передача заряда, которая и называется ЭСР. При возникновении ЭСР генерируется электромагнитное поле высокой интенсивности и широкого спектра, что может вызвать помехи и вывод из строя электронного оборудования.

При напряжении разряда всего в 3 кВ потеря данных лидарного датчика уже значительна, что наглядно изображено на рисунке. Красный цвет обозначает препятствие, обнаруженное лидаром, зеленый прямоугольник отображает местоположение лидара.



а – нормальное отображение; б – при испытательном напряжении 3 кВ
Напряжение в 5 кВ привело к отказу экрана.



При просмотре журнала транспортного средства выяснили, что бортовая система после разряда дает команду «вперед» несмотря на препятствие. Значит проблема, приводящая к отказу системы управления, заключается в чувствительном модуле. Датчики были сняты и протестированы отдельно. Результаты показали, что больше всего помехи от ЭСР влияют на лидар. При напряжении 3 кВ происходит потеря данных, а при 8 кВ происходит сбой лидара. Радар миллиметрового диапазона часто отключался при напряжении выше 4 кВ. Благодаря экранированию и заземлению линии передачи радара, он смог выдерживать напряжение разряда 15 кВ. Результат теста показывает реакцию системы управления беспилотным транспортным средством и чувствительных модулей реагируют на ЭСР.

“”

Для повышения безопасности беспилотных транспортных средств на дороге требуется большое количество датчиков, и усиление их защиты от электромагнитных помех является важной задачей для разработчиков беспилотных комплексов.

Источник: mdpi.com/2079-9292/12/7/1640

9. Системы защиты от БПЛА

Защита от дронов имеет несколько составляющих: обнаружение, идентификация и нейтрализация.

Дроны можно обнаружить по излучению тепла, звука или радиочастотным излучениям для связи с оператором. Далее рассмотрим несколько методов обнаружения.

Feature	Sensing devices	Advantages	Disadvantages	Detection range	References
Heat	Infrared camera	<ul style="list-style-type: none"> Less affected by weather Long range 	<ul style="list-style-type: none"> Low accuracy 	1–15 km	[22]–[27]
RF signal	RF receiver	<ul style="list-style-type: none"> Obstacle-free Detect the drone operator 	<ul style="list-style-type: none"> Unable to detect Autonomous flight 	3–50 km	[12], [28]–[33]
Physical object	Radar	<ul style="list-style-type: none"> Less affected by weather Long range 	<ul style="list-style-type: none"> High expense Regulations on RF license Vulnerable to obstacles 	1–20 km	[34]–[40]
Visibility	Optical camera	<ul style="list-style-type: none"> Low expense Miniaturized Identification 	<ul style="list-style-type: none"> Highly affected by the weather Vulnerable to obstacles 	0.5–3 km	[41]–[46]
Acoustic signal	Acoustic receiver	<ul style="list-style-type: none"> Compatible with RF based sensors Miniaturized 	<ul style="list-style-type: none"> Extremely low detection range Low accuracy High signal detection complexity 	< 0.2 km	[47]–[55]

Двигатель, аккумуляторы, а также внутреннее оборудование излучает тепло, которое можно распознать при помощи тепловизионных камер. Тепловое обнаружение имеет преимущества с точки зрения устойчивости к погодным условиям, доступности идентификации и более низкой стоимости, чем системы на основе радара. Однако практическая дальность обнаружения в 51 м значительно меньше, чем у большинства других подходов, поэтому повышение детализации схемы обнаружения или улучшение разрешения тепловизионной камеры являются основными задачами.

Радиочастотный сканер захватывает беспроводные сигналы и определяет наличие дронов в определенной области. Сигнальная разведка (SIGINT) и коммуникационная разведка (COMINT) являются примитивными моделями обнаружения дронов на основе радиочастот. Основным недостатком обнаружения на основе РЧ является то, что оно не может обнаруживать дроны, которые не обмениваются РЧ-сигналом непрерывно, например, в автономной навигации, помимо этого поскольку РЧ-сканер обнаруживает дроны с помощью анализа сигналов, обнаружение дронов, использующих неизвестные протоколы управления или другие частотные диапазоны, затруднено.

Радар обнаруживает физические объекты и определяет их форму, расстояние, скорость и направление, воспринимая отраженные радиосигналы. В отличие от РЧ-сканера, радар измеряет время пролета отраженного сигнала, тогда как РЧ-сканер демодулирует сам сигнал. Также радар непрерывного действия измеряет скорость цели. Обнаружение дронов на основе радара обеспечивает большую дальность обнаружения и постоянную наблюдаемость по сравнению с радиочастотным сканером, но существуют некоторые возможности обнаружения и нормативные ограничения. Радар не может отличить дрон от препятствий, если дрон зависает в одном положении или летит на малой скорости. Поэтому рекомендуется сочетать радар и другие технологии. Радиолокационные системы также постоянно излучают радиочастотные сигналы высокой мощности, поэтому для диапазонов частот и мест установки требуется разрешение страны. В частности, объекты, которые уже используют радары, такие как аэропорты, могут столкнуться с трудностями при установке дополнительных радаров из-за проблем с радиопомехами. Частичное спектральное перекрытие между радаром и радиоволнами может вызвать плохие помехи сигнала и плохую работу как радара, так и сети. В нескольких исследованиях изучались взаимные помехи между радарными военными или других государственных/частных организаций

и сетями радиодоступа, такими как 5G, для обеспечения сосуществования. Эти радиочастотные обстоятельства должны учитываться при установке системы защиты от дронов.

Также как обнаружение тепловизионными камерами, оптические камеры для обнаружения дронов широко исследовались для применения в борьбе с дронами. Оборудование для обнаружения дронов, основанное на оптических камерах, отличается низкой стоимостью и меньшими нормативными ограничениями, чем рассмотренные ранее, что позволяет создавать детализированную систему слежения за счет плотного развертывания. Однако недостатки, в том числе относительно малая дальность действия, высокая зависимость от погоды и непроницаемость для препятствий, вынуждают использовать слияние с различными системами датчиков. Широко распространенные военные электронно-оптические/инфракрасные системы сочетают в себе оптические камеры и инфракрасные датчики для обнаружения дронов.

Помимо малой дальности обнаружения при использовании акустического метода, остаются проблемы измерения направления и отслеживания дронов. Использование одного конкретного метода обнаружения неизбежно приводит к слепой зоне обнаружения дронов, что затрудняет успешную нейтрализацию незаконных дронов. Большинство поставщиков устанавливают гибридные системы обнаружения дронов, в которых используется технология слияния датчиков и совместное аппаратное управление. Например, радар и оптические (или тепловизионные) камеры прекрасно дополняют друг друга для обнаружения дронов. Обнаружение на основе зрения может легко отслеживать дроны, управляя масштабированием, наклоном и фокусом изображения, но испытывает трудности с динамическим контролем над целевой областью; тогда как радиолокационное обнаружение обеспечивает всенаправленное сканирование широкой области с низкой идентификацией дрона и низкой частотой сканирования. Радар сканирует область цели, а система технического зрения управляет внешними и внутренними параметрами камеры, чтобы точно исследовать подозрительные точки. Другой пример: сочетание зрительных и акустических датчиков. Обнаружение на основе зрения с трудом распознает незнакомые формы дронов, а обнаружение на основе акустики обеспечивает низкую производительность в шумной среде. Эта конструкция эффективна с точки зрения устойчивости к погодным условиям. Таким образом, поиск эффективной конфигурации обнаружения для целевой области является важным шагом для создания надежной системы защиты от дронов.

Обнаружение дронов относится к системам, которые наблюдают за летающим (или неподвижным) объектом и определяют, является ли объект дроном, тогда как идентификация дрона относится к определению того, является ли обнаруженный дрон незаконным и, следовательно, должен быть нейтрализован. Идентификация должна выполняться точно, надежно и быстро, особенно там, где в целевом районе используются дроны или разрешено законное использование дронов. Система идентификации должна взаимодействовать с системой обнаружения для защиты целевой области без ложной нейтрализации. Для точной идентификации можно использовать специальные радиометки. Идентификация по оценке полета. Большинство систем используют информацию о зрении для улучшения отслеживания дронов, используя обычную обработку изображений или машинное обучение (сверточные нейронные сети). Системы оценки пути также используют нейронные сети или различные фильтры по результатам отслеживания для определения движения дрона. Отслеживание дронов и оценка положения могут быть недостаточными для оценки законности дронов, но важно оценить, насколько движение дронов может угрожать зоне обороны.

Радиочастотная идентификация (РИ). Активная система РИ является многообещающим подходом к идентификации дронов благодаря низкой стоимости и легкой конструкции системы. Высокоскоростные дроны могут не дать РИ-системе малого радиуса действия достаточно времени для их идентификации. Подмена сигнала РИ также может обмануть систему и позволить

