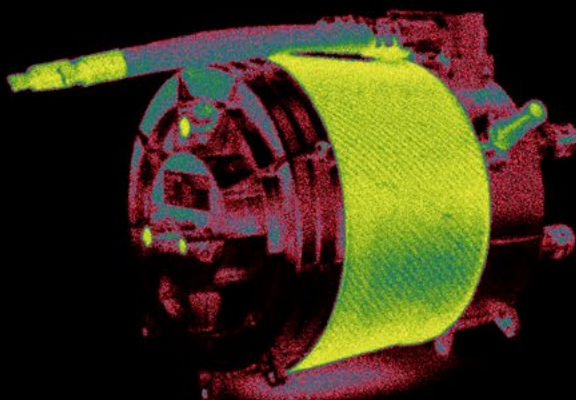
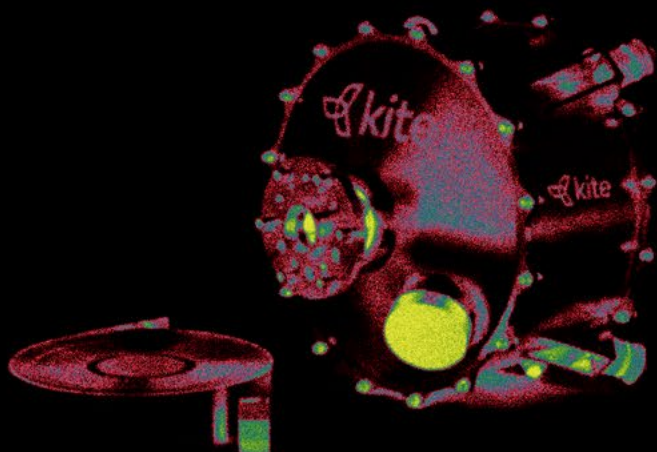
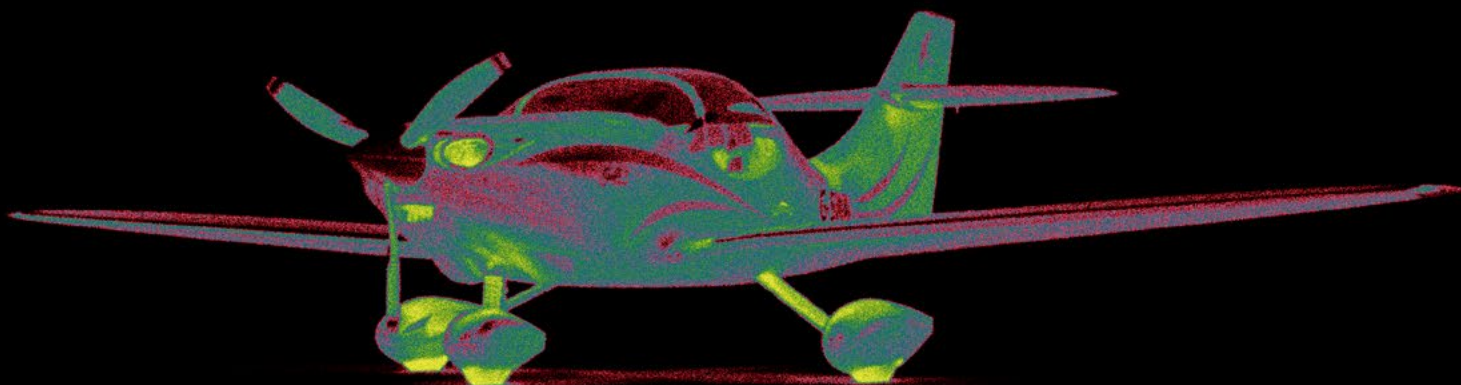
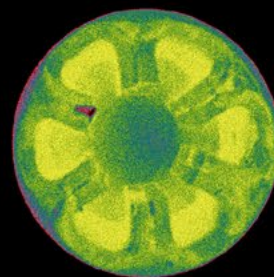
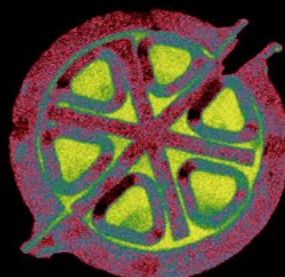
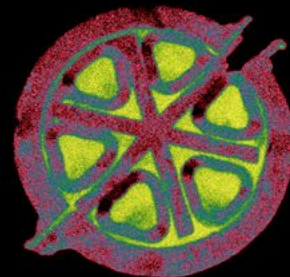
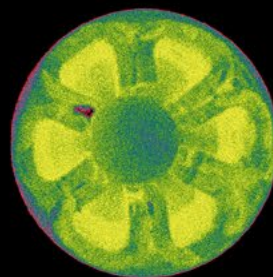


# ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

# 360°

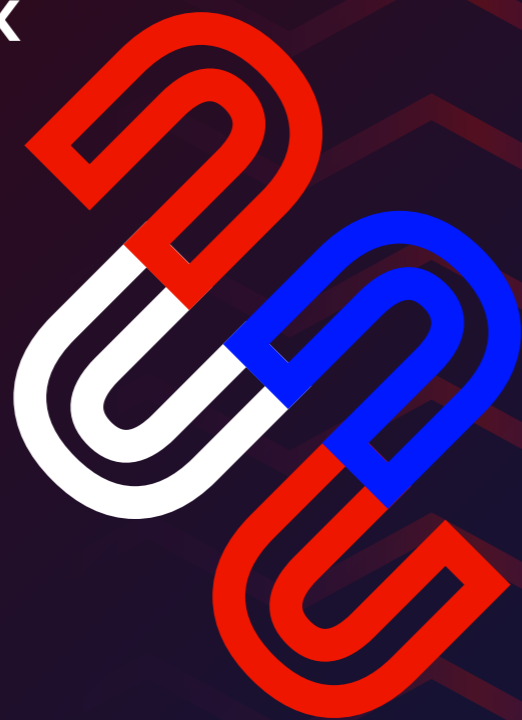
Апрель '23

- Новая силовая установка **Kite**
- Опыт УУиТ (УГАТУ) в исследованиях аморфной стали
- Новый электродвигатель с функцией гидрорегенерации
- Революция в системе охлаждения
- Flying Whales заключила контракт с Honeywell



# ПОСТОЯННЫЕ МАГНИТЫ

Полный цикл создания постоянных магнитов от закупок материалов до испытаний на собственных изделиях высококлассными опытными специалистами гарантирует **высокое качество и соответствие стандартам.**



По всем вопросам:  
**finman@uust.ru**

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

**14**  
стр. Проблемы электрической авиации: электрические изоляционные материалы

**18**  
стр. Безредукторный привод: его преимущества и энергоэффективность

**21**  
стр. Обзор достижений и направлений развития силовой электроники и систем управления, а также областей применения электронных устройств

**30**  
стр. Обзор текущего состояния исследований и разработок авиационных силовых установок в Европейском Союзе и США за апрель 2023 г.

**52**  
стр. Современные отечественные и мировые достижения в области разработки и применения беспилотных летательных аппаратов

Страницы



Содержание

# Современные мировые достижения в области разработки и применения электрических машин

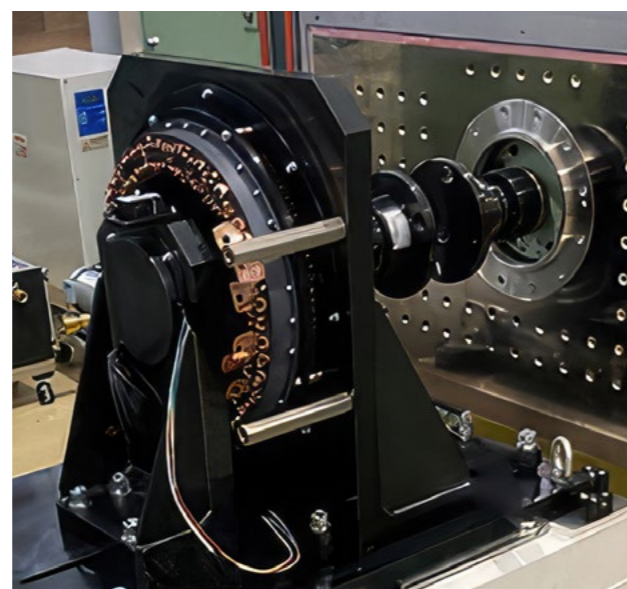
## Жеребцов Алексей Анатольевич

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

## 1. IHI: прототип мощного электродвигателя

Японская компания IHI в сотрудничестве с университетом префектуры Акита, университетом Акита и местными компаниями в префектуре Акита успешно разработала прототип электродвигателя мощностью 250 кВт для силовых установок самолетов. При выходной мощности 250 кВт двигатель имеет компактную конструкцию объем около 3 литров. IHI прогнозирует дальнейшее увеличение мощности до 1 МВт и возможность установки такого двигателя в электрическую гибридную силовую установку 200-местного пассажирского самолета среднего размера. Для повышения эффективности использования постоянных магнитов, достижения высокой производительности, уменьшения

габаритов и снижения веса в роторе применена магнитная сборка Хальбаха. Также для дальнейшего улучшения выходных характеристик усовершенствована технология изготовления обмоток.



Источник: [ihi.co.jp/en/all\\_news/2022/other/1198233\\_3498.html](http://ihi.co.jp/en/all_news/2022/other/1198233_3498.html)

## 2. Новая силовая установка Kite

Австралийская компания Kite Magnetics представила 120-киловаттную электрическую силовую установку, предназначенную для применения в электрической авиации. В двигателе используется запатентованный легкий магнитный материал AeroPerm, разработанный командой Университета Монаш. AeroPerm представляет собой нанокристаллический магнитомягкий материал, состоящий из кристаллов наноразмера в аморфной металлической матрице. По словам команды Kite, потери энергии в материале будут в 10 раз меньше, чем в существующих магнитных материалах, используемых в современных электрических устройствах.

В более долгосрочной перспективе Kite планирует масштабировать технологию для разработки и сертификации 650-киловаттной электрической силовой установки, которая могла бы заменить турбовинтовые двигатели на таких самолетах, как Cessna Grand Caravan. Kite также предусматривает интеграцию технологии «AeroPerm» с более крупными силовыми установками, использующими водородные топливные элементы, предназначенными для региональных авиалайнеров.

В прошлом году компания работала над двигателем мощностью 65 кВт меньшего размера, но предложения потенциальных клиентов побудили ее начать с более мощного агрегата. В нем говорится, что KM-120 имеет сравнимый вес с другими двигателями класса 60 кВт, уже представленными на рынке.



Источник: [futureflight.aero/news-article/2023-02-27/kite-unveils-lightweight-air-cooled-electric-propulsion-system](https://futureflight.aero/news-article/2023-02-27/kite-unveils-lightweight-air-cooled-electric-propulsion-system)

## 3. Опыт УУНиТ в исследованиях аморфной стали

Уфимский университет науки и технологий (ранее – УГАТУ) также имеет опыт в исследованиях применения аморфного железа с 2014 года. С того времени опубликован цикл статей, включающий в себя применение аморфного железа в качестве основы магнитопровода статора вращающихся электрических машин (в том числе и сверхвысокоскоростных) и трансформаторно-выпрямительных устройств. Исследованы различные конструкции с различными конструктивными данными.



### Результаты исследований:

- разработана и реализована новая конструктивная схема магнитопровода статора из аморфного железа;
- магнитопровод из аморфного железа для вращающихся электрических машин чувствителен к вибрационным нагрузкам. Целесообразно такой магнитопровод выполнять в пластиковом контейнере и заливать компаундом;
- потери в аморфном магнитопроводе во много раз меньше потерь в магнитопроводе с классическими электротехническими сталями;
- нет общей эффективной топологии конструкции. Каждая задача и требования к ней накладывают индивидуальные особенности на разработку конструкции;
- отработан подход к моделированию электрических машин с аморфным железом. Результаты численных расчетов соотносятся с результатами экспериментальных исследований.



## 4. Новый электродвигатель с функцией гидрорегенерации

Новый лодочный привод Oceanvolt ServoProp имеет функцию генерации, которая эффективно заряжает электрические батареи лодки во время плавания. Многие считают, что парусные лодки приводятся в движение исключительно за счет работы ветра. Это верно лишь отчасти – для парусников небольшого размера. Для парусников большого размера используется мотор, который помогает маневрировать в порту или двигаться в безветренную погоду.