вредоносным дронам проникнуть в охраняемую территорию. Автоматическое зависимое наблюдение (АЗН). АЗН в самолетах периодически передает общую навигационную информацию с помощью радиочастотного сигнала дальнего действия, и анонимные наземные пользователи и другие самолеты могут использовать ее для ситуационной осведомленности. Основное отличие от системы РИ заключается в содержании широковещательного сообщения: сообщения АЗН содержат стандартизованную идентификационную и навигационную информацию для самолета, такую как высота, GPS, идентификационный номер самолета. Обычные системы АЗН слишком велики для небольших дронов, поэтому требуются меньшие модули АЗН. У некоторых компаний уже есть такие системы, но для всеобщего внедрения они ещё дороговаты. Система защиты от дронов должна прояснять каждую логику, которая определяет, следует ли нейтрализовать дроны, чтобы скрыть любой тип вторжения дронов. Это определение должно основываться на твердых критериях, основанных на результатах обнаружения, национальных или международных правилах и вспомогательных средствах идентификации. Существует множество способов нейтрализации дронов, которые можно поделить на разрушительные и неразрушительные. Далее рассмотрим их подробнее. Первый способ заключается в захвате управления защищаемым оператором. Такой способ называют «угон» дрона. Оператор генерирует ложный сигнал, чтобы помешать целевому дрону двигаться так, как задумано исходным контроллером. Большинство дронов устанавливают тесную связь с оператором, а «угон» направлен на разрыв этой связи. Была предложена система для разрыва сопряжения с помощью сигнала помех и мгновенного повторного подключения к контроллеру злоумышленника для получения контроля. Ещё один способ – увеличения амплитуды радиочастотного сигнала. «Угон» дронов является хорошим способом с точки зрения безопасного захвата или посадки, а также облегчает последующее расследование. Однако автономный полет, протокол связи с дронами являются серьезными проблемами. Вторым способом является подмена сигнала дрона. Он может использоваться для захвата дронов или запутывания маршрутов их полета. Авторы предложили систему для генерации поддельных сигналов GPS, чтобы обмануть GPS-приемник дрона и заставить дрон ошибочно вычислить свое местоположение. Они стремились обезопасить угон, связанный с отказоустойчивым режимом GPS внутренней системы дрона, и незаметно отправить дрон в определенное место. Обман датчиков дрона может быть достигнут с помощью широкого спектра подходов независимо от протокола связи, но при отсутствии мер безопасности для областей могут произойти несчастные случаи, такие как аварийная посадка, из-за непредсказуемого управления оператором дрона. Следующим способом является глушение дронов – разрыв радиосвязи между дроном и контроллером за счет сильных радиочастотных помех, что могут являться любыми сигналами пустых пакетов данных в пределах целевого частотного диапазона. Цель состоит в том, чтобы заставить целевого противника попасть в неконтролируемое состояние, когда он не может обмениваться внешними коммуникационными сигналами. Системы помех можно разделить на направленные и всенаправленные помехи по направлению действия. Первый фокусируется на определенном направлении, а второй может заглушить все направления. Стационарное глушение — это когда система глушения установлена в фиксированном месте, например, на базовой станции, тогда как мобильное глушение — это когда система управляется с портативных устройств, например, установленных на автомобиле. Глушение — это простое, надежное и универсальное решение с низким риском отказа, поэтому большинство систем защиты от дронов используют глушение в качестве основной схемы нейтрализации, но нужно быть аккуратным поскольку в методах глушения в основном используются электромагнитные сигналы, а они могут оказывать значительное непреднамеренное воздействие, включая телепередачи, телекоммуникации или даже систему воздушного движения.

Последний способ заключается в уничтожении дронов дронами. Дроны требуют быстрого принятия решений в режиме реального времени относительно приближающихся дронов, высокоточной оценки траектории полета дрона и выдающейся физической прочности и мобильности. Использование дронов для уничтожения незаконных дронов — это очень ранняя технология, требующая немалого терпения для внедрения в коммерческие системы защиты от дронов.

“”

Каждая система обнаружения имеет ограничение в виде дальности обнаружения, функциональности, погодных условий и т.д. Для обнаружения дрона часто используют гибридные системы, так как эффективность такой установки выше. Технологии по слиянию датчиков должны быть оправданы еще и экономически. Внедрение систем идентификации дронов должно происходить с помощью регулирующих органов. Например, установка порядка регистрации дронов сделает систему защиты значительно лучше. Система должна четко определять необходимость нейтрализации ЛА. Ложноположительный или ложноотрицательный результат идентификации может привести к полному провалу защиты. Методы нейтрализации можно разделить на разрушающие и неразрушающие. Неразрушающие методы могут быстро устареть из-за развивающихся систем защиты ЛА. Эффективно будет использовать гибридные системы нейтрализации для увеличения надежности защиты.

Источник: ieeexplore.ieee.org/document/9378538

Обзор текущего состояния исследований и разработок авиационных силовых установок в Европейском Союзе и США за май 2023 г.

Михайлов Алексей Евгеньевич

Кандидат технических наук, доцент, научный руководитель фронтальной НИР «Формирование теории нового класса электрических машин, созданных с помощью аддитивных технологий», руководитель группы силовых установок



Легкий электрический учебно-тренировочный самолет Diamond eDA40

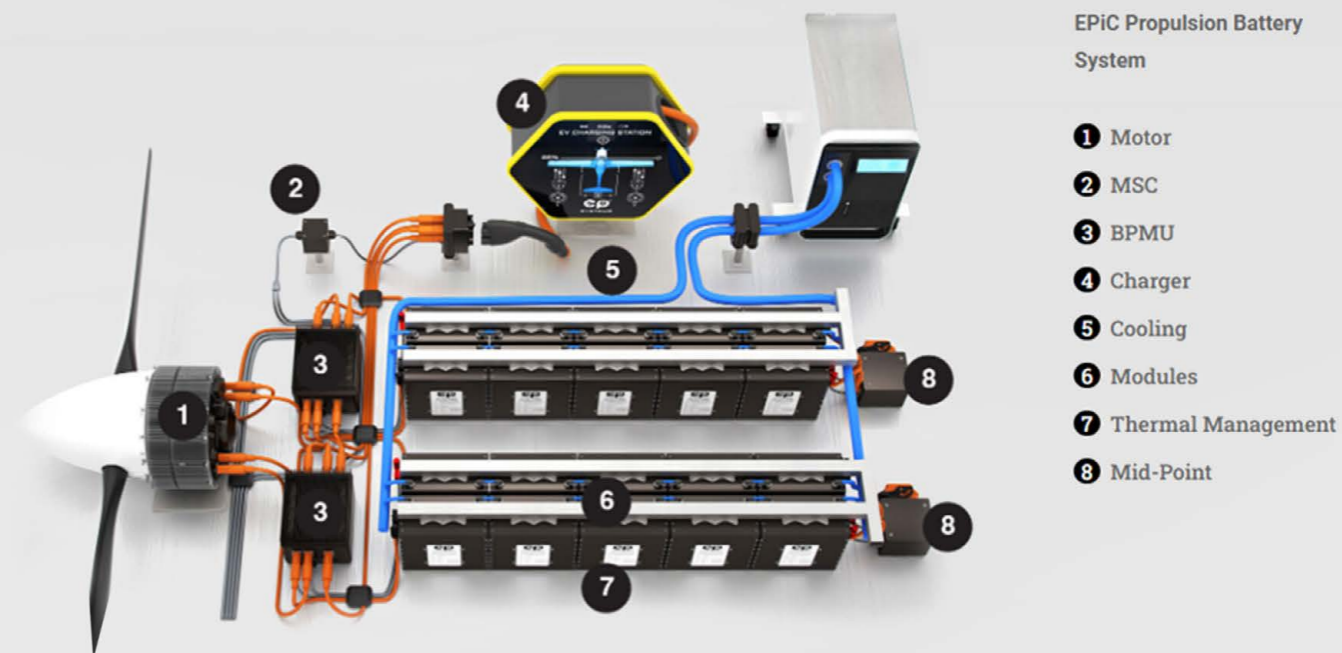
1. Легкий электрический самолет Diamond eDA40 совершил первый полет

Легкий электрический учебно-тренировочный самолет Diamond Aircraft eDA40 успешно совершил свой первый испытательный полет 20 июля вблизи г. Вена (Австрия). Успешный первый полет является частью программы летных испытаний самолета eDA40, которая должна завершиться получением сертификата типа в соответствии с нормами EASA (European Union Aviation Safety Agency) и FAA (U.S. Federal Aviation Administration).

Самолет Diamond eDA40 оснащен тяговым электродвигателем EngineUS 100 разработки Safran Electrical & Power, а также блоком аккумуляторных батарей EPiC Propulsion Battery System разработки Electric Power Systems.

Блок аккумуляторных батарей оснащен системой быстрой зарядки постоянного тока, которая обеспечивает полную перезарядку аккумуляторной батареи за 20 минут.

По ожиданиям Diamond Aircraft максимальная продолжительность полета составит 90 минут, снижение эксплуатационных расходов по сравнению с традиционным самолетом DA40, оснащенным поршневым двигателем составит не менее 40%.



Блок аккумуляторных батарей EPiC Propulsion Battery System

Источник: ainonline.com/aviation-news/futureflight/2023-07-26/diamonds-electric-da40-training-aircraft-makes-first-flight

2. ZeroAvia завершила первый этап испытаний опытного самолета Dornier 228



Опытный региональный самолет Dornier 228 ремоторизированный СУ на базе ВВТЭ ZeroAvia ZA600

Компания ZeroAvia в течение 6 месяцев совершила 10 полетов на опытном самолете Dornier 228, оснащенный силовой установкой (СУ) на базе водородно-воздушных топливных элементов (ВВТЭ) ZA600 мощностью 600кВт.

Программа летных испытаний самолета Dornier 228 осуществляется в аэропорте Cotswold Airport в Великобритании. По завершении 10 экспериментальных полетов компания ZeroAvia объявила о завершении первого этапа летных испытаний, в настоящее время ведется подготовка первого опытного полета по территории Великобритании.