Saildrive – это инновационная силовая установка, обычно встречающаяся на современных парусниках, интегрированная в корпус судна и состоит из двигателя, установленного непосредственно над приводной опорой, проходящей через корпус, и гребного винта на нижнем конце опоры. Такая конфигурация не только снижает вибрации и шум, но и минимизирует сложность установки и обслуживания.

Преимуществом таких электрических машин является гидрорегенерация – возможность зарядки аккумуляторных батарей на борту судна. Во время движения под силой ветра, набегающий поток воды приводит в движение гребной винт, который в свою очередь передает вращение валу электрической машины, работающей в режиме генератора.

Новейший HighPower ServoProp 25 – самая мощная модель в линейке компании, способная генерировать 5 кВт энергии при движении со скоростью около 10 узлов. По словам компании, будущие обновления программного обеспечения, позволят ему вырабатывать еще большую мощность с большей эффективностью.

В двигательном режиме может непрерывно выдавать 25 кВт, при пиковой номинальной мощности 30 кВт в течение 15 минут. Согласно заявлениям Oceanvolt, номинальная мощность 25 кВт аналогична по производительности приводу двигателя внутреннего сгорания мощностью 75 кВт.

Мгновенный крутящий момент и сила тяги в 5000 Н являются основными преимуществами электрической установки. Привод Saildrive весом 190 кг подходит для лодок длиной до 32 м и весом до 25 тонн.



Пример лопастей переменного шага ServoProp 15 компании Oceanvolt

## 5. Оптимизация сверхпроводящего двигателя

Опубликована работа китайских ученых, посвященная предварительной оптимизации конструкции сверхпроводящего двигателя на основе сверхпроводящих магнитов типа DUDA (disk-up-down-assembly – аналогично катушке Биттера, состоит из множества ВТСП дисков, разрезанных по радиусу. Диски чередуются с дискообразными диэлектрическими прокладками, формируя двойную спираль.) в сборке Хальбаха. Такое конструктивное исполнение привлекает возможностью получения высокого магнитного поля и сверхкомпактностью сверхпроводящих двигателей.

Проведено предварительное исследование двух комплектов 4-слойных сверхпроводящих магнитов типа DUDA. Предложен способ изготовления магнитов типа DUDA с соединением внахлестку, после чего изготовленные магниты были испытаны в жидком азоте. Были рассчитаны контактное сопротивление и критический ток на каждом стыке, а также измерено распределение магнитного поля магнитов. Магнитные поля магнитов также были верифицированы с помощью моделирования, а затем магниты были увеличены в размерах, чтобы обеспечить необходимое по величине магнитное поле для двигателя.

Было показано, что магниты DUDA могут генерировать постоянное магнитное поле выше 1,1 Тл вдоль оси без использования железных материалов. На основе анализа электромагнитных характеристик параметры электрической машины были оптимизированы с использованием различных комбинаций числа полюсов и пазов для получения более высокой эффективности и удельной мощности. Для расчета КПД с помощью конечно-элементной модели в Comsol были оценены потери на переменном токе сверхпроводящих магнитов DUDA. Путем изменения типа пазов и конфигурации обмотки получен оптимизированный двигатель, который способен достичь удельной мощности 11,55 кВт/кг с КПД 98% при 30 К.

Источник: [iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6668/acc822/meta](http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6668/acc822/meta)

## 6. Двухроторная электрическая машина с ВТСП-обмотками

Опубликована работа американских ученых (коллектив авторов из инженерной школы Баскина, Scintillating Solutions LLC и исследовательской лаборатории ВВС США) посвященная разработке двухроторной электрической машины с высокотемпературными сверхпроводящими обмотками.

Рассматривается конструкция мощностью 1 МВт с 20 полюсами и 15 пазами. Предлагаемый двигатель имеет статор без металлического магнитопровода. Для проводников якоря используется алюминиевый многожильный провод, а для катушек возбуждения используется высокотемпературный сверхпроводящий материал YBCO. Обмотка якоря и катушки возбуждения работают при 95К и 65К соответственно. Удельная мощность активной части, включая роторы, обмотки якоря и катушки возбуждения, составляет 29,3 кВт/кг. Общая удельная мощность составляет 18,5 кВт/кг. Эффективность может достигать значений выше 98,7%.

Источник: [ieeexplore.ieee.org/document/10106410](http://ieeexplore.ieee.org/document/10106410)

## 7. Исследования ВТСП-магнитов для полета в космос

В раннем доступе появилась работа китайских ученых (коллектив авторов из научно-исследовательского института информационных технологий при Университете Цинхуа и института магнитной левитации и электромагнитного движения Китайской корпорации аэрокосмической науки и промышленности), посвященная экспериментальным исследованиям ВТСП-магнита для линейных синхронных двигателей. Исследование проводится в рамках развития концепции космического электромагнитного запуска, где на земле для разгона ракеты-носителя до сверхзвуковой скорости используется технология электромагнитного движения. Особенностью охлаждения является использование твердого азота в качестве хладагента. В работе проведены статические и динамические испытания, включая испытания на охлаждение, испытания на возбуждение, испытания на выключенный криоохладитель и электромагнитные вибрационные тесты. Результаты статических испытаний показывают, что магнит можно охладить до температуры ниже 27 К и возбудить током до 246 А. Результаты динамических испытаний показывают, что магнит может выдерживать вибрацию до 11,14g (среднеквадратическое значение) без снижения параметров и структурных повреждений.

Источник: [ieeexplore.ieee.org/document/10109758](http://ieeexplore.ieee.org/document/10109758)

## 8. Линейные ВТСП двигатели для высокодинамичных применений

Опубликована работа нидерландского коллектива ученых кафедры электротехники Эйндховенского технологического университета, посвященная исследованию ВТСП линейных двигателей для высокодинамичных применений. Рассматриваются 2 топологии двухстороннего ВТСП линейного двигателя без сердечника. Первая конструкция представляет из себя двигатель с подвижным магнитом (ДПМ) – набор трехфазных коммутируемых ВТСП катушек в статоре с постоянными магнитами в движителе. Вторая конструкция представляет из себя двигатель с подвижной катушкой (ДПК) – набор ВТСП-катушек постоянного тока в статоре с трехфазными коммутируемыми обычными катушками в движителе. Принят двухэтапный процесс проектирования, при котором потери от вихревых токов в ВТСП катушках не нарушают требования к входной мощности для криогенной системы охлаждения. Используя гомогенизированную формулировку T-A (основанную на векторном потенциале тока (T) и магнитном векторном потенциале (A)), для определения этих потерь разработана быстродействующая в вычислительном отношении двумерная модель двигателя для проведения расчетов методом конечных элементов (МКЭ). Полуаналитически рассчитана сила, создаваемая двигателем. Затем ДПК с ВТСП обмотками оптимизируется до минимального объема. ДПМ с такой же плотностью силы разработан на основе оптимальной конструкции ДПК. Оптимизированные двигатели далее анализируются с помощью МКЭ на предмет потерь при высокодинамичном движении. Результаты показывают, что топология ДПК может уменьшить объем двигателя в 10 раз по сравнению с обычными линейными двигателями с постоянными магнитами. ДПК обеспечивает необходимое усилие в том же объеме со значительно меньшими потерями, чем ДПМ.

Источник: [ieeexplore.ieee.org/document/10083268](http://ieeexplore.ieee.org/document/10083268)

## 9. Исследования ВТСП машин методом самоорганизации

Опубликована работа японского коллектива ученых кафедры электротехники Высшей инженерной школы Киотского университета, посвященная расчету и анализу производительности асинхронного/синхронного ВТСП двигателя методом самоорганизации для получения уникальной конструкции статора. Метод основан на модели линейного тока с приблизительно идеальным синусоидальным распределением магнитного поля в воздушном зазоре. В этом методе площадь поперечного сечения обмоток увеличивается до получения модели с реалистичной плотностью тока при соответствующих ограничениях. В модели каждый паз имеет трехфазные обмотки с разными площадями, представляющими разное количество витков. Ширина и высота пазов различны для каждого полюса и фазы. Результаты показали, что такой метод проектирования значительно подавляет пульсации крутящего момента двигателя и уменьшает гармоники высокого порядка. Полученные обмотки эквивалентны конфигурации с коротким шагом, которые создают более синусоидальное распределение индукции в воздушном зазоре, чем обмотки обычной конструкции.

Источник: [ieeexplore.ieee.org/document/10104133](http://ieeexplore.ieee.org/document/10104133)

## 11. Двухроторная синхронная машина с ВТСП магнитами и ПМ

Опубликована работа японского коллектива ученых кафедры электротехники Высшей инженерной школы Киотского университета с разработкой отказоустойчивого двухроторного гибридного синхронного двигателя с переменным магнитным потоком. Основным отличием является использование последовательно соединенных постоянных магнитов и ВТСП магнитов в качестве источников магнитного потока ротора. Они располагаются на разных роторах и постоянно возбуждаются друг от друга через прорези якоря, что улучшает выходные характеристики ЭМ. Во-первых, такая топология позволяет избежать серьезных аварий при потере сверхпроводимости магнита. При нормальной работе роторы ПМ и ВТСП могут создавать большой суммарный электромагнитный момент. Если ВТСП магниты повреждаются из-за перегрева или механических ударов, ЭМ все еще может использовать ротор с ПМ для создания постоянного крутящего момента. Во-вторых, поскольку слишком сильное поле ротора ограничивает скорость, изменяемая индукция от ВТСП магнита позволяет более полно использовать напряжение для расширения диапазона скорости и повышения плотности мощности. Более того, основная магнитная цепь двигателя значительно изменяется при различных рабочих состояниях, что подробно анализируется теоретически.

Источник: [ieeexplore.ieee.org/document/10087328](http://ieeexplore.ieee.org/document/10087328)

## 10. ВТСП Хальбаха для 40 МВт судового силового двигателя

Опубликована работа корейского коллектива ученых кафедры электротехники и вычислительной техники Сеульского национального университета, посвященная исследованию ВТСП сборки Хальбаха для судового силового двигателя мощностью 40 МВт. Для улучшения характеристик двигателя ВТСП-катушки возбуждения размещены на роторе в виде сборки Хальбаха. Проведено исследование структуры на двух различных типах двигателей: двигатель с внутренним ротором (HIFM) и двигатель с внешним ротором (HOFM). Конструкция катушек возбуждения была оптимизирована с помощью генетического алгоритма NSGA-II. Наиболее оптимальные модели выбраны для дальнейшего исследования. Проведено сравнение с эталонными двигателями с обычной катушкой возбуждения. Обе конструкции показали увеличение потока в воздушном зазоре на 7%. Поскольку экранирующий эффект сборки Хальбаха в HOFM снизил на 70% вес железного экрана, HOFM показал сопоставимый вес по сравнению с обычным двигателем с катушкой возбуждения на внутреннем роторе. Это позволяет преодолеть проблему низкой удельной мощности двигателя с внешним ротором.

Источник: [ieeexplore.ieee.org/document/10044969](http://ieeexplore.ieee.org/document/10044969)

## 12. ВТСП двигатель при комнатной температуре

Опубликована работа японских ученых (коллектив авторов из кафедры электротехники Высшей инженерной школы Киотского университета, кафедры электротехники Высшей школы информатики и электротехники Университета Кюсю и IMRA Japan Co., Ltd.), в которой исследуются характеристики ВТСП асинхронного/синхронного двигателя класса 50 кВт в сверхпроводящем и несверхпроводящем состояниях. Сначала прототип двигателя помещается в жидкий азот и получают наибольший КПД. Затем постепенно жидкий азот удаляется из двигателя при частичной нагрузке (10 кВт). Показано, что непрерывная работа при такой мощности возможна даже при температуре выше 130 К. Коллективу удалось добиться работы при 11% от номинальной мощности даже при комнатной температуре. В результате ВТСП двигатель может работать с пониженной мощностью даже при отказе или выходе из строя системы охлаждения.

Источник: [ieeexplore.ieee.org/document/10021885](http://ieeexplore.ieee.org/document/10021885)

## 13. Двигатель для легкого электрического самолета

Опубликована работа польских ученых (коллектив авторов из Центра электрических приводов и машин Исследовательской сети Лукасевича и Artus Aircraft Sp.), в которой рассматривается тяговый двигатель мощностью 90 кВт при частоте вращения 3500 об/мин и массой 18 кг. В статье проведен анализ наиболее важных вопросов на этапе проектирования двигателя, физической модели и результатов лабораторных испытаний. Основное внимание было уделено разработке двигателя, отвечающего основным конструктивным требованиям, прежде всего, по ограничению массы. С этой целью проанализированы типы двигателей, комбинации пазов/полюсов, тип постоянных магнитов, тип листов в сердечнике статора и вопросы снижения потерь в роторе. Представлен прочностной анализ основных механических элементов.

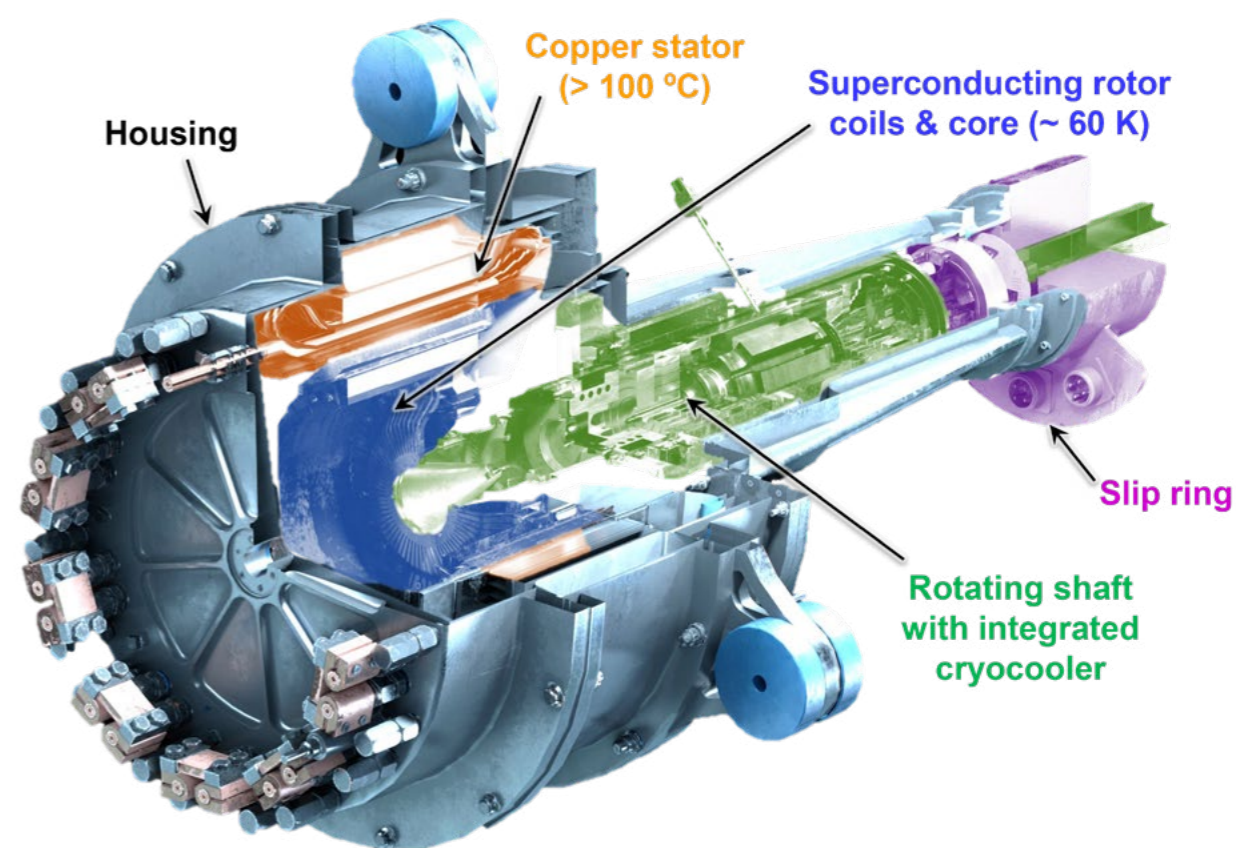
Источник: [ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10110934](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10110934)

## 14. Сверхпроводящая машина мощностью 1,4 МВт от NASA

Опубликована работа NASA, посвященная оптимизации электромагнитной конструкции частично сверхпроводящей машины мощностью 1,4 МВт. Оптимизация основана на 2D-моделировании МКЭ электромагнитных процессов, прогнозировании критического тока сверхпроводящих катушек и геометрических соотношениях, которые проектируют сверхпроводящие катушки на основе зависимых переменных, ограничивая общую стоимость сверхпроводника. Процесс проектирования завершается:

- 1) трехмерным электромагнитным моделированием для улучшения прогнозирования крутящего момента и оценки рассеяния магнитного потока;
- 2) уточнением ширины сверхпроводника для каждой отдельной катушки;
- 3) оценки гармоник тока статора, создаваемых инвертором, по потерям на вихревые токи в роторе.

Источники:  
[ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10105440](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10105440)  
[ntrs.nasa.gov/api/citations/20220015722/downloads/2022%20ASC%20-%20HEMM%20Design%20Method%20-%20v1.pdf](https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20220015722/downloads/2022%20ASC%20-%20HEMM%20Design%20Method%20-%20v1.pdf)



Сверхпроводящая машина NASA мощностью 1,4 МВт

# Проблемы электрической авиации:

## электрические изоляционные материалы

**Пронин Егор Андреевич**

*Инженер ПИШ «Моторы Будущего»*

**В** последние несколько десятилетий различными исследовательскими группами проведено множество обширных исследований, посвященных электрификации коммерческих самолетов. Основная цель этих исследований – добиться того, чтобы удельная мощность электрических самолетов (концепции более электрических самолетов (БЭС) и полностью электрических самолетов (ПЭС)) *приблизилась к значениям самолетов с традиционными неэлектрическими системами*. В настоящее время в современных коммерческих самолетах используется напряжение до 1 кВ, тогда как для полноценной реализации электрических коммерческих самолетов рассматриваются более высокие напряжения. Например, NASA для БЭС рассматривает уровень напряжения не менее 6 кВ, а для будущих электрических самолетов это значение может достигать 20 кВ. Повышение напряжения сулит не только выигрышем в удельных выходных показателях авиационных систем, но также новым большим количеством проблем, над решением которых уже трудятся различные исследовательские коллективы. В интересы исследований входят электрические изоляционные материалы и проблемы их использования в электрической авиации.

Электрические изоляционные материалы являются неотъемлемой частью различных систем электрического самолета. Их применяют в электрических машинах, силовых кабелях и силовой электронике. Без надежной и долговременной работы изоляции невозможна работа электротехнических устройств. Использование электрических изоляционных материалов в электрической авиации сопряжено с рядом проблем, которые делают проектирование авиационных электротехнических устройств сложным и трудным процессом. Основные проблемы авиационных электрических изоляционных материалов можно поделить *на сложности, вызванные суровыми эксплуатационными условиями, и на сложности, вызванные использованием высокого напряжения*. Проблемы являются взаимосвязанными, поэтому при проектировании необходимо учитывать их совместное влияние на работоспособность изоляции.

Изначально рассмотрим эксплуатационные условия. При рассмотрении цикла «взлет-полет-посадка» электрическая изоляция работает в широком диапазоне давлений, температур и влажности. Помимо этого, изоляция испытывает вибрационные нагрузки и подвергается истиранию. Также отмечается воздействие микрогравитации и подвержено излучению плазмы. Каждый из указанных факторов вносит свой вклад в ускорение старения электрической изоляции, а также усиление других негативных явлений, которые вызваны особенностью высоковольтных конструкций.

При низких давлениях сопротивление изоляции частичному разряду (явление, возникающее в высоковольтных системах) резко падает при низких

давлениях. При низком давлении и высокой температуре наблюдается наибольшее электрическое напряжение. Влажность в первую очередь опасна тем, что она ускоряет электрическое и тепловое старение и сокращает сроки службы изоляции. Но также стоит учитывать то, что большие токи утечек могут привести к испарению влаги с поверхности изоляции и образованию сухих пятен. Напряжение в этой сухой области приводит к возникновению небольших поверхностных разрядов, создающих сильно локализованные температуры порядка 1000 °С. Высокая температура вызывает термическую деградацию используемого изоляционного материала. При микрогравитации нагретые молекулы воздуха остаются инертными, что не препятствует эффективному охлаждению и может привести к более серьезным повреждениям. Вибрации на борту могут привести к механическим повреждениям изоляции. Влияние плазмы слабо изучено, однако оно также выделяется как одно из воздействий на изоляцию.

Другие проблемы вызваны повышением электрического напряжения. Увеличение напряжения на борту необратимо приводит к повышению требований к изоляции. Например, если рассматривается напряжение до 20 кВ, то система изоляции оценочно должна выдерживать около 41 кВ. Необходимо отметить возникновение явления частичного разряда в высоковольтных системах. Частичные разряды – локальные электрические разряды, которые шунтирует только часть изоляции в электроизоляционной системе. При длительности обычно максимум несколько десятков наносекунд могут привести к необратимым последствиям для работоспособности изоляции. В западной терминологии иногда встречаются под выражением «тихие убийцы», являются причиной прогрессирующего старения изоляционного материала. *Во время проектирования уже давно используются кривые Пашена, однако их использование не позволяет решить всех проблем, встречающихся в авиационной области применения изоляции*. Окружающая среда в авиации оказывает прямой эффект на частичные разряды. Например, с увеличением высоты полета и уменьшением окружающего давления резко падает удельное сопротивление изоляции к частичным разрядам. Частичные разряды становятся серьезной проблемой в электрической авиации, потому что их вероятность увеличивается за счет суровой окружающей среды и использования полупроводников с широкой запрещенной зоной, которые могут создавать высокочастотные быстро нарастающие импульсы напряжения, которые могут ускорить устаревание изоляции из-за частичных разрядов.

Для решения проблем отдельно изучаются влияния различных факторов на изоляцию. В том числе рассматривается применение изоляции именно в электрических машинах, силовой электронике и силовых кабелях. Обособленно рассматриваются криогенные системы. Также поднимаются вопросы тестирования авиационной изоляции и составление новых стандартов.

В электрических машинах рассматриваются различные аспекты проектирования и ограничения конструкций. Рассматривается влияние как окружающей среды, так и проблем, присущих высоковольтным системам. Изучаются различные конфигурации обмоток и применение различных материалов. Выделяется необходимость развития систем диагностики состояния изоляции. Отдельно рассматривается температурный режим работы изоляционных материалов. Разрабатываются экспериментальные стенды, позволяющие оценить влияние различных факторов на изоляцию электрических машин.

В настоящее время широко рассматриваются различные материалы в качестве основы для изоляции, которые имеют напряжения пробоя в несколько десятков кВ. Например, современный кабель производства GORE, в котором используется композитная изоляция PTFE-PTFE толщиной 1,36 мм, обычно имеет напряжение пробоя 39 кВ. Однако при заключении кабеля в фторопластовую оболочку напряжение пробоя падает до 29 кВ.

Недавно была разработана новая технология под названием микромногослойная многофункциональная электроизоляция для



удовлетворения условий высокого напряжения, высокой мощности и высокой температуры при одновременном снижении массы. Основным стимулом для разработки этой технологии послужило достижение более высоких напряжений пробоя, однако оно имеет достоинство в виде функциональности: имеет защиту против коронного напряжения и влаги, экран электромагнитной интерференции, слой рассеивания тепла и механическую прочность. Недавнее усовершенствование этой технологии привело к увеличению диэлектрического пробоя на 91 % по сравнению с изоляцией из полиимида – это приводит к уменьшению толщины изоляции примерно на 50%. Эта технология также превосходит по своим характеристикам изоляционные системы, такие как Тефлон-Каптон-Тефлон. При толщине изоляции 0,38 мм отдельные слои полиимида и перфторалкоксидного полимера дают напряжение пробоя 29 кВ и 27 кВ соответственно. С другой стороны, для микромногослойной многофункциональной изоляции с тремя слоями (5\*КВФ/5\*РФА/5\*КВФ) и 19 слоев (0,5\*НРР/1\*РФА-]9/0,5\*НРР) будет равно 38 и 46 кВ соответственно. В целом, исследования показали, что для максимального улучшения толщина структуры должна быть не менее 0,15 мм, при этом общая структура должна образовывать большее количество более тонких слоев, а также большое внимание должно быть уделено связующему слою. Рассматривается большое потенциальное количество сфер применения от силовых кабелей до печатных плат.

Для повышения безопасности и долговечности электрической изоляции были внедрены самовосстанавливающиеся изоляционные материалы, такие как полиимид-силоксан и полиэтилен-со-метакриловая кислота (Surlyn), однако для них необходимо добиться увеличения диэлектрической прочности. Для примера: Surlyn потенциально способен самовосстанавливаться после пробоя, но его средняя диэлектрическая прочность более чем на 10% ниже, чем у полиимида. Свойство самовосстановления наиболее эффективно, когда пробой вызывает локальное расплавление. Восстановление не наблюдается после термической деградации, оно также ограничено после обугливания повреждений.