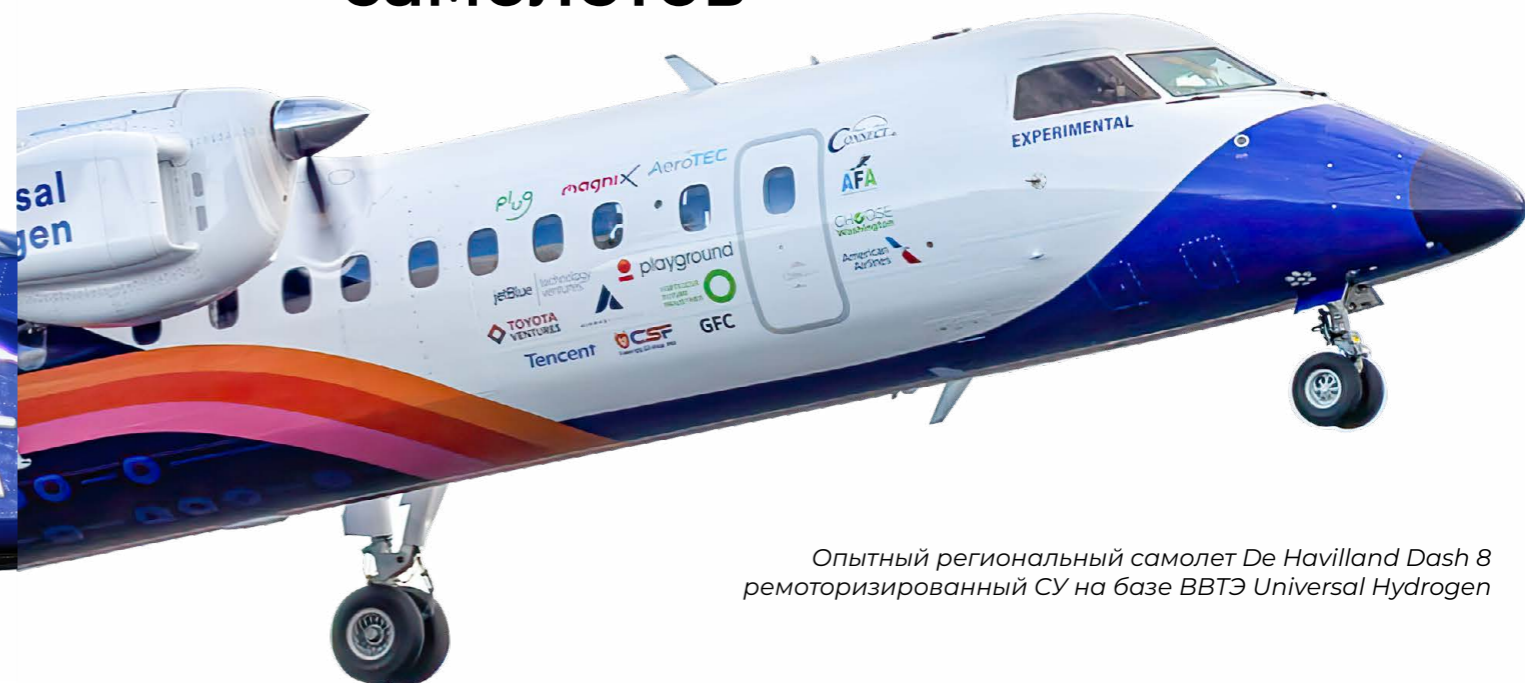
В рамках первого этапа программы летных испытаний самолет Dornier 228 достиг максимальной высоты 1524м, экспериментальные полеты проходили при температуре от 0 до +30°C.

Первый этап программы летных испытаний Dornier 228 компания ZeroAvia проводила в рамках проекта HyFlyer II, финансирование по которому осуществляет Правительство Великобритании.

Работы по экспериментальному самолету Dornier 228 компания ZeroAvia осуществляет на территории и при поддержке Правительства Великобритании, в то время как штаб-квартира компании расположена в США. В настоящее время ZeroAvia строит новый R&D центр в аэропорте Paine Field вблизи Сиэтла для проведения работ по ремоторизации и летным испытаниям более крупного регионального турбовинтового самолета De Havilland Dash 8-400.

Источник: futureflight.aero/news-article/2023-07-21/zeroavia-concludes-first-flight-test-campaign-hydrogen-powered-dornier-228

3. Конвертированные самолеты с СУ на базе ВВТЭ могут занять до 20% рынка региональных турбовинтовых самолетов



Опытный региональный самолет De Havilland Dash 8 ремоторизированный СУ на базе ВВТЭ Universal Hydrogen

Международный совет по экологически чистому транспорту (International Council on Clean Transportation) опубликовал новый отчет о применении силовых установок на базе водородно-воздушных топливных элементов на рынке региональных турбовинтовых самолетов.

В отчете ICCT отмечается, что ремоторизованные региональные турбовинтовые самолеты компаний ATR и De Havilland Canada с СУ на базе ВВТЭ способны обеспечить дальность полета, сопоставимую с традиционными самолетами, только при существенном сокращении количества перевозимых пассажиров. Соответственно, для обеспечения спроса на региональные авиаперевозки авиакомпании будут вынуждены существенно увеличить количество рейсов ремоторизованных самолетов.

По ожиданиям экспертов ICCT себестоимость водородного топлива будет постепенно снижаться в ближайшие десятилетия. При этом отмечается, что переход на СУ на базе ВВТЭ, работающие на криогенном жидком водородном топливе способен существенно повысить дальность полета по сравнению с СУ, работающими на газообразном топливе. При этом разработка, производство, сертификация и эксплуатация криогенных топливных систем (водород должен храниться при температуре ниже -253°C) представляет дополнительный технологический вызов.

На текущий момент региональный самолет, ремоторизованный СУ на базе ВВТЭ является более энергоэффективным и более экологичным, однако, стоимость водородного топлива существенно выше традиционного керосина. Применение СУ на базе ВВТЭ обуславливает снижение полезной нагрузки либо дальности полета самолета, при одновременном снижении выбросов CO₂ на 88% в рамках жизненного цикла самолета.

Основными игроками на рынке ремоторизации региональных самолетов являются

ZeroAvia (успешно проведены летные испытания самолета Dornier 228), Universal Hydrogen (успешно проведены летные испытания самолета De Havilland Canada Dash 8 при частичной работе от СУ на базе ВВТЭ) и Cranfield Aerospace Solutions (успешно проведены летные испытания Britten-Norman Islander BN2).

В отчете ICCT приведены результаты детального анализа ремоторизации регионального самолета ATR72. Водородное топливо имеет низкую объемную плотность энергии, в 4 раза ниже, чем у традиционного керосина. В результате, перевод на водородное топливо при сохранении дальности полета самолета потребует размещения в пассажирском салоне дополнительных топливных баков, что приведет к уменьшению пассажироместности самолета.

Самолет ATR72-600, оснащенный штатными двигателями Pratt&Whitney Canada PW127, имеет пассажироместность 78 мест при дальности полета 1370км. При ремоторизации ATR72-600 СУ на базе ВВТЭ при пассажироместности 70 человек дальность полета составит не более 463км. При уменьшении пассажироместности ATR72-600 до 42 человек и размещении в пассажирском салоне дополнительных топливных баков дальность полета возрастет до 1750км, что даже превышает базовые характеристики самолета.

Опытный региональный самолет De Havilland Dash 8 ремоторизированный СУ на базе ВВТЭ Universal Hydrogen

На практике уменьшение пассажироместности означает, что региональные самолеты ремоторизованные СУ на базе ВВТЭ смогут занять лишь 15-20% рынка региональных авиаперевозок. Однако, при увеличении количества рейсов в перспективе самолеты с СУ на базе ВВТЭ смогут занять большую долю рынка региональных авиаперевозок.

На сегодняшний день себестоимость экологично производимого водорода является основным фактором, сдерживающим его применение в качестве авиационного топлива.

Вместе с тем, по ожиданиям экспертов ICCT, в ближайшие десятилетия данная ситуация существенно изменится из-за низкой стоимости возобновляемой энергии в США. По оценкам ICCT переход в 2030г. на водородное топливо применительно к ATR72-600 приведет к росту затрат на топливо на 29-40% по сравнению с традиционным керосином в условиях США, однако, к 2050г. водородное топливо будет уже дешевле керосина.

Считается, что производство экологически чистого водородного топлива в Европейском Союзе существенно дороже, чем в США. Поэтому переход в 2030г. на водородное топливо применительно к ATR72-600 приведет к росту затрат на топливо на 100% по сравнению с традиционным керосином и на 50% в 2050г.

Источник: flightglobal.com/engines/fuel-cell-converted-aircraft-could-replace-20-of-turboprop-market-report/154261.article

4. Rolls-Royce анонсировала разработку турбогенератора для аэротакси и eVTOL с гибридной силовой установкой

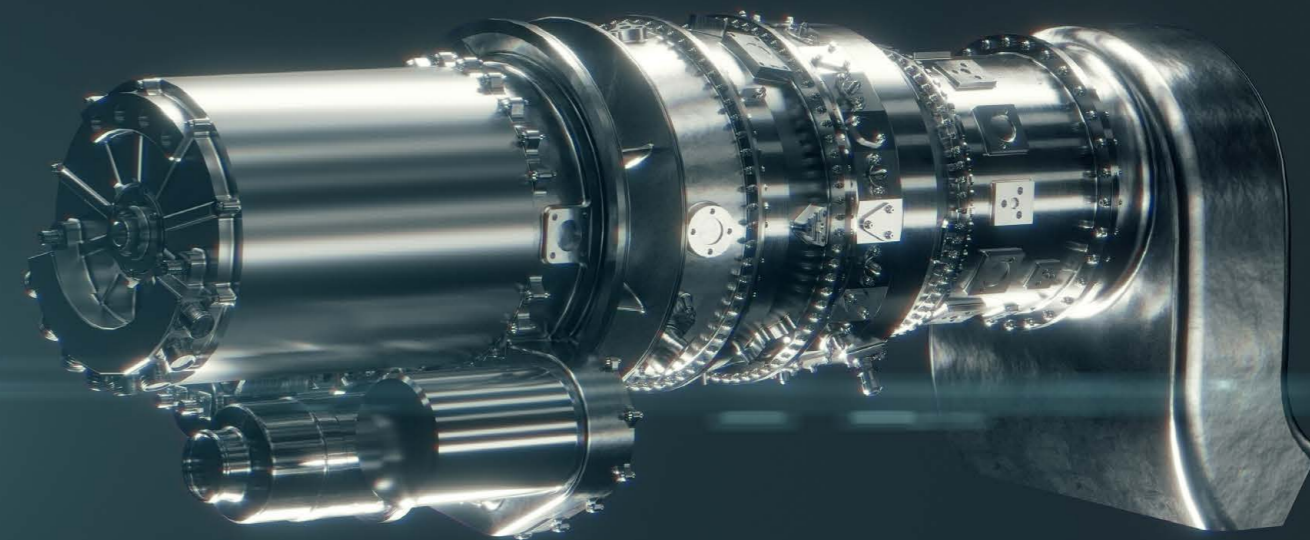
Компания Rolls-Royce анонсировала разработку турбогенератора, основанного на специально созданном малоразмерном газотурбинном двигателе для применения в составе гибридных силовых установок аэротакси, eVTOL летательных аппаратов и самолетов местных воздушных линий пассажироместностью до 19 человек.