Как и в случае электрических машин, для кабелей рассматриваются всевозможные эксплуатационные условия и влияния различных факторов на надежность и работоспособность.

Среди силовых преобразователей особое внимание уделяется влиянию полупроводников с широкой запрещенной зоной на характеристики изоляции. Высокочастотный выброс с высокой скоростью нарастания ставит под угрозу надежную работу системы изоляции. Ситуация усугубляется факторами наружной окружающей среды, потому что они ослабляют изоляцию. Поднимаются вопросы охлаждения силовых модулей.

Также рассматривается криогенное оборудование. Использование криогенного оборудования в определенных условиях может оказать положительное влияние на изоляционные свойства. Рассматривается работа криогенной системы при давлении равном или большему по сравнению с наземным. Увеличение давления снижает риски развития частичного разряда. Активно рассматривается использование высокотемпературных сверхпроводников. Поиск изоляционных материалов для криогенного оборудования – отдельная проблема сверхпроводниковой технологии. Рассматриваются различные среды и их состояния (жидкое, газообразное). В случае композитных изоляций слабым местом являются стыковые зазоры лент, заполненных криогенной жидкостью. Острые края электродов также являются потенциальными местами распространения разряда из-за высокой напряженности электрического поля. В сверхпроводящей катушке важную роль в диэлектрической прочности оборудования играют стыковые зазоры, заполненные жидкостью. В закалочном состоянии, когда происходит внезапный переход из сверхпроводящего состояния в несверхпроводящее, резистивная зона в сверхпроводящем проводе расширяется и приводит к образованию горячей точки. Пузырьки, образовавшиеся после испарения, подвергаются сильному электрическому полю и вызывают частичный

разряд. Затем частичный разряд усугубляет ситуацию за счет дальнейшего испарения жидкости и образования еще большего количества пузырьков. Поэтому наихудшим сценарием может быть полное испарение криогенной жидкости. При образовании пузырьков диэлектрическая прочность может существенно снизиться. Стоит отметить, что поперечное сечение кабелей может быть хорошим индикатором опасных областей и полостей. В то время как полимерные диэлектрики в чистом виде могут страдать от низкой теплопроводности и потери механической прочности при криогенных температурах, полимерные композиты и нанодиэлектрики обладают многообещающими свойствами для работы в криогенных средах.

Отдельно выделяются вопросы тестирования авиационных электрических изоляционных систем и формирования новых стандартов изоляции. Как описано выше, электрическая изоляция на борту самолета подвержена множеству воздействий, которые напрямую влияют на ее характеристики. Существующие стандарты и требования к тестам не охватывают проблемы, присущие авиационной отрасли. Частично этот вопрос решается использованием морских стандартов. Появляются стандарты для гибридно-силовых и электрических установок. Однако они также недостаточны для покрытия всех авиационных нужд. В новой документации особенно важно сделать акцент на все особенности авиационной отрасли, начиная от условий наружной окружающей среды, заканчивая техническими особенностями бортовых электротехнических систем и их изоляций.

**Таким образом, из приведенной информации можно сделать несколько заключений:**

- Во-первых, изоляционные материалы являются критически важным элементом для полноценной работоспособности электротехнических систем. Развитие изоляции должно идти параллельно развитию электромеханических преобразователей энергии в соответствии с потребностями последних.*
- Во-вторых, проблемы изоляции в авиации в общем виде заключаются в суровых эксплуатационных условиях и самом факте использования высокого напряжения. Увеличение напряжения на борту самолета неизбежно приведет к возникновению частичных разрядов, которые в «ослабленных» из-за наружных условий проводах могут вызвать необратимые последствия. В связи с этим необходимо проведение огромного количества экспериментальных исследований и разработок, направленных на решение эксплуатационных проблем изоляции.*
- В-третьих, на сегодняшний день не существует авиационных стандартов, которые бы полноценно покрывали все потребности изоляционных материалов. Частично проблемы решаются заимствованием из стандартов морской тематики, однако это лишь частичное решение проблем. Появившиеся недавно авиационные стандарты для электрических и гибридно-электрических самолетов также не развиты в должной степени. Требуется составление новой документации, обеспечивающей все необходимые потребности изоляционных материалов, начиная от условий наружной окружающей среды, заканчивая техническими особенностями бортовых электротехнических систем и их изоляций.*
- В-четвертых, в настоящее время нет четко выделенного пути решения проблем авиационной электрической изоляции. С одной стороны, это большая проблема, так как неизвестно, в каком направлении необходимо приложить все усилия, чтобы добиться нужного результата. С другой стороны, это большая возможность для тех, кто смогут найти правильный путь и полностью пройти его.*

# Безредукторный привод:

## его преимущества и энергоэффективность

### Саяхов Ильдус Финатович

Инженер ПИШ «Моторы Будущего»

Одним из наиболее значительных преимуществ безредукторных приводов является их энергоэффективность. Эти системы с меньшим количеством движущихся частей требуют меньше обслуживания и потребляют меньше электроэнергии, чем традиционные системы с редуктором. Это означает экономию средств для владельцев и операторов зданий, а также снижение воздействия на окружающую среду.

Наиболее надежным и эффективным решением для безредукторных приводов является применение вентильно-индукторного двигателя (ВИД).

Данный вентильно-индукторный двигатель был спроектирован в Передовой инженерной школе «Моторы Будущего», где собраны высококвалифицированные специалисты в области разработки прогрессивных энергетических решений. Спроектированный ИД с мощностью 10 кВт и частотой вращения 300 об/мин рассчитан на использование в различных промышленных и технических процессах. Его основными характеристиками являются высокая эффективность, надежность и долговечность. Использование современных методик и широкое использование программ с методом конечных элементов дает возможность инженерам Передовой инженерной школы «Моторы Будущего» создавать данный тип электрических машин с высокими характеристиками и наименьшими затратами на создание и опытных образцов.

В отличие от традиционных двигателей, ВИД работает без постоянных магнитов или обмоток на роторе. Вместо этого он использует электромагнитные поля для создания крутящего момента, что делает его чрезвычайно эффективным и надежным вариантом для различных применений. Одним из ключевых преимуществ ВИД является его способность работать на высоких скоростях с минимальной вибрацией, что делает его идеальным для использования в безредукторных приводах. Поскольку ВИД не требует зубчатых передач или других компонентов трансмиссии, он может обеспечить исключительную надежность и производительность при минимальных требованиях к техническому обслуживанию.

К достоинствам ИД следует отнести надежность и простоту конструкции, возможность получения высоких и низких частот вращения. ИД способны функционировать в тяжелых и изменяющихся условиях окружающей среды в диапазоне нагрузок от холостого хода до короткого замыкания. Простая конструкция магнитной системы, отсутствие постоянных магнитов, что позволяет более терпимо относиться к превышениям температур, и сосредоточенные обмотки, позволяющие упростить обмоточный процесс, делают конструкцию ИД технологичной и относительно дешевой с приемлемыми массогабаритными показателями. ИД также

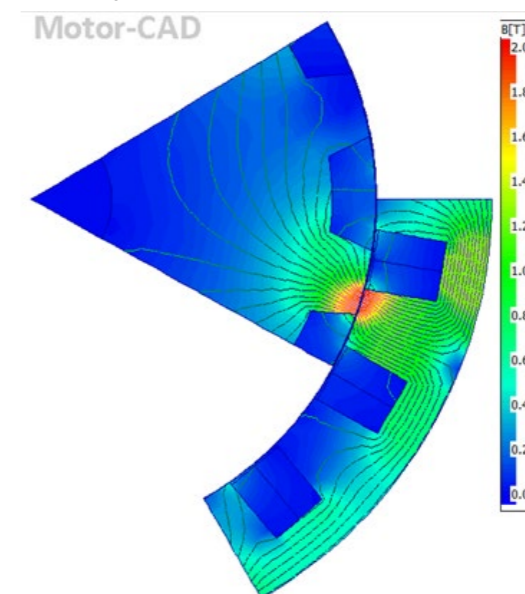
обладают широким диапазоном плавного и экономичного регулирования частоты вращения, хорошими регулировочными и динамическими характеристиками, высокими энергетическими показателями.

К недостаткам ИД относят повышенные пульсации вращающего момента из-за чего возникают шумы и вибрации, а также повышенные отходы при штамповке электротехнической стали, которые являются следствием явно выраженной двухсторонней зубчатости сердечников. Однако следует отметить, что указанные недостатки в настоящее время успешно устраняются, в частности шумы и вибрации могут быть минимизированы выбором оптимального алгоритма управления и детальным профилированием зубцовой зоны ИД.

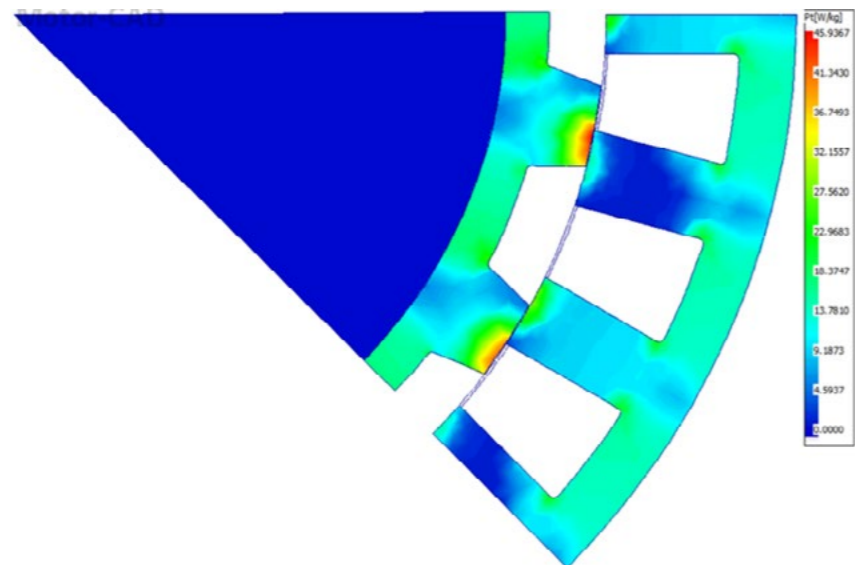
Специфические особенности устройства и работы ИД учитываются не только на этапе электромагнитного расчета, но и на других этапах проектирования. К примеру, при тепловом расчете учитываются такие особенности конструкции ИД, как сосредоточенные обмотки, зубчатая структура сердечников и безобмоточный пассивный ротор. Важным инструментом при проектировании становится метод конечных элементов (далее МКЭ) с использованием программных комплексов, например, Ansys и Motor-CAD, что позволяет одновременно учитывать, как электромагнитные, так и тепловые параметры ИД. Квалификационно используя данные программы, можно весьма точно рассчитать параметры и характеристики ИД различных конструкций и конфигураций.

Параметры и характеристики спроектированного ИД были получены с использованием программных пакетов Ansys Maxwell и Motor CAD. ИД обладает мощностью 10 кВт и частотой вращения 300 об/мин при питании от 600 В постоянного тока. Электромагнитные параметры приведены на рисунках ниже. Электромагнитные расчеты проводились параллельно с тепловыми для соотнесения потерь в ИД и последующим их учетом в виде температур ИД. Далее полученные температуры учитывались при пересчете потерь и после нескольких итераций были получены конечные результаты электромагнитных расчетов.

Данный подход характерен для всех проектов электрических машин, разрабатываемых в Передовой инженерной школе «Моторы будущего», где тесно связаны инженерные методики расчетов и использование современных программных комплексов. В «Моторах будущего» ведется постоянная актуализация методик расчетов с использованием верификации на программных комплексах и опытных образцах, что позволяет идти в ногу со временем и быстро подстраиваться под изменяющиеся тенденции в мире.

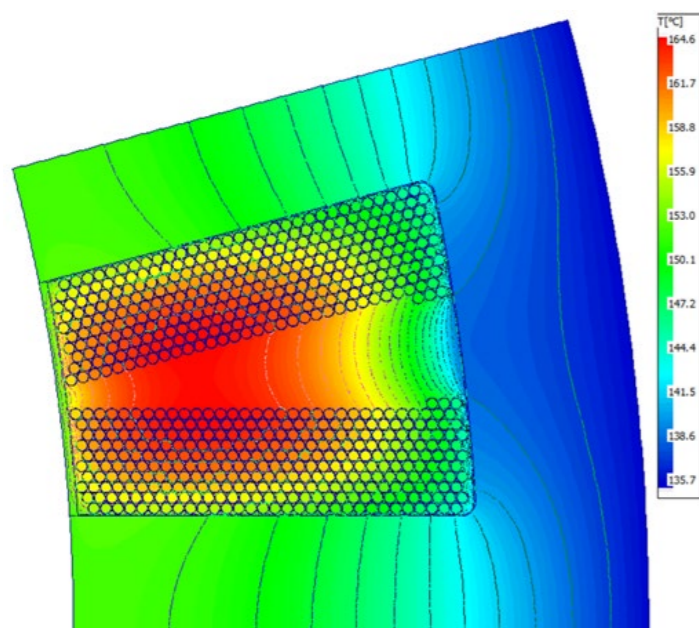


Распределение магнитной индукции

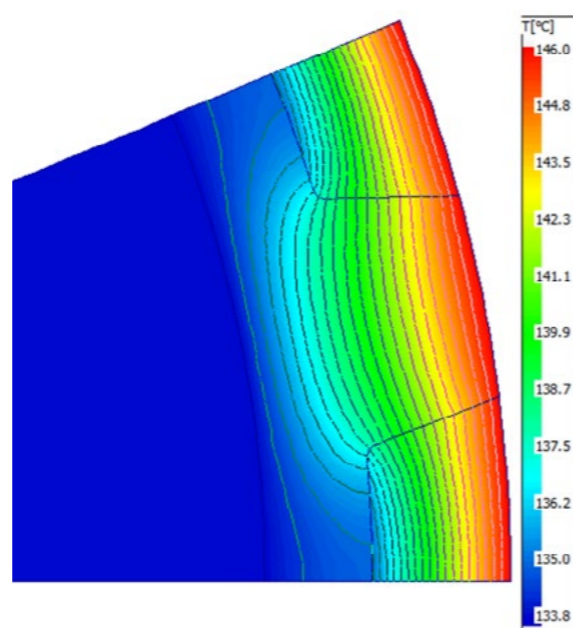


Распределение удельных потерь в стали

Тепловые параметры были получены с использованием программы Motor CAD и представлены на следующих рисунках. Из данного рисунка видно, что тепловое состояние ИД находится в допустимых пределах, учитывая также и то, что в качестве охлаждения используется естественное воздушное охлаждение.



Распределение температур в пазу ИД



Распределение температур в полюсах ИД

Из данных характеристик можно видеть, что помимо эффективности и надежности, ВИД также предлагает ряд других преимуществ по сравнению с традиционными двигателями. Например, отсутствие постоянных магнитов в конструкции обеспечивает большую гибкость с точки зрения материалов и производственных процессов, что может привести к экономии средств, а также к повышению устойчивости.

В целом, ВИД является наиболее перспективным где требуется высокая производительность, надежность и эффективность. Независимо от того, разрабатывается ли вы новый безредукторный привод или модернизируется существующая система, ВИД может обеспечить требуемые мощности и производительность.

# 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)

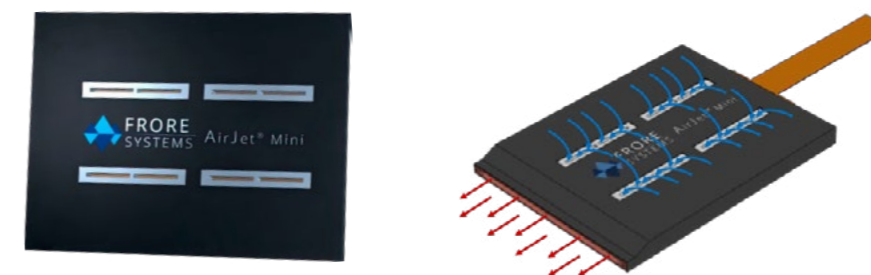
Рахман Мд. Нафиз (инженер 2 категории)

Обух Федор Андреевич (оператор ЭВиВМ)

Мустафин Дамир Шамилович (оператор ЭВиВМ)

## 1. Революция в системе охлаждения

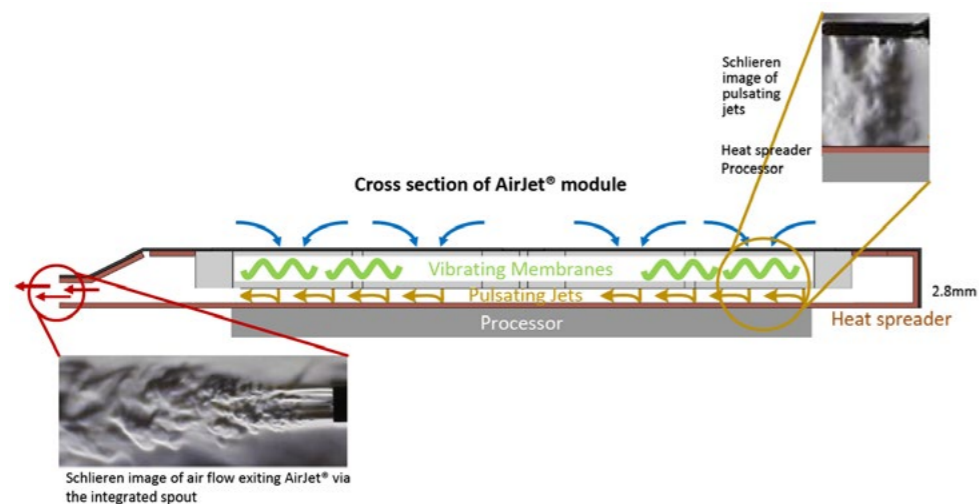
Компания Frore Systems представила инновационную разработку, которая способна заменить привычные всем кулеры. AirJet – твердотельный чип для активного охлаждения устройств электронной промышленности.



AirJet Mini. Изображение слева представлено в масштабе 1:1

Внутри такого миниатюрного чипа располагаются вибрирующие с определенной частотой мембраны. Эти мембраны создают мощный поток воздуха через впускные отверстия на верхней части корпуса. Поток воздуха

ударяется о пластину, что создает высокоскоростной пульсирующий воздушный поток внутри чипа. Пульсирующие струи воздуха отводят тепло от распределителя тепла в нижней части чипа, а их температура достигает значений температуры теплораспределителя, который контактирует с электроникой. Горячий воздух выводится наружу с помощью встроенного патрубка:



Характеристики AirJet Pro

	Значение
Общее тепловыделение (при температуре кристалла 85°C, окружающей среде 25°C)	10.5 Вт
Максимальный шум внутри устройства на расстоянии 50 см	24 дБ
Максимальная потребляемая мощность	1.75 Вт
Обратное давление	1.75 МПа
Размеры (ширина x длина x толщина)	31.5 x 71.5 x 2.8 мм
Масса	28 г

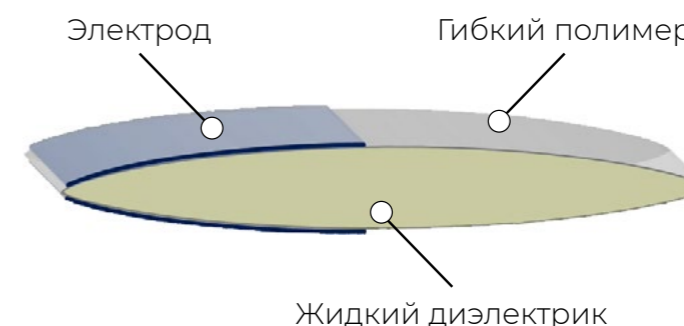
“”

Данное устройство позволит уменьшить массогабаритные показатели систем управления, а также обеспечить высокоэффективную работу системы охлаждения, но в связи с небольшим отводом тепла, придется использовать несколько таких чипов.

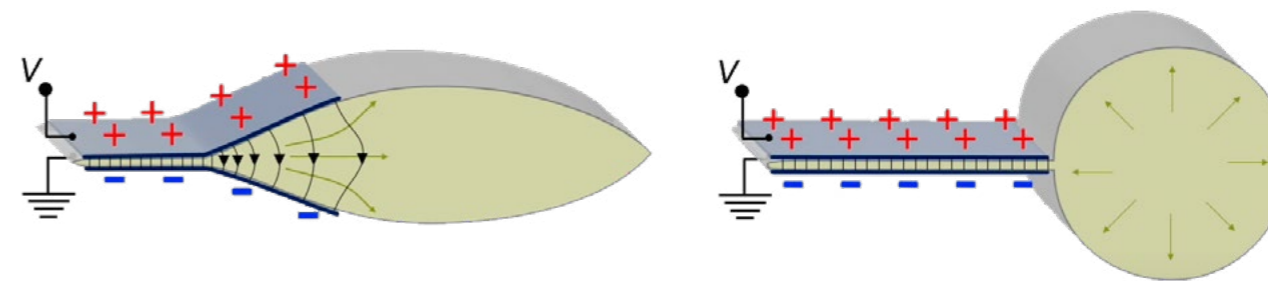
Источник: froesystems.com

## 2. Гибкие провода

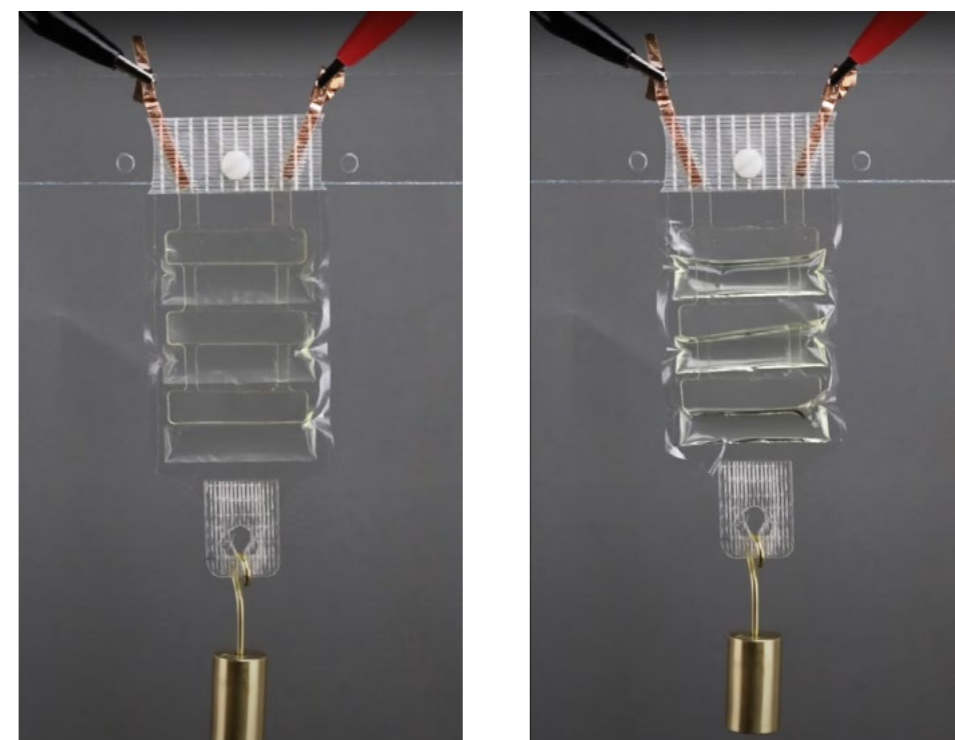
Исследовательская группа Кеплингера в Университете Колорадо в Боулдере разработала мягкие искусственные мышцы с электрическим приводом, которые имеют характеристики, удивительно похожие на характеристики естественных мышц. Конструкция привода HASEL представляет собой жидкий диэлектрик, зажатый между двумя гибкими электродами.