Ожидается, что на начальном этапе турбогенератор будет разработан для работы на устойчиво производимом авиационном топливе, а затем будет адаптирован для работы на водородном топливе.

Разработанный турбогенератор адаптирован для работы в качестве бортового источника энергии мощностью от 600 до 1200кВт. Основным применением турбогенератора являются гибридные силовые установки для увеличения дальности полета ЛА по сравнению с полностью электрическими исполнениями.

Турбогенератор изначально адаптирован для работы в составе последовательной или параллельной гибридной силовой установки, может быть использован как для подзарядки аккумуляторных батарей, так и непосредственно для питания электроприводных движителей. Таким образом, разрабатываемый турбогенератор пригоден для гибкого изменения источников энергии и схемы гибридизации в полете ЛА.

Источник: rolls-royce.com/media/press-releases/2022/22-06-2022-rr-advances-hybrid-electric-flight-with-new-technology.aspx



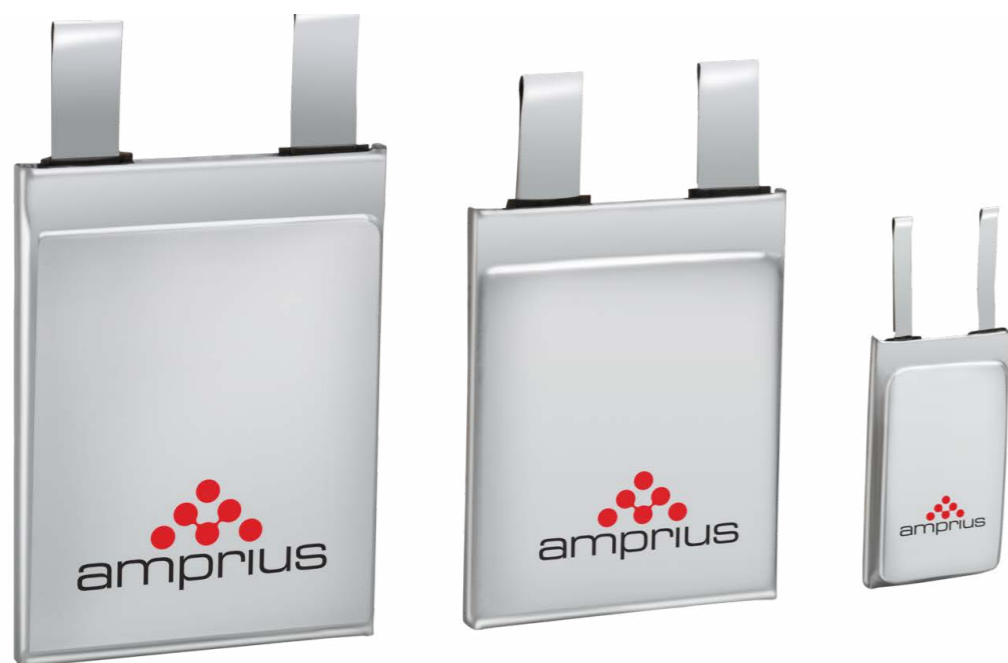
Концепт турбогенератора Rolls-Royce

5. AMPRIUS объявила о прорыве в создании авиационных аккумуляторных батарей

Производитель аккумуляторных батарей, компания Amprius Technologies анонсировала прорыв в технологии создания литий-ионных аккумуляторных батарей для электрических самолетов и наземного электротранспорта.

Компания Amprius Technologies применяет анод из кремниевых нанопроводов для литий-ионных аккумуляторов, что позволяет существенно повысить удельную энергоемкость по сравнению с традиционными литий-ионными аккумуляторами, в которых применяются аноды из графита либо углеродных соединений. Кремниевые аноды способны накапливать до 10 раз большее количество атомов лития, что обеспечивает повышение удельной энергоемкости по сравнению с традиционными аккумуляторными батареями.

Компания Amprius анонсировала литий-ионную батарею с кремниевыми анодами с удельной энергоемкостью 400 Втч/кг со скоростью разряда 10С. По заявлению Amprius новая аккумуляторная батарея заряжается до 80% за 6 минут.



По заявлению Amprius сочетание высокой удельной энергоемкости и удельной мощности обеспечивает уменьшение веса и объема аккумуляторной батареи. Новые аккумуляторные батареи имеют удельную мощность 3500 Вт/кг при скорости разряда 10С, до 4400Вт/кг при меньшей скорости разряда.

Ожидается, что аккумуляторные батареи с удельной энергоемкостью 400 Втч/кг и скоростью разряда 10С поступят на рынок в 2024 году, опытные образцы для перспективных заказчиков будут доступны до конца 2023 года.

На текущий момент Amprius сотрудничает с BAE Systems по высотному БПЛА PHASA-35, Teledyne FLIR, дочерней компанией Airbus Aalto по высотному БПЛА Zephyr, компанией AeroVironment.

Источник: futureflight.aero/news-article/2023-08-04/amprius-declares-breakthrough-aviation-battery-technology

6. Vertical Aerospace начала летные испытания eVTOL VX4

Компания Vertical Aerospace начала программу летных испытаний полноразмерного прототипа электрического летательного аппарата вертикального взлета и посадки VX4.

Первый взлет электрического летательного аппарата вертикального взлета и посадки VX4

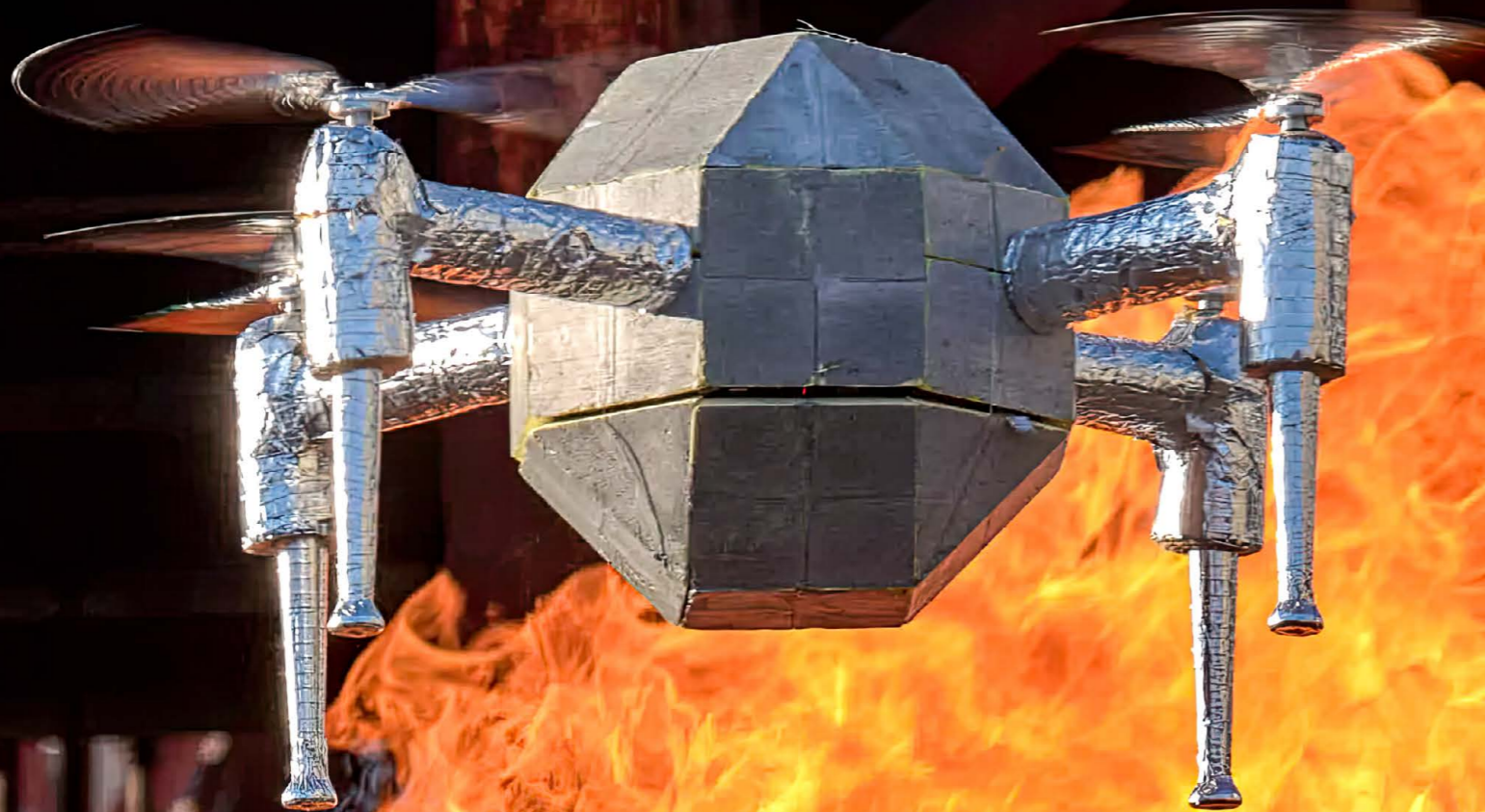
Во время первых испытательных полетов на малой высоте летательный аппарат VX4 достиг максимальной скорости 74км/ч. Полноразмерный прототип совершил первые экспериментальные полеты в беспилотном исполнении с дистанционным управлением из командного пункта на земле.

На текущий момент летательный аппарат VX4 оснащен электродвигателями собственной разработки Vertical Aerospace, компания Rolls-Royce ведет разработку электродвигателей для серийной версии летательного аппарата. Аккумуляторная батарея для летательного аппарата VX4 разработана в Vertical Energy Center, R&D-центре компании Vertical Aerospace.

Компания Vertical Aerospace планирует получить сертификат типа от Правительства Великобритании и EASA на летательный аппарат VX4 до конца 2026 года.



Источник: futureflight.aero/news-article/2023-07-19/vertical-aerospace-starts-untethered-flight-testing-vx4-evtol-aircraft



Современные отечественные и мировые достижения в области разработки и применения беспилотных летательных аппаратов

Уразбахтин Руслан Рустемович

Руководитель отдела исследований БПЛА

1. Новый термостойкий дрон

Агентства экстренного реагирования постоянно ищут способы спасти людей, оказавшихся в чрезвычайных ситуациях, не подвергая опасности сотрудников спасательных ведомств. Сегодня для этой цели возможно использовать технологии, которые помогут спасателям находить людей под обломками зданий после землетрясений и в глубокой воде. Однако, сегодня не существует дронов, которые могут помочь спасателям в поисках людей при пожаре. Инженеры Имперского колледжа Лондона и Етра (исследовательский центр материаловедения и технологий в Швейцарии) разработали прототип дрона, который может выдерживать экстремальные температуры, что позволит использовать его для обнаружения и спасения людей во время пожаров.

Огнестойкий дрон FireDrone обязан своей термостойкостью двум основным компонентам. Во-первых, термоизоляции, часть которой состоит из полиимидного аэрогеля. Из полиимидного аэрогеля выполнена большая часть корпуса дрона. Стекловолокно, усеянное частицами кремнезема, укрепляет аэрогель, уменьшая усадку, которая может возникнуть при высоких температурах. Эти два материала создают так называемую защитную оболочку GFRPI (сокращение от полиимида, армированного стекловолокном), в которой размещаются электронные компоненты дрона. Рукава содержат изолирующий пенопласт, а внешнее алюминиевое покрытие помогает отражать тепло.

FireDrone также защищен встроенной системой охлаждения, которая использует выделение и испарение углекислого газа для снижения температуры устройства. В беспилотнике установлены датчики углекислого газа, основная цель которых определение места и времени начала пожара. Когда углекислый газ в датчиках испаряется, создается охлаждающий эффект. Это предотвращает перегрев трансмиссии, аккумуляторного отсека, камер и других жизненно важных компонентов FireDrone даже при экстремальных температурах.

Обычные и инфракрасные камеры помогают FireDrone захватывать изображения,

которые передаются оператору по беспроводной связи. Если FireDrone когда-нибудь будет запущен в коммерческую эксплуатацию, это может помочь пожарным определять, остались ли выжившие в горящем здании, а также делать фотографии, которые могут помочь в поиске. Помимо проверки устойчивости дрона к сильным пожарам, инженеры также протестировали FireDrone в камере с отрицательными температурами. Было установлено, что FireDrone может функционировать при низких температурах. Несмотря на свое горячее название, FireDrone может помочь спасательным командам найти выживших после метелей, лавин или других ледяных катастроф. Сейчас инженеры работают над тем, чтобы сделать дрон меньше и добавить дополнительные датчики.



Термозащитная оболочка FireDrone

Расширение функциональных возможностей беспилотников с точки зрения расширения сред их применения является актуальной задачей для разработчиков из области беспилотия.

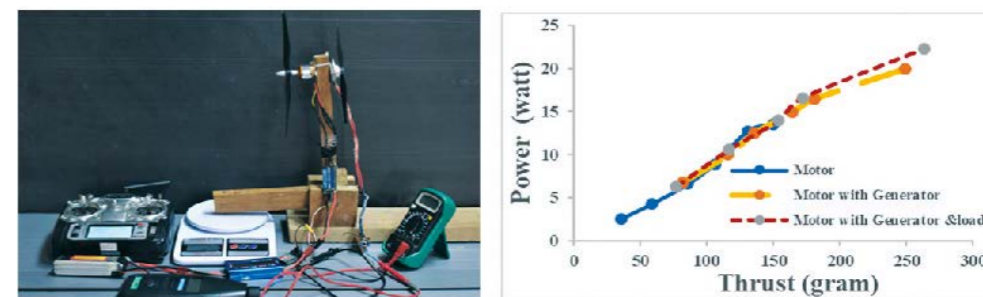
Источник: extremetech.com/science/new-heat-resistant-drone-can-enter-burning-buildings

2. Улучшения электроснабжения квадрокоптера

Представлена простая система сбора энергии с использованием свободно вращающихся пропеллеров без отбора мощности от тяговых электродвигателей, установленных на квадрокоптере, не требующая серьезных изменений конструкции. Были проанализированы различные компоновки, а также протестировано изменение тяги с целью определения оптимального размещения системы отбора электроэнергии. Были исследованы совместная работа и скоростной коэффициент свободно вращающихся воздушных винтов одинакового и разного размеров на различных скоростях вращения. Для оценки характеристики воздушного потока рассчитывалось число Рейнольдса свободно вращающихся винтов. Энергия вращения свободно вращающихся винтов, преобразуется в электроэнергию с помощью бесконтактных генераторов с постоянными магнитами (BLDC). Энергия от BLDC генератора преобразуется с помощью трехфазного управляемого выпрямителя. Для обеспечения питания квадрокоптера выходное напряжение BLDC генератора

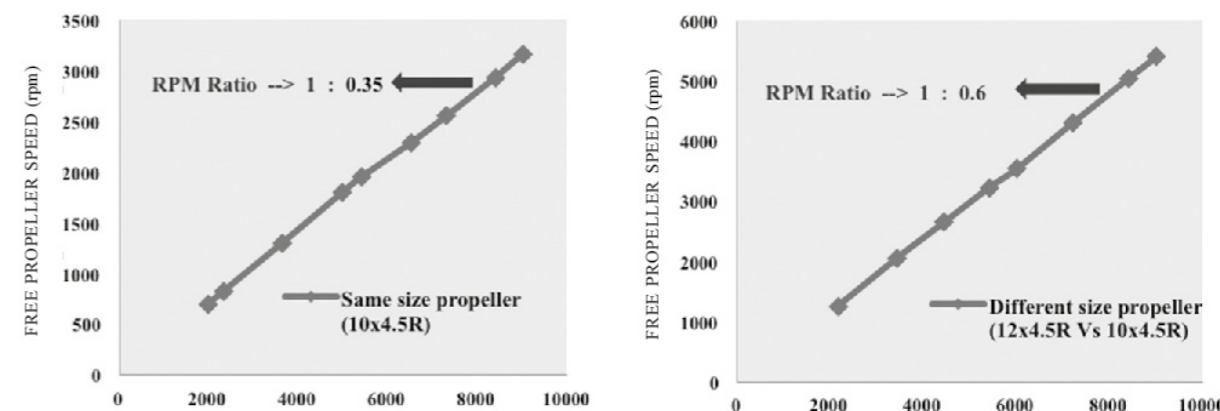
повышается и регулируется с помощью одного повышающего преобразователя DC-DC SEPIC с широким диапазоном напряжений и токов. Генерируемая энергия может быть направлена на зарядку аккумулятора или питание бортовых потребителей. Система сбора энергии с помощью свободно вращающегося винта была протестирована на квадрокоптере в режиме висения.

Свободно вращающиеся винты закреплены под тяговыми электродвигателями, без изменения конструкции. Испытания проводились в режиме висения без учета аэродинамических эффектов в динамике. Во время испытаний учитывались следующие аэродинамические параметры: тяга, скорость, изменение потока. Свободно вращающиеся воздушные винты используются для двух основных целей: а) увеличение подъемной силы во время полета; б) сбор энергии с установленных на них генераторов для подзарядки аккумулятора или питание бортовых потребителей. Для выбора оптимального варианта установки свободно вращающегося винта рассматривались три различные компоновки винтомоторной группы. Значения тяги, сопротивления, мощности и скорости были измерены для всех компоновок по отдельности с использованием испытательного стенда. Результаты исследования позволили сформировать рекомендации по размещению свободно вращающегося винта.



Конструкции винтомоторной группы со свободно вращающимся винтом и результаты их исследований

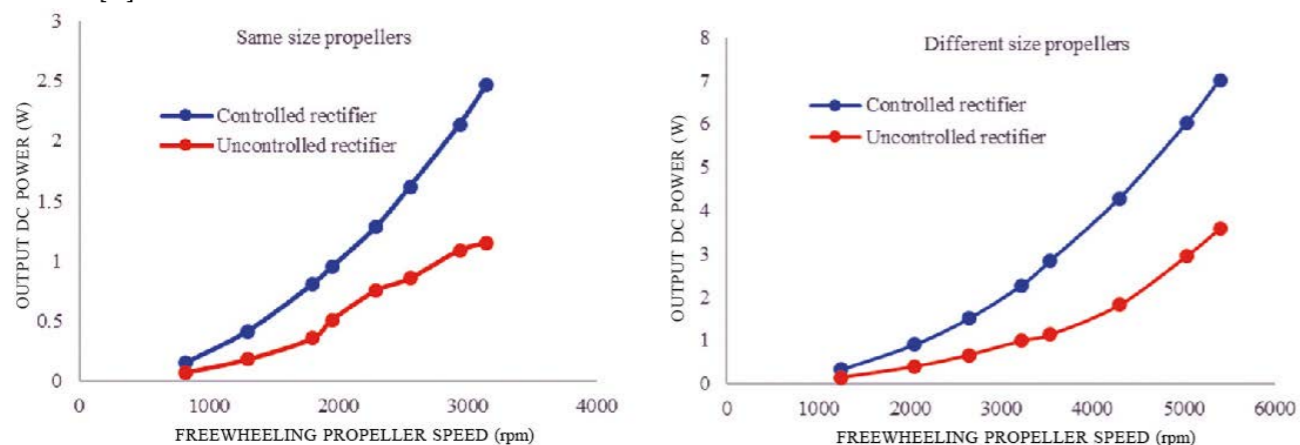
Результаты исследования показали, что введение в конструкцию винтомоторной группы свободно вращающегося воздушного винта не оказывает существенного влияния на эффективность воздушного винта. Было установлено, что расположение винтов и расстояние между ними оказывает существенное влияние на выходные параметры винтомоторной группы со свободно вращающимся воздушным винтом. Эффективность винтомоторной группы со свободно вращающимся воздушным винтом также зависит от соотношения диаметров приводимого во вращение и свободно вращающегося воздушных винтов. Соотношение частот вращения, приводимого во вращение и свободно вращающегося воздушных винтов в зависимости от их диаметров.