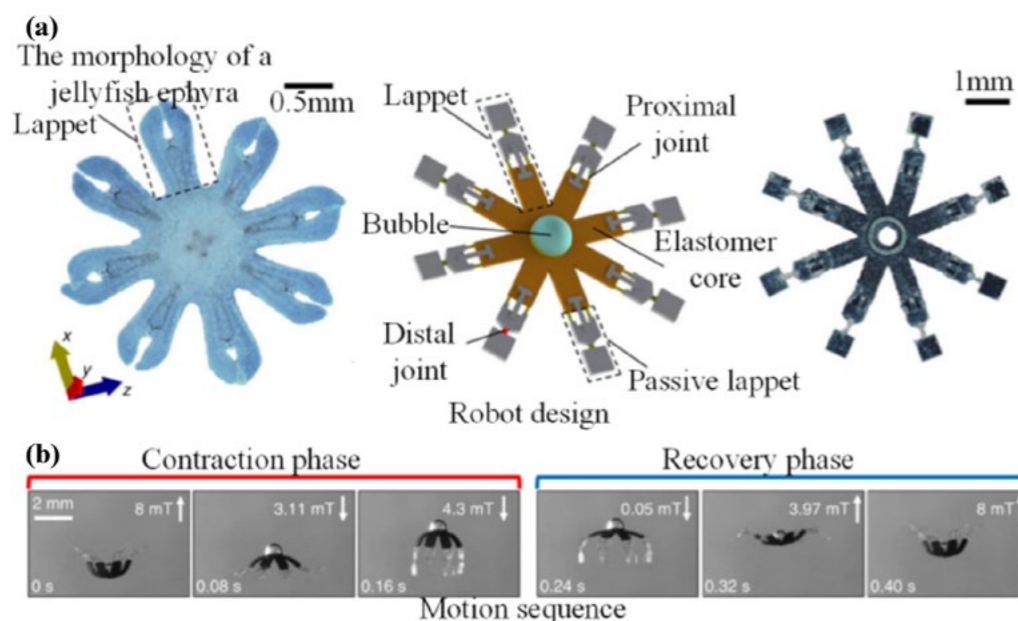
Под действием электрического тока, электроды притягиваются друг к другу, сжимая пакет с жидким диэлектриком, сокращая длину пакета.



Такая конструкция позволяет поднимать грузы до 4 кг, а также взаимодействовать с хрупкими предметами.



Преимуществом такого привода является использование вместо прочного диэлектрического материала жидкости. Она быстро восстанавливается после поражения электрическим током. Недостатком такого привода является необходимость мощного электрического поля. Также существуют магниточувствительные привода, что представляют собой композиты, в которых магнитные частицы смешиваются с мягкими материалами, такими как силикон.



Магнитные частицы могут намагничиваться магнитным полем, образуя регулярные кривые намагничивания, направление и амплитуда которых могут быть изменены. В магнитном поле намагниченные частицы взаимодействуют с пространственно распределенным магнитным полем и поворачиваются, чтобы выровняться с пространственным магнитным полем. Таким образом, крутящий момент может создавать усадку, удлинение или изгиб всего материала. Недостатком такого привода является то, что их движение изначально разработано и не может быть изменено после изготовления.

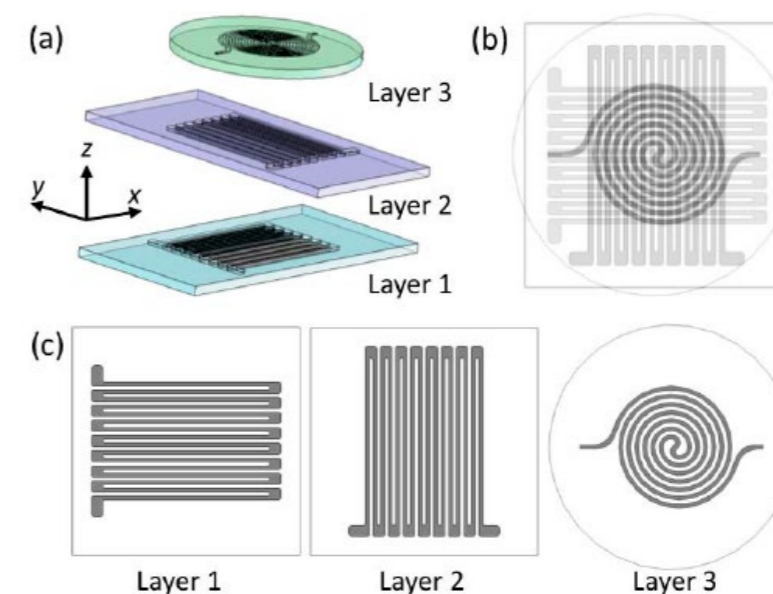
## 6699

Гибкие привода это большой шаг к новым промышленным роботам. Они могут проникать в самые труднодоступные места. Например, в узких трубах где человек не смог бы пролезть, при спасательных операциях, чтобы найти и вытащить людей из-под завалов.

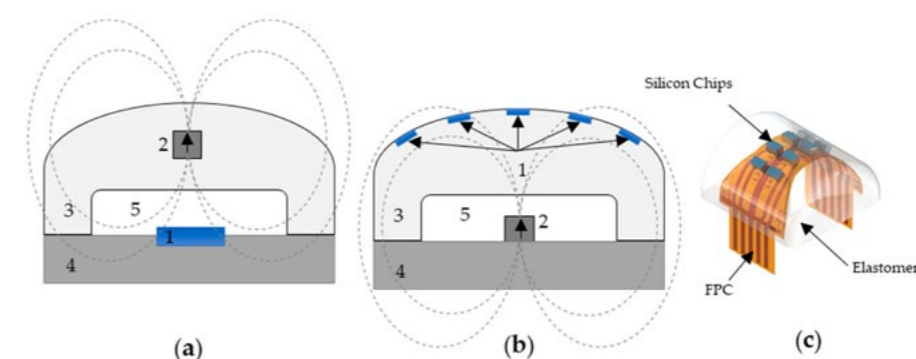
Источники:  
[cjme.springeropen.com/articles/10.1186/s10033-022-00707-2](http://cjme.springeropen.com/articles/10.1186/s10033-022-00707-2)  
[vtomb.com/?watch=-TKjJBZEZe4](http://vtomb.com/?watch=-TKjJBZEZe4)

# 3. Гибкие датчики

Резистивные датчики могут преобразовывать изменение внешнего сигнала в изменение сопротивления. Всем знакома формула  $R = \rho l / s$ , где  $\rho$  – удельное сопротивление,  $l$  – длина,  $s$  – площадь поперечного сечения. Следовательно, сопротивление может изменяться при изменении площади или длины. Принцип работы датчика основан на изменении сопротивления жидкого металла, которым заполнены каналы датчика, при деформировании (надавливания, сжатия и т.д.) самого датчика. Представленный датчик состоит из трех различных канальных слоев. Каналы в двух нижних слоях ортогонально зигзагообразны, и сопротивления жидкого металла внутри этих каналов увеличиваются, если каналы отдельно растягиваются в направлении X и Y. Канал в верхнем слое спиральный, и сопротивление жидкого металла в канале увеличивается, если канал сжимается.



Анализируя изменения сопротивления жидкого металла в каждом слое, мы можем определять направление и величину приложенной к датчику силы. Магнитные датчики изготавливают из постоянных магнитов или мягких композитов, что состоит из магнитных частиц. Магнитное поле изменяется под действием внешних раздражителей, а затем измеряется с помощью датчиков Холла. Представленный датчик состоит из мягкого эластомера с магнитом внутри и датчика Холла. При нажатии на датчик, положение магнитов меняется, магнитное поле смещается, что регистрирует датчик Холла.



Первоначальная конструкция подразумевала располагать магниты на гибкую часть, но это усложняло процесс тем, что необходимо было иметь сведения о площади контакта, поэтому конструкцию усовершенствовали и поместили датчики на гибкую часть.

Магнитные датчики обладают высокой надежностью, низкой стоимостью и простотой сборки.

“”

*Гибкие датчики за счет простоты конструкции, высокой надежности, низкой стоимости могут эффективно использоваться в качестве контактных датчиков.*

Источники:  
[cs.cmu.edu/~ytpark/publications/Park\\_Sensors11.pdf](http://cs.cmu.edu/~ytpark/publications/Park_Sensors11.pdf)  
[researchgate.net/publication/318697652\\_Low-cost\\_3-axis\\_soft\\_tactile\\_sensors\\_for\\_the\\_human-friendly\\_robot\\_Vizzy](http://researchgate.net/publication/318697652_Low-cost_3-axis_soft_tactile_sensors_for_the_human-friendly_robot_Vizzy)

## 4. Тонкопленочные литиевые батареи



Компания HCB battery представила литиевые батареи — серию CR. Литиевые батареи данной серии заменят традиционные схемы питания с использованием кнопочных батареек CR2450.

Преимущества технологии в сравнении с традиционными кнопочными батарейками: высокая емкость; широкий диапазон рабочей температуры; высокая разрядная емкость для большего расстояния связи; срок службы: 5–7 лет.

В зависимости от диагонали дисплея применяется 1, 2 или 4 кнопочных элемента CR2450. Тонкопленочная батарея способна заменить 4 кнопочных элемента, и при этом число ежедневных обновлений электронного ценника в день увеличится.

Технические параметры литиевых батарей: номинальное напряжение: 3 В; энергоотдача: 450 Втч/кг; рабочая температура: –40...+70 °С; саморазряд: 2% в год; емкость: 300 мАч; размер: 5,2×50×51 мм.

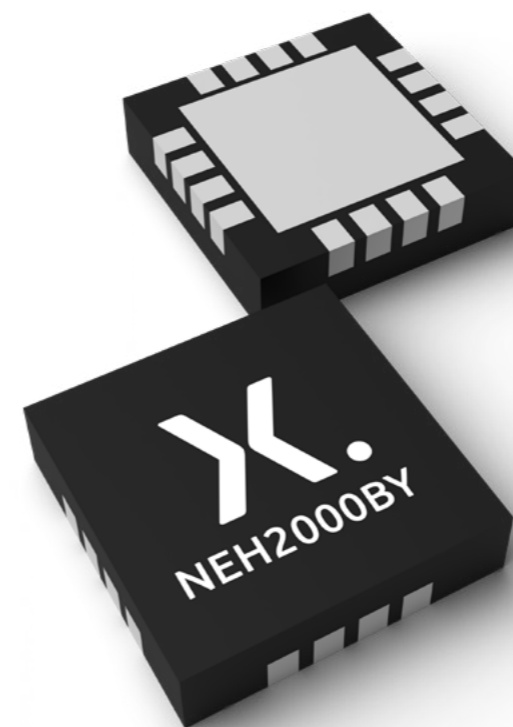
“”

*Да, есть традиционные батарейки, обладающие такими же электрическими параметрами, но они могут работать только до -10 градусов, новые батареи способны работать до -40, благодаря чему они могут эффективно использоваться в условиях с низкой температурой.*

Источник: [kit-e.ru/battery/sr](http://kit-e.ru/battery/sr)

## 5. PMIC для сбора энергии

NEH2000BY — это высокопроизводительная интегральная схема управления питанием (PMIC), которая заряжает аккумулятор или накопительный конденсатор с помощью энергии, собранной из окружающих источников, таких как свет (который может быть собран с помощью фотоэлектрического элемента). В результате NEH2000BY позволит разрабатывать электронные устройства с автономным питанием, меньшие размеры и экологичность.



NEH2000BY PMIC от Nexperia позволяют экономично собирать энергию из различных источников окружающей среды в приложениях, потребляющих до нескольких милливатт энергии, включая беспроводные узлы IoT, носимые смарт-метки и электронные этикетки на полках.

NEH2000BY выполняет отслеживание точки максимальной мощности (MPPT), адаптивный алгоритм для оптимизации передачи собранной энергии и достижения оптимальной средней эффективности преобразования до 80%. Этот уникальный алгоритм MPPT сочетает в себе скорость и точность, позволяя PMIC адаптироваться к изменениям окружающей среды менее чем за секунду. Это значительно быстрее, чем любое другое доступное в настоящее время решение, и максимизирует количество энергии,

собранной в течение дня, значительно расширяя количество областей применения. Кроме того, благодаря своей функции самооптимизации и способности работать автономно без необходимости предварительного программирования, NEH2000BY облегчает разработчикам питание устройств от энергии окружающей среды.

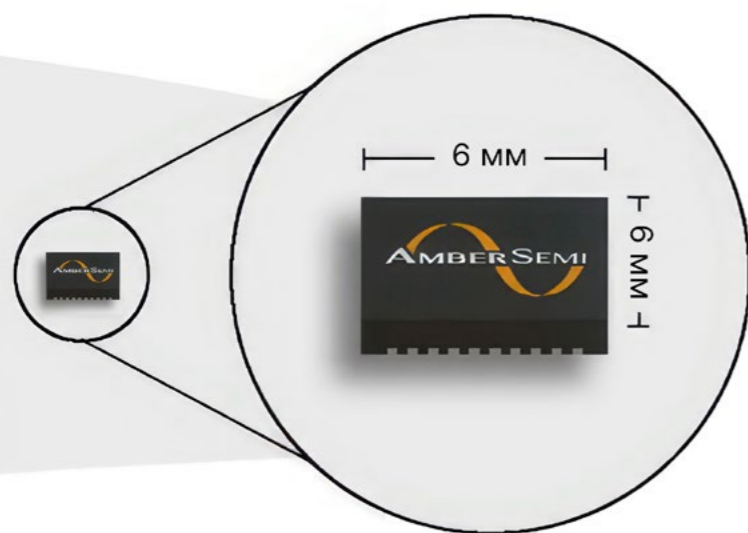
“”

*Данное устройство для сбора энергии может помочь смягчить воздействие на окружающую среду миллиардов батарей, производимых и выбрасываемых каждый год.*

Источник:  
[shunlongwei.com/ru/constant-voltage-pmics-for-%20intermittent-input-energy-harvesting-arrangements/](http://shunlongwei.com/ru/constant-voltage-pmics-for-%20intermittent-input-energy-harvesting-arrangements/)

## 6. Блоки питания

Сегодня множество устройств от простых детекторов дыма до бытовой и вычислительной электроники используют подключение к сети переменного тока для получения питания. Каждый раз для преобразования переменного тока в постоянный ток, требуемый для питания маломощной электроники, создаются довольно громоздкие схемы AC/DC-преобразователей. Чип AmberSemi значительно упрощает схемотехнику таких блоков, сокращая количество довольно внушительных дискретных элементов как минимум в два раза. Освободившееся место можно использовать либо для уменьшения размеров устройств, либо для увеличения его возможностей с помощью добавления новых функций.