Соотношение частот вращения, приводимого во вращение и свободно вращающегося воздушных винтов в зависимости от их диаметров

На основании проведенных качественных исследований был разработан специальный стенд, для проведения количественных исследований. Стенд включал в себя квадрокоптер с винтомоторными группами со свободно вращающимися винтами, измерительные устройства и трехфазный выпрямитель (управляемый и неуправляемый).

Parameter	Same size propeller		Different size propeller	
	Uncontrolled rectifier	Controlled rectifier	Uncontrolled rectifier	Controlled rectifier
Main propeller speed [rpm]	9000	9000	9000	9000
Free propeller speed [rpm]	3150	3150	5400	5400
Load resistance [Ω]	10	10	10	10
DC output voltage[V]	4.6	5.8	7.2	9
DC output current [A]	0.22	0.42	0.49	0.78
DC output power [W]	1.012	2.473	3.528	7.02
Increase [%]	-	40.9	-	50.2



Результаты стендовых испытаний

Результаты численных исследований показали, что генератор, установленный на свободно вращающемся винте в винтомоторной группе, позволяет вырабатывать значительное количество электроэнергии, позволившее увеличить время полета квадрокоптера в режиме висения на 30%. Дополнительное исследование требуется для определения эффективности предлагаемой системы в динамике.

В ПИШ «Моторы Будущего» ведутся работы по созданию нового поколения воздушных силовых установок на электротяге, которые позволят существенно улучшить характеристики традиционных винтомоторных групп.

Источник: Siranthini Balraj, Anitha Ganesan. Indirect Rotational Energy Harvesting System to Enhance the Power Supply of the Quadcopter // Defence Science Journal 70(2), DOI: 10.14429/dsj.70.14568

3. Разработка цифровых двойников для воздушного пространства будущего

Авиационная промышленность Великобритании стремится к достижению нулевого уровня вредных выбросов к 2050 г. Для этого принимается ряд мер, в ряду которых есть внедрение систем управления беспилотным движением.

Системы управления беспилотным движением играют решающую роль в обеспечении безопасной и эффективной интеграции беспилотных летательных аппаратов в воздушное пространство. В рамках проекта «Воздушное пространство будущего» приоритет отдается разработке и внедрению услуг в сфере систем управления беспилотным движением.



Система трехмерной визуализация

Исследователями рассмотрено создание среды, в которой беспилотные летательные аппараты могут ежедневно работать безопасно и эффективно. Для облегчения исследований и организации беспилотного движения был создан цифровой двойник «Национального экспериментального коридора за пределами прямой видимости». Этот цифровой двойник служит виртуальной копией воздушного коридора и позволяет проводить искусственное тестирование концепций беспилотного управления дорожным движением.

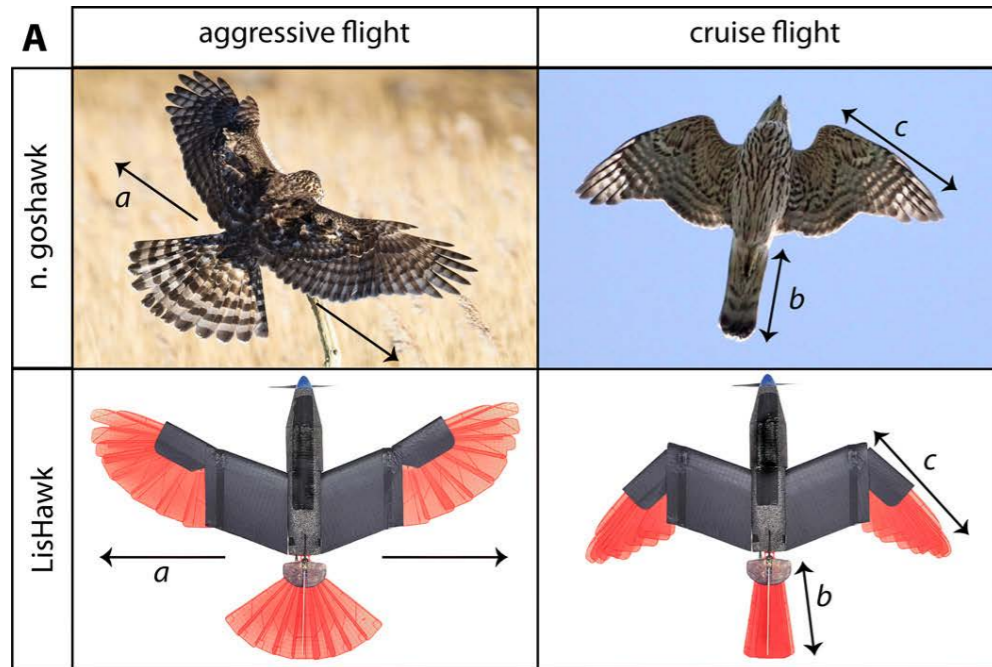
Реализация цифрового двойника включает в себя имитацию полетов и гибридные полеты с реальными дронами. Имитационные полеты позволяют тестировать и совершенствовать услуги беспилотного управления дорожным движением в контролируемой среде. Гибридные полеты предполагают интеграцию реальных дронов в воздушное пространство для оценки их производительности и совместимости с системами беспилотного управления дорожным движением. Используя возможности систем беспилотного управления дорожным движением и цифрового двойника для тестирования, проект «Воздушное пространство будущего» направлен на повышение безопасности и эффективности выполнения различных операций с использованием дронов. Экспериментальный коридор был разработан для моделирования и тестирования концепций, связанных с управлением беспилотным движением.

Настоящая работа подтверждает актуальность создания цифровых двойников в сфере беспилотия для дальнейшего формирования алгоритмов управления дронами, организации движения беспилотников.

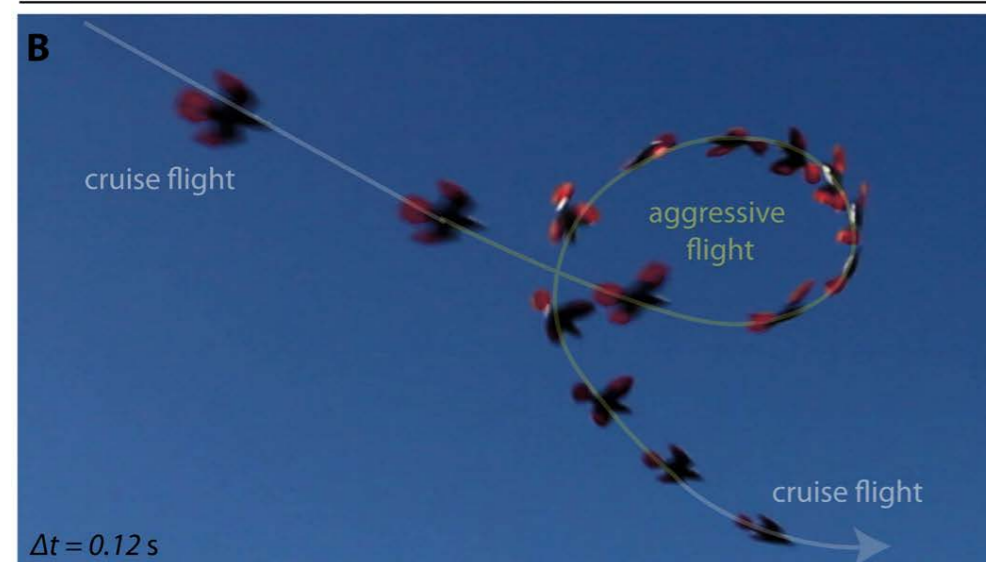
Источник: Toufik Souanef*, Saba Al-Rubaye, Antonios Tzourdos, Samuel Ayo and Dimitrios Panagiotakopoulos. Digital Twin Development for the Airspace of the Future // MDPI

4. Биоинспирированная трансформация дрона

Роль беспилотников с неподвижным крылом возрастает в сфере гражданского применения, например, в смягчении последствий стихийных бедствий, мониторинге окружающей среды, инспекции и доставке. Их аэродинамическая эффективность обеспечивает крейсерский полет с большой скоростью, что позволяет преодолевать большие расстояния с меньшими затратами энергии, чем у мультикоптеров той же массы. Тем не менее, дроны с неподвижным крылом имеют ряд сложностей, связанных с навигацией на пересеченных местностях участках с плотной застройкой.



	northern goshawk	LisHawk
wing span (<i>a</i>) (m)	0.89 - 1.22	1.05
tail length (<i>b</i>) (m)	0.20 - 0.27	0.24
wing chord (<i>c</i>) (m)	0.28 - 0.35	0.32