Представленный чип способен преобразовывать входной переменный ток с напряжением от 25 до 277 В и частотой 50/60 Гц в постоянный ток с напряжением, регулируемым в пределах 1,8-24 В и мощностью до 5 Вт. Кроме того, имеются два вспомогательных регулируемых выхода постоянного тока с напряжением 5,0 В и 3,3 В соответственно. Устройство работает как очень гибкий основной источник питания или вспомогательное питание для широкого спектра продуктов и технологий. В первую очередь устройство ориентирована на устройства умного дома и различные датчики, которым для работы достаточно 5 Вт мощности. Новый чип пока не выпущен в кремнии. Готов лишь его дизайн в цифровом виде. Теперь компания занимается вопросами изготовления фотошаблонов для запуска решения в массовое производство.

“”

Блоки питания в ближайшем будущем станут значительно меньше по габаритам благодаря новой патентованной технологии. Это значит, что размеры всех остальных устройств будут уменьшаться, что способствуют новому толчку во всех областях.

Источник: [elektroportal.ru/journal/battery/135204?ysclid=lhoses7i61976700223](http://elektroportal.ru/journal/battery/135204?ysclid=lhoses7i61976700223)

## 7. Интеллектуальная ручка с тактильным откликом

Современный человеко-машинный интерфейс имеет ряд недостатков (низкая точность, ограниченный размер, высокое энергопотребление) и ограниченный функционал. На его смену разработали интеллектуальную ручку управления с тактильным откликом.



Устройство использует электродвигатель, который создает тактильные ощущения при вращении ручки. Это позволяет пользователям получать обратную связь от устройства без необходимости смотреть на экран или дисплей. Для связи с другими устройствами используются беспроводные технологии.

Данное устройство, за счет применения электромотора и управляющей электроники, позволяет гибко настраивать тактильный отклик и режим работы ручки, управлять устройством на расстоянии и способствует увеличению эффективности и производительности работ.

“”

Перспективная разработка, уже имеются готовые решения за рубежом, ведутся попытки сделать отечественный продукт.

Источники:  
[xeeltech.com/hapticore-technology](http://xeeltech.com/hapticore-technology)  
[github.com/scottbez1/smartknob](https://github.com/scottbez1/smartknob)  
[immersion.com](http://immersion.com)

# Обзор текущего состояния исследований и разработок авиационных силовых установок в Европейском Союзе и США за апрель 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*



*Источник: [aerospacetestinginternational.com/news/uk-outlines-plan-for-zero-emission-aviation.html](https://aerospacetestinginternational.com/news/uk-outlines-plan-for-zero-emission-aviation.html)*

*Танкер для заправки самолета биотопливом*

## 1. Дорожная карта по снижению эмиссии вредных веществ

В Farnborough International в апреле 2023 г. состоялся саммит Sustainable Skies World Summit, в рамках которого Совет по декарбонизации авиации Jet Zero Council правительства Великобритании опубликовал 2-летний план работ на 2023-2024-й год в рамках стратегии UK Jet Zero.

Планируется, что 75% снижения выбросов CO<sub>2</sub> авиационной отраслью к 2050-му году будет достигнуто за счет повышения эффективности авиационной техники, применения новых самолетов с водородной или полностью электрической силовой установкой, а также применения устойчиво производимых авиационных топлив (УПАТ или SAF). Оставшиеся 25% снижения выбросов CO<sub>2</sub> будут достигнуты за счет механизмов секвестрирования выбросов оксида углерода.

В рамках плана UK Jet Zero переход на УПАТ является главным драйвером декарбонизации авиационной отрасли, который обеспечит снижение выбросов CO<sub>2</sub> на 40%. Использование более эффективной авиационной техники, а также совершенствование системы управления воздушным движением обеспечит снижение выбросов CO<sub>2</sub> на 25%, а переход на полностью электрические или водородные самолеты обеспечит снижение выбросов CO<sub>2</sub> лишь на 10%.

В настоящее время особого внимания и инвестирования требуют прорывные технологии масштабируемого производства УПАТ и водородного топлива, технологии возобновляемой углеродно-нейтральной электроэнергетики, новые методы управления воздушным движением и развитие инфраструктуры аэропортов.





Дирижабль Hybrid Air Vehicles Airlander 10

## 2. Оценка эффективности дирижабля Airlander

Министерством обороны США запущено финансирование исследовательской программы по оценке эффективности применения дирижабля с гибридной силовой установкой Hybrid Air Vehicles Airlander в интересах Объединённого командования ВС США в зоне Индийского и Тихого океанов.

Дирижабль Airlander 10 имеет пассажировместимость 100 человек, дальность полета 7400км, максимальную скорость 136км/ч и может находиться в воздухе до 5 суток. Ожидается, что Hybrid Air Vehicles запустит серийное производство дирижабля Airlander 10 в 2026г.

Недавно компания Hybrid Air Vehicles объявила о разработке новой, более крупной версии дирижабля Airlander 50, которая должна войти в эксплуатацию к 2030г.

В настоящее время Объединённое командование ВС США в зоне Индийского и Тихого океанов имеет крайне ограниченную инфраструктуру, что повышает привлекательность дирижаблей, не требующих никакой инфраструктуры для взлетно-посадочных операций. Для взлета/посадки Airlander 10 достаточно лишь относительно плоской площадки без какой-либо инфраструктуры, что существенно облегчает логистические операции для Министерства обороны.

Источник: [aerospacetestinginternational.com/news/electric-hybrid/us-navy-to-assess-use-of-airlander-airship-for-logistics.html](https://aerospacetestinginternational.com/news/electric-hybrid/us-navy-to-assess-use-of-airlander-airship-for-logistics.html)

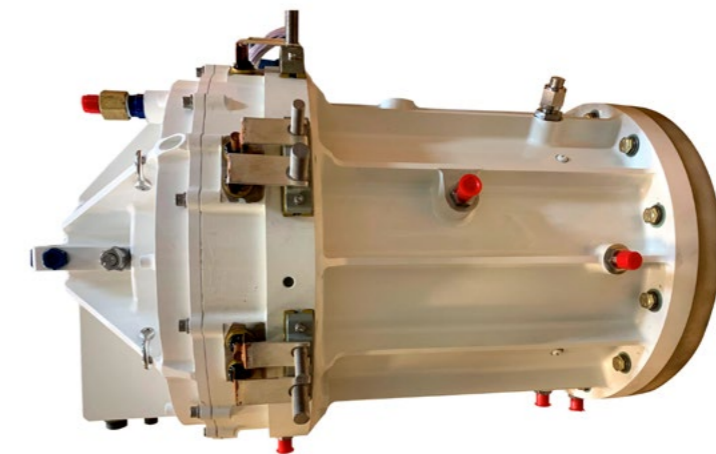
## 3. Flying Whales заключила контракт с Honeywell

Франко-канадская компания Flying Whales ведет разработку крупного грузового дирижабля LCA60T длиной 200 м для рынка большегрузных авиаперевозок. В дирижабле размещается грузовая зона размером 96x8x7м, окруженная 10 гелиевыми ячейками. Ожидается, что дирижабль flying Whales совершит свой первый полет в 2025 г., а за следующие десять лет будет произведено не менее 150 дирижаблей.



Дирижабль Hybrid Air Vehicles Airlander 10

Дирижабль LCA60T будет оснащен гибридной силовой установкой мощностью 4МВт, включающей газотурбинный двигатель, электрогенератор и редуктор. Гибридная силовая установка будет адаптирована для использования как традиционного керосина, так и устойчиво производимого авиационного топлива (SAF). В составе гибридной силовой установки будет использоваться генератор Honeywell мощностью 1МВт (успешно прошел испытания в мае 2022 г, продемонстрировал мощность 1.06МВА (1МВт) при эффективности 97% и удельной мощности 8кВт/кг).



Генератор Honeywell мощностью 1МВт

Источник: [aerospacetestinginternational.com/news/electric-hybrid/us-navy-to-assess-use-of-airlander-airship-for-logistics.html](https://aerospacetestinginternational.com/news/electric-hybrid/us-navy-to-assess-use-of-airlander-airship-for-logistics.html)

## 4. H2Fly провела испытания криогенного топливного бака

Компания H2Fly ведет разработку авиационной силовой установки на базе водородно-воздушных топливных элементов и самолета-демонстратора HY4. С 2016 года ведется разработка силовой установки, работающей на газообразном водороде. Прототипом для самолета HY4 является Pipistrel Taurus G4. Переход на жидкий водород позволит увеличить дальность полета самолета-демонстратора HY4 с 724 до 1448 км.

На текущий момент проведена разработка и изготовление криогенного топливного бака, который был интегрирован в самолет-демонстратор, проведены его наземные испытания.

Работы над созданием силовой установки на базе водородно-воздушных топливных элементов, работающей на жидком водороде, ведутся в рамках проекта Европейского Союза HEAVEN. Система хранения жидкого водорода была разработана и поставлена компанией Air Liquide.



Самолет HY4 с силовой установкой на базе водородно-воздушных топливных элементов

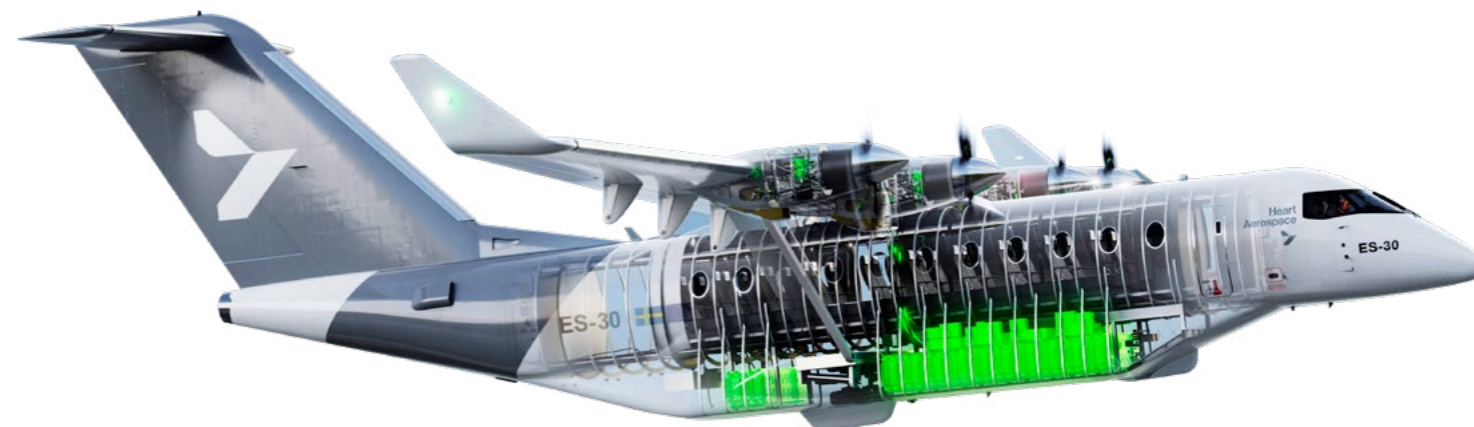


Заправка жидким водородом криогенного топливного бака на самолете-демонстраторе HY4 с силовой установкой на базе водородно-воздушных топливных элементов

Источник: [aerospacetestinginternational.com/news/electric-hybrid/h2fly-completes-filling-tests-of-liquid-hydrogen-tank.html](https://aerospacetestinginternational.com/news/electric-hybrid/h2fly-completes-filling-tests-of-liquid-hydrogen-tank.html)

## 5. Heart Aerospace заключила соглашение с BAE Systems

Шведская компания Heart Aerospace с 2018 года ведет разработку гибридно-электрического регионального самолета ES-30 пассажироместимостью 30 человек. Региональный самолет ES-30 представляет собой высокоплан с 4 электроприводными воздушными винтами, питание которых осуществляется с помощью аккумуляторной батареи (в сотрудничестве с BAE Aerospace), а также 2 резервных турбогенераторов, работающих на устойчиво производимом авиационном топливе.