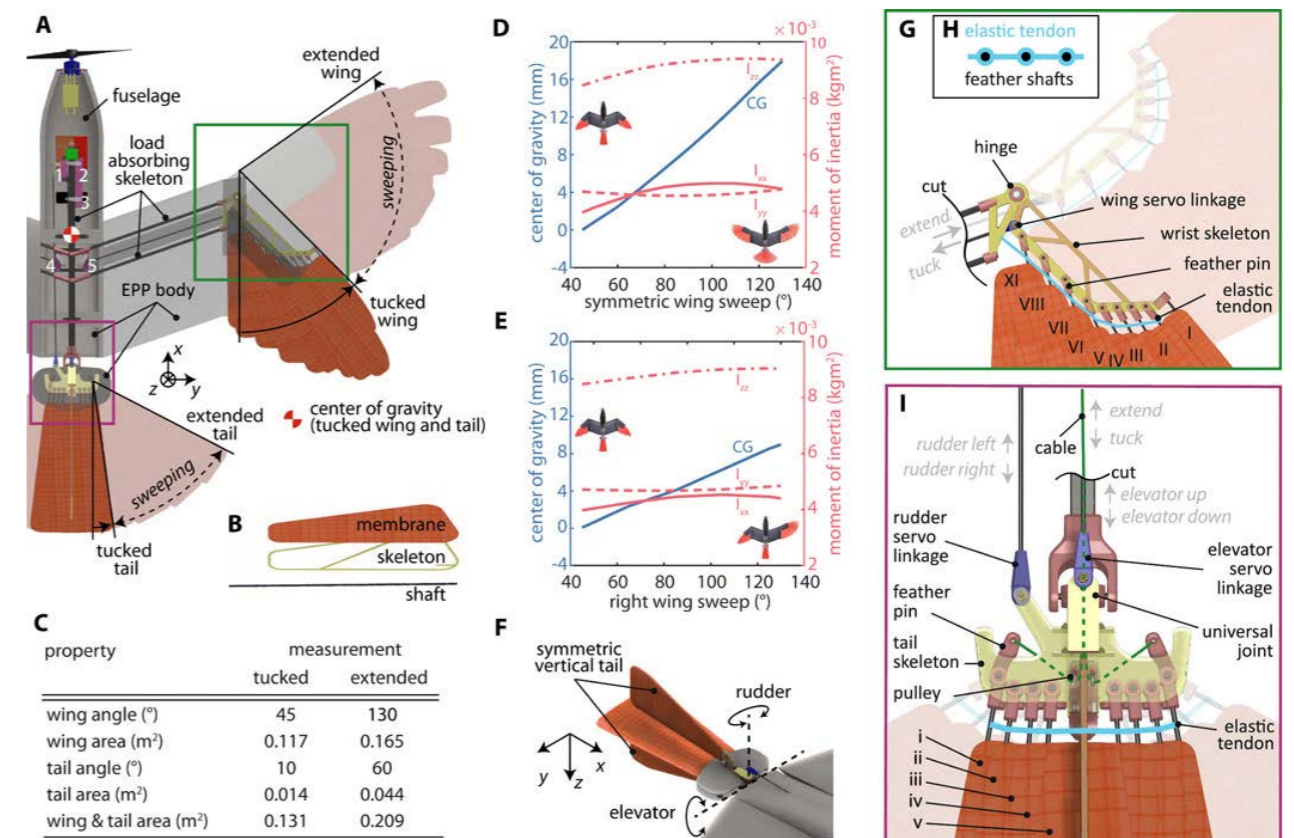


Изменение площади и формы крыла и хвоста дрона в стиле птичьего полета

Аэродинамические схемы крылатых дронов оптимизированы для конкретных режимов полета. Большие площади крыльев обеспечивают маневренность и управляемость, но приводят к большому потреблению электроэнергии и, следовательно, меньшей дальности полета при высокой скорости по сравнению с крыльями малой площади. Птицы, например, северный ястреб-тетеревятник, отвечают противоречивым аэродинамическим требованиям агрессивного полета в густых лесах и крейсерского полета с высокой скоростью на открытой местности за счет изменения площади и формы крыльев и хвоста. Такая стратегия морфинга и синергия двух морфинговых поверхностей могут заметно улучшить маневренность, управляемость, стабильность, диапазон скоростей полета и потребляемую мощность дрона в различных режимах полета. Концепт такого дрона вдохновлен птицами.

Исследования дрона, вдохновленного птицами, были проведены для различных конфигураций морфинга в тестах в аэродинамической трубе, оптимизации и летных испытаниях на открытых пространствах. Полученные результаты могут лечь в основу нового подхода проектирования дронов, вдохновленных птицами.

Чтобы охарактеризовать аэродинамические эффекты морфинга крыла и хвоста дрона, вдохновленного птицами, и проверить принципы проектирования роботизированной системы нового типа, был разработан беспилотник под кодовым названием LisHawk. Масса беспилотника составляет 284 грамма, максимальный размах крыла – 1,05 м. Для улучшения аэродинамических характеристик дрона было перенято не только птичье крыло, но и структура тела птицы, которое состоит из жестких, легких костей, поглощающих нагрузки, и аэродинамических поверхностей из мягкой плоти и перьев, обладающих малыми массой и моментом инерции. Каркас LisHawk выполнен из армированного волокном пластика, который обладает высокой прочностью при малом весе. Прочный, гибкий и легкий корпус из вспененного полипропилена содержит в себе каркас, защищая его от ударов. Авионика дрона (52% от общего веса дрона) размещена близко к центру тяжести дрона для уменьшения момента инерции. В отличие от ястреба-тетеревятника, создающего тягу, взмахивая крыльями, в дроне LisHawk использована традиционная винтомоторная группа. Такой конструктив позволил сосредоточить экспериментальную характеристику стратегии морфинга птиц на контроле меньшего количества степеней свободы, получая при этом более высокую эффективность движения при меньшей сложности системы.



Архитектура платформы морфинга дрона LisHawk

Результаты, полученные в результате экспериментов в аэродинамической трубе, исследований по оптимизации морфологии и летных испытаний, показали, что морфинг крыла и хвоста дрона, вдохновленный птицами, может значительно улучшить летные характеристики в различных режимах полета. В крейсерском полете потребляемая мощность должна быть небольшой для охвата больших территорий, что достигается переходом от развернутого к подогнутому крылу и оперению при скорости полета выше 7,8 м/с. Например, при потребляемой винтомоторной группой мощности 5 Вт, дрон с подогнутым крылом и хвостовым оперением может летать на 31,4% быстрее, чем дрон с удлиненными крылом и хвостовым оперением. Кроме того, при полете со скоростью 9,6 м/с, изменение конфигурации крыла и хвостового оперения с удлиненного на подогнутое приводит к снижению потребляемой мощности на 55,4%, что также указывает на заметное увеличение дальности полета. Примененная морфология также уменьшает открытую площадь крыла и увеличивает устойчивость дрона по тангажу. Это в свою очередь повышает устойчивость дрона к порывам ветра.

Много идей с точки зрения оптимизации беспилотников и создания новых конструкций лежат в природе. Биодизайн имеет большой интерес с точки зрения повышения эффективности беспилотников.

Источник: science.org/doi/10.1126/scirobotics.abc2897

5. БПЛА будут доставлять медикаменты с помощью 5G

Сингапурский оператор мобильной связи M1 объявляет о четырех предложениях в сфере 5G, ориентированных на морскую отрасль, включая услугу телемедицины, которая может отправлять медицинские принадлежности с помощью дронов с берега работникам на судне.

Доступные в виде пакетов услуги, которые охватывают такие устройства, как маршрутизаторы и носимые устройства, будут работать в автономной сети 5G сингапурского оператора мобильной связи. Запуск является частью усилий M1 по обеспечению покрытия южного побережья Сингапура и более широкой стратегической направленности на выявление новых источников дохода.

Многие из этих пакетов будут созданы с ключевыми партнерами, что поможет клиентам M1 извлечь выгоду из тесной интеграции с предварительно протестированными компонентами услуг. Оператор мобильной связи заявил, партнерские отношения также уменьшают необходимость для клиентов идентифицировать и закупать различные компоненты отдельно.

Например, в рамках своего предложения SMARTsafe M1 объединилась с компанией Fullerton Health для предоставления телемедицинских услуг работникам на борту судов в море. Приложение телемедицины Fullerton Health будет работать в сети 5G M1 и облегчать консультации с медицинскими работниками на берегу. При необходимости дроны могут быть использованы для отправки лекарств с берега пациенту на борту корабля.

Услуга будет доступна с июля 2023 года после того, как будут уточнены ключевые детали, включая соглашения о ценах и уровне обслуживания. В соответствии с текущим SLA телемедицины Fullerton Health, лекарство должно быть доставлено пациентам в течение трех часов с момента консультации. Дальнейшие исследования помогут определить, могут ли эти SLA быть выполнены при помощи грузоперевозок с беспилотниками. Также планируется проведение обзора существующих стандартных операционных процедур телемедицины, чтобы убедиться, что они могут быть применены в морской среде.

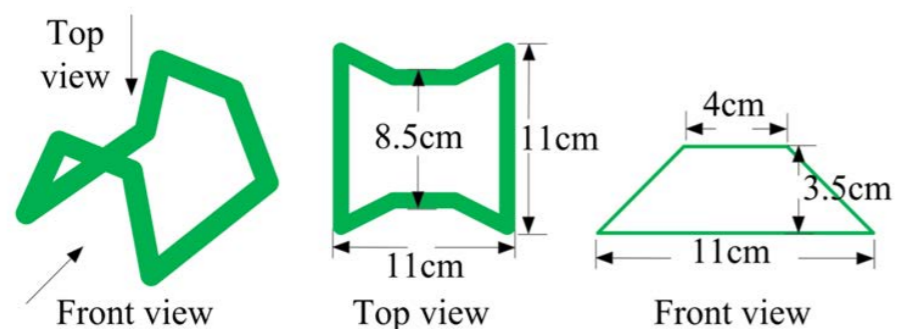
Системы связи играют одну из ключевых ролей в развитии беспилотия, а инновационные идеи не всегда завязаны на уровень развития материалов и технологий. В ПИШ «Моторы Будущего» на базе проектной команды по беспилотникам внедряются методы генерации и оценки новых идей с использованием искусственного интеллекта.



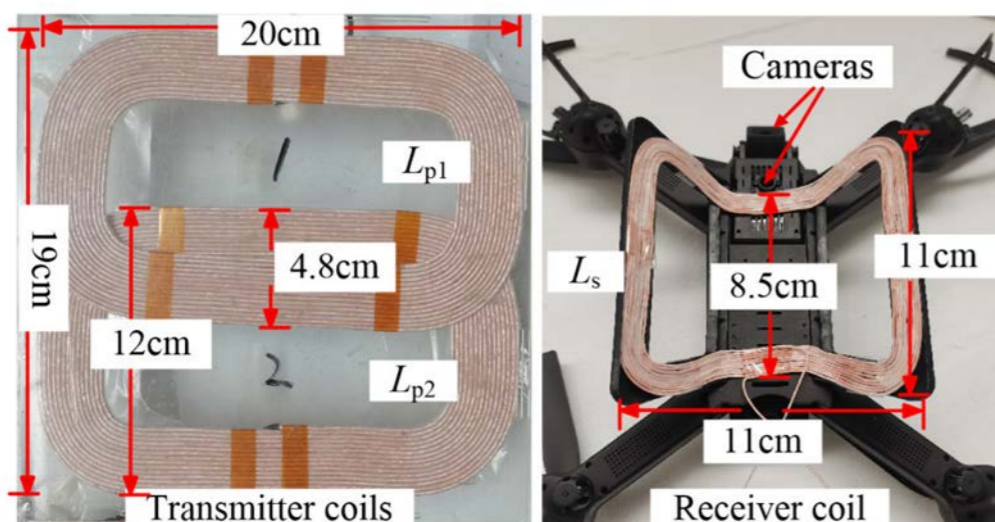
Источник: zdnet.com/article/drones-will-deliver-medical-supplies-through-this-pioneering-5g-service

6. Легкая беспроводная система передачи энергии для БПЛА

В данной статье авторами предложена система беспроводной передачи энергии (БПЭ) с квазиравномерной магнитной связью, обеспечивающая зарядку беспилотного летательного аппарата (БПЛА) постоянным током без вторичного управления с обратной связью. Традиционная проводная зарядка для БПЛА требует участия оператора в процессе зарядки аккумуляторов, имеет высокие массу и габариты. БПЭ как новый способ подачи энергии продемонстрировал большой потенциал для зарядки БПЛА, что обусловлено соображениями безопасности и автоматизацией процесса заряда аккумуляторов. Тем не менее, существует ряд проблем из-за особенностей конструкции БПЛА и требований к минимизации массы БПЛА. Авторами статьи предлагается зарядное устройство с легкой приемной катушкой и двойными передающими катушками для обеспечения беспроводной зарядки БПЛА. Проведен анализ теории передачи мощности и заряда аккумуляторов, а также разработана структура нового зарядного устройства. Построены имитационная модель и прототип, а также приведены результаты моделирования и экспериментальных исследований по проверке работоспособности предлагаемой системы зарядки БПЛА. В ходе эксперимента было установлено, что аккумуляторы мощностью 23,8 Вт*ч заряжаются за два часа. Особое внимание было уделено проектированию легкой и эффективной приемной катушки для беспроводной зарядки БПЛА.

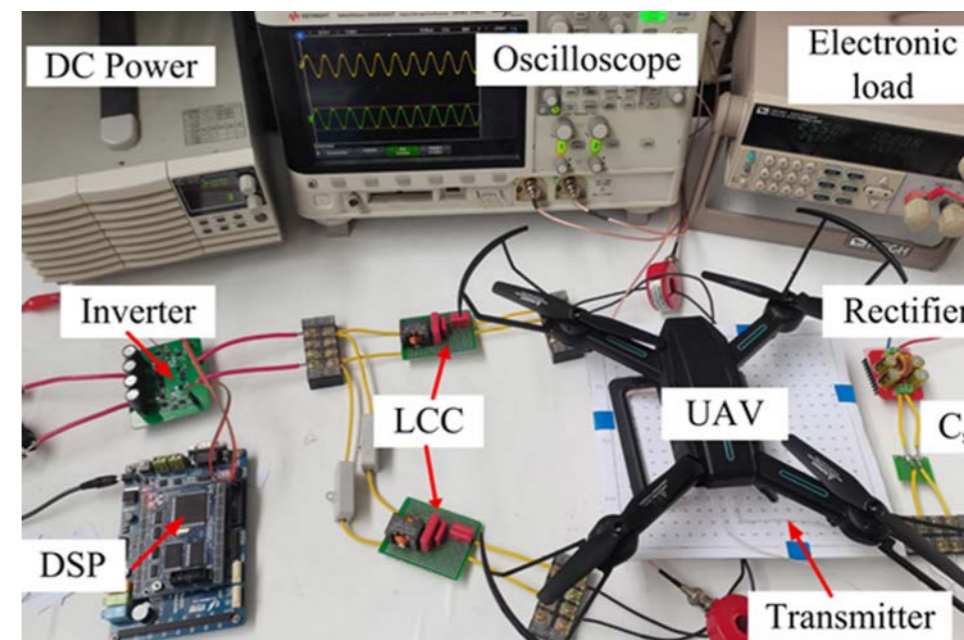


Эскиз приемной катушки индуктивности беспроводного зарядного устройства БПЛА

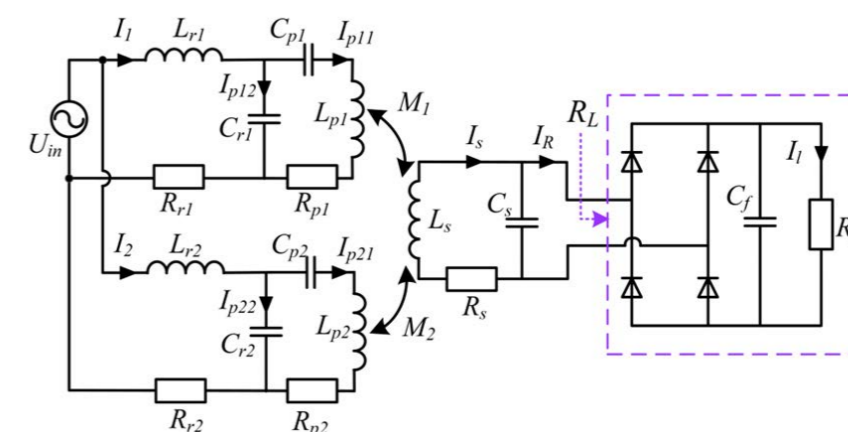


Внешний вид передающей и приемной катушек беспроводной зарядки БПЛА

Экспериментальные исследования системы беспроводной зарядки БПЛА проводились на специально экспериментальном стенде.



Экспериментальный стенд для исследования беспроводной зарядки БПЛА



Система автоматизированной беспроводной зарядки БПЛА

Беспроводное зарядное устройство позволяет снизить временные затраты на процесс заряда аккумуляторов БПЛА. Также создание высокоэффективных зарядных устройств позволяет создать инфраструктуру для будущего применения огромного количества беспилотников. Однако, реализация беспроводных зарядных устройств требует нового подхода к заряду аккумуляторных батарей БПЛА. В ПИШ «Моторы Будущего» начинаются работы по созданию умных аккумуляторов для беспилотников.

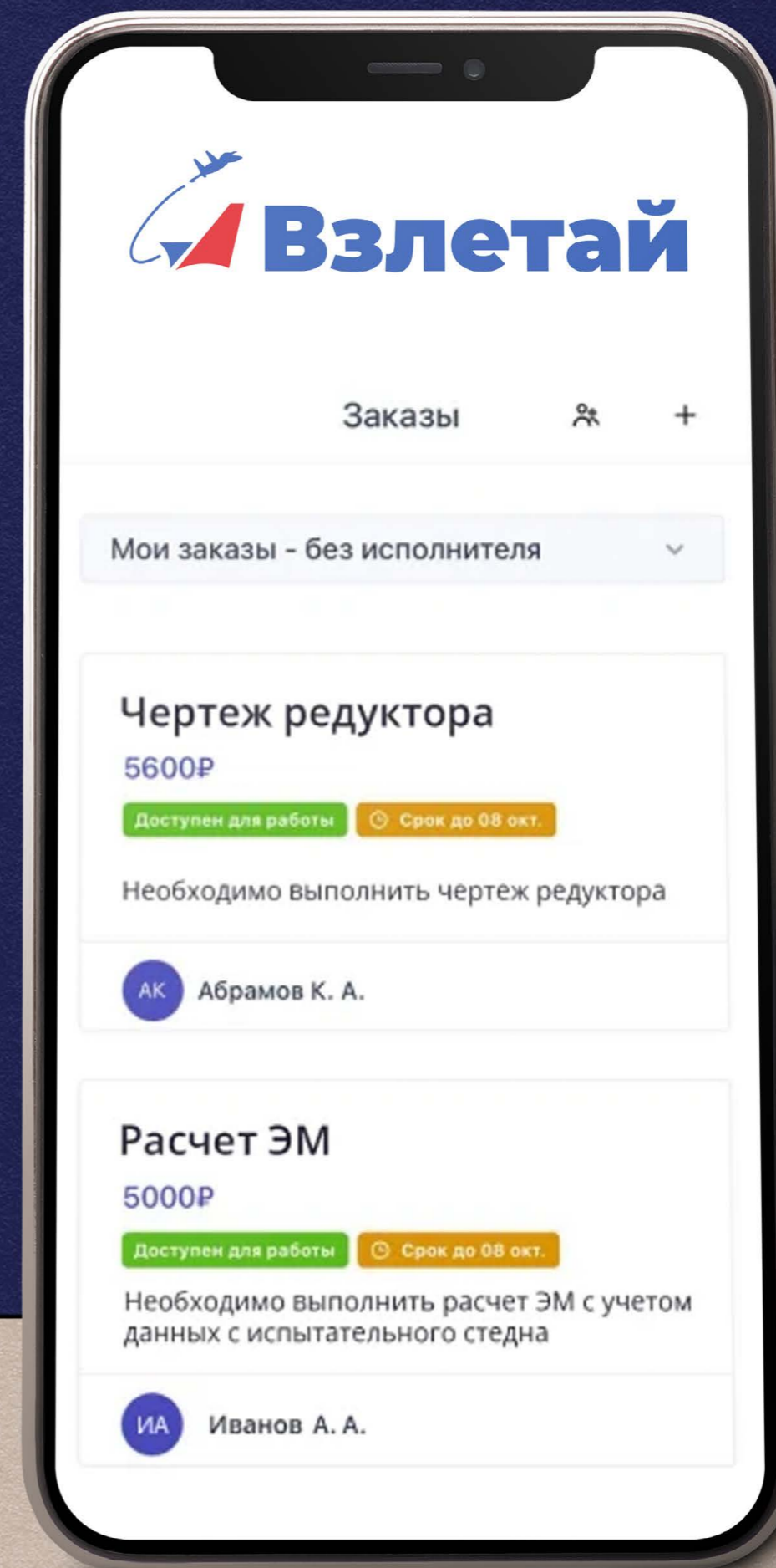
Источник: ieeexplore.ieee.org/document/10190121

С помощью приложения «Взлетай», студенты и сотрудники ПИШ «Моторы будущего» могут доступно и легко найти заказ (работу для выполнения) по своей специальности и решать реальные задачи предприятий в реальном времени!

Download on the
App Store



Available on the
Google Play





Передовая инженерная школа
Моторы Будущего

Строй своё будущее здесь и сейчас, своими руками
и своим интеллектом!