Компоновка регионального самолета Heart Aerospace ES-30

Самолет ES-30 при пассажироместимости 30 человек при питании электродвигателей только от аккумуляторной батареи имеет дальность 200 км, при переходе на гибридную силовую установку имеет дальность 400 км, а при пассажироместимости 25 человек имеет максимальную дальность 800 км.

Разработка самолета Heart Aerospace ведется в соответствии с сертификационным стандартом EASA CS-25, ввод самолета в эксплуатацию ожидается в 2026-2028 году. Основными инвесторами в компанию Heart Aerospace являются Saab и Air Canada. На текущий момент на самолет ES-30 собрано 230 предзаказов с опционом еще на 100 самолетов, а также подписано соглашений о намерении дополнительно на 108 самолетов.



Аккумуляторная батарея для гибридно-электрического самолета Heart Aerospace ES-30

Источник: [aerospacetestinginternational.com/news/electric-hybrid/bae-systems-and-heart-aerospace-to-partner-on-batteries-for-hybrid-regional-aircraft.html](https://aerospacetestinginternational.com/news/electric-hybrid/bae-systems-and-heart-aerospace-to-partner-on-batteries-for-hybrid-regional-aircraft.html)

## 6. \$815 млн. для ускорения разработки истребителя Tempest

В Великобритании ведется разработка истребителя 6-го поколения в рамках программы Tempest для Королевских ВВС. В консорциуме по программе участвуют BAE Systems, Leonardo UK, MBDA UK и Rolls-Royce. Работы в Великобритании по программе Tempest ведутся с 2018 года. В конце 2022 г. объявлено о начале сотрудничества с Японией и Италией в рамках программы Global Combat Air Programme (GCAP).

Правительство страны выделило дополнительно \$815 млн. для повышения уровня зрелости более 60 критических технологий, разработки цифровых двойников и создания принципиально новых технологий. Первый полет самолета-демонстратора, созданного в рамках программы Tempest состоится в 2027 году.



Концепт истребителя 6-го поколения Tempest

В ближайшие два года правительство Великобритании планирует потратить на программу Tempest не менее \$1.7млрд. Ожидается, что истребитель, разработанный в рамках программы Tempest будет введен в эксплуатацию к 2035 году.

Источник: [aerospacetestinginternational.com/news/defense/656-million-funding-boost-for-tempest-fighter-design-and-technology-program.html](https://aerospacetestinginternational.com/news/defense/656-million-funding-boost-for-tempest-fighter-design-and-technology-program.html)

## 7. Экологичный учебно-тренировочный самолет

Королевскими военно-воздушными силами Великобритании ведется разработка двух экспериментальных самолетов для испытания критических технологий создания более экологичного учебно-тренировочного самолета. Rapid Capabilities Office Королевских ВВС Великобритании запущен проект Project Monet, в рамках которого заключено два контракта на проведение НИОКР с компаниями Babcock и Swift Aircraft.

Компания Babcock в рамках Project Monet объявила о сотрудничестве с CFS Aero, Zero Petroleum, Delta Cosworth и Uplift 360. Swift Aircraft пока не раскрыла информацию о своих партнерах в рамках проекта Project Monet. Основной целью Project Monet является разработка, повышение уровня зрелости и исследование эффективности критических технологий, направленных на минимизацию экологической нагрузки легких учебно-тренировочных самолетов. Одним из ключевых компонентов проекта Project Monet является оценка применимости текущих подходов к декарбонизации гражданской авиационной отрасли в Военно-воздушных силах. Среди рассматриваемых в Project Monet критических технологий следует выделить: полностью электрические силовые установки, питаемые от аккумуляторных батарей; двигатели внутреннего сгорания, работающие на устойчиво производимых синтетических авиационных топливах; силовые установки на базе водородно-воздушных топливных элементов; гибридные силовые установки. В конструкцию легкого самолета Swift Aircraft изначально заложена возможность использования различных архитектур перспективных силовых установок, что делает его эффективной испытательной платформой для ВВС Великобритании.



Легкий учебно-тренировочный самолет компании Swift Aircraft

Источник:  
[aerospacetestinginternational.com/news/electric-hybrid/raf-to-develop-more-sustainable-training-aircraft.html](https://aerospacetestinginternational.com/news/electric-hybrid/raf-to-develop-more-sustainable-training-aircraft.html)  
[shephardmedia.com/news/training-simulation/raf-to-develop-sustainable-fuel-test-aircraft-using-babcock-light-trainer](https://shephardmedia.com/news/training-simulation/raf-to-develop-sustainable-fuel-test-aircraft-using-babcock-light-trainer)

## 8. Центр превосходства в области водородных силовых установок

В 2022 году правительственный центр Aerospace Technology Institute запустил двухлетний технологический проект FlyZero, направленный на декарбонизацию авиационной отрасли Великобритании. По результатам проведенных НИОКР было установлено, что жидкий водород является наилучшим видом топлива для декарбонизации авиационной отрасли, а также отмечались крайне ограниченные возможности промышленного сектора Великобритании в области производства жидкого водорода. В рамках проекта FlyZero рекомендовалось создать в Великобритании центр превосходства в области водородных технологий с открытым доступом к инфраструктуре для британских компаний, что должно способствовать интенсификации исследований и разработок в области водородных авиационных силовых установок. Среди критических направлений отмечаются технологии хранения жидкого водорода, исследование фундаментальных характеристик жидкого водорода как криогенной жидкости, технологии безопасной работы с водородным топливом, разработка стандартов и других регламентирующих документов, разработка новых материалов для работы с криогенным топливом, а также разработка испытательного оборудования и регламентов. В апреле 2023г. Aerospace Technology Institute выделил \$1.61 млн. на разработку концепции центра превосходства в области водородных технологий. В рамках начальной фазы работ Phase 0 планируется идентификация операционной модели подобного центра превосходства с открытым доступом к инфраструктуре, определения номенклатуры требуемой инфраструктуры для создания центра превосходства в области водородных технологий, заключение соглашения с поставщиками жидкого водорода для создаваемой испытательной инфраструктуры, а также создание академии для подготовки инженерных кадров в области водородных технологий. Важной задачей в рамках Phase 0 является определение финансовой модели функционирования центра превосходства в области водородных технологий.

*Источник: [aviationweek.com/special-topics/sustainability/uk-launches-study-bolster-hydrogen-related-capabilities](https://aviationweek.com/special-topics/sustainability/uk-launches-study-bolster-hydrogen-related-capabilities)*

## 9. Декарбонизация и поиск новых бизнес-моделей

Пандемия COVID-19 оказала значительное негативное воздействие на авиационную отрасль – совокупные чистые убытки авиакомпаний по всему миру за 2020-2022 год составляют почти \$190 млрд. Проведенное в конце 2022 года исследование IATA (International Air Transport Association)-McKinsey подтвердило крайне слабые позиции авиакомпаний в цепочке создания добавочной стоимости в отрасли авиаперевозок. Несмотря на стабильную операционную прибыль в допандемийные 2012-2019 годы, мировые авиакомпании в целом по отрасли не обеспечили экономическую прибыль выше средневзвешенной стоимости капитала (weighted average cost of capital, WACC). В среднем рентабельность инвестированного капитала (return on invested capital, ROIC) в авиационной отрасли была на 2.4% ниже средневзвешенной стоимости капитала WACC, что привело к ежегодной потере \$17.9 млрд капитала.

До пандемии во всех секторах авиационной отрасли, кроме авиакомпаний, рентабельность инвестированного капитала превышала WACC, при этом аэропорты ежегодно приносили инвесторам в среднем \$4,6 млрд сверх WACC, или 3% от выручки. Глобальная дистрибуторская система и туристические технологические стартапы в среднем обеспечивали доходность на 8,5% от выручки выше WACC. Провайдеры аэронавигационных услуг обеспечили доходность в размере 4,4%.

IATA называет эти данные доказательством длительного дисбаланса в цепочке создания добавочной стоимости в авиационной отрасли. Это ясно доказывает, что авиакомпании в среднем не могут получать финансовую выгоду в той же степени, что и их поставщики и партнеры.

Для выхода авиационной отрасли из пандемийного кризиса в сочетании с быстро приближающимся переходом на декарбонизирующие технологии требуется поиск новых бизнес-моделей. Среди решений неизбежно будет перекалывание большей части расходов на декарбонизацию на потребителя услуг, повышение цен на билеты. Это будет трудно сделать, поскольку авиакомпании борются за каждого клиента на восстанавливаемом рынке авиаперевозок. При этом простое перекалывание финансовой нагрузки на пассажиров вряд ли увенчается успехом. Отдельного внимания заслуживают ультра-лоукостеры которые своим демпингом ломают ценообразование на авиаперевозки.

По мнению IATA Подход Комиссии Европейского Союза, предусматривающий равномерное распределение устойчиво производимого авиационного топлива по всем европейским аэропортам, не является эффективным и справедливым. По оценкам IATA справедливым является гибкий подход, основанный на закупке устойчиво производимого топлива авиакомпаниями, что позволило бы увеличить производство топлива там, где это наиболее востребовано. В США декарбонизация авиационной отрасли стимулируется принятым Законом о снижении инфляции. Он предоставляет налоговые льготы и другие финансовые стимулы для производства устойчиво производимого авиационного топлива. Именно такой подход, основанный на здравом смысле, необходим отрасли и всему миру, чтобы обеспечить устойчивость коммерческих полетов как с экологической, так и с финансовой точки зрения.

*Источник: [aviationweek.com/air-transport/airlines-lessors/analysis-decarbonization-costs-prompt-calls-new-business-model](https://aviationweek.com/air-transport/airlines-lessors/analysis-decarbonization-costs-prompt-calls-new-business-model)*

## 10. Концепция увеличения дальности полетов летательных аппаратов

В рамках заданного тренда на декарбонизацию авиационной отрасли в настоящее время ведется активная разработка новых проектов полностью электрических и водородных самолетов.

Американский стартап Magpie Aviation ведет концептуальную разработку системы, которая должна решить проблему ограниченной дальности экологически чистых самолетов будущего. В рамках концепции Magpie Aviation электросамолет-буксир будет использоваться для создания движущей силы у основного самолета с электрической или водородной силовой установкой во время набора высоты и начального участка крейсерского полета.

Компания Magpie Aviation успешно провела летные испытания для подтверждения предложенной концепции, в рамках которых электросамолет буксировал планер. По ожиданиям Magpie Aviation к 2030 году может быть создана и развернута система, которая будет буксировать электросамолеты в размерности регионального турбовинтового самолета. В дальнейшем, при интенсивном развитии аккумуляторных батарей может быть создана система для электро-буксировки ближне-среднемагистральных узкофюзеляжных самолетов.

Для буксировки в испытательном полете использован самолет Pipistrel Virus, в качестве буксируемого летательного аппарата использован планер PIK-20D. Для буксировки использован синтетический трос длиной 100 м и толщиной 2.5 мм. В дальнейшем планируется увеличить длину буксировочного троса до 500 м для уменьшения негативного влияния впереди летящего самолета-буксира.

По ожиданиям Magpie Aviation система электросамолетов-буксиров может обеспечить увеличение дальности полета самолета на 500 км на одном заряде аккумуляторной батареи, а при формировании развитой системы буксировщиков при многократной буксировке до 1500-2000 км.

Для реализации предлагаемой концепции должен быть создан самолет, оптимизированный под решение задач буксировки с мощными электроприводными винтами, высокой скоростью набора высоты, крылом высокого удлинения и аккумуляторной батареей высокой емкости.



Концептуальный электросамолет Magpie Aviation буксирует другой самолет

Источник: [aviationweek.com/aerospace/emerging-technologies/magpie-unveils-concept-long-range-sustainable-flight](https://aviationweek.com/aerospace/emerging-technologies/magpie-unveils-concept-long-range-sustainable-flight)

## 11. Компания JetZero анонсировала

Американский стартап JetZero анонсировал разработку среднеразмерного пассажирского самолета с аэродинамической схемой Blended Wing Body. Руководство Военно-воздушных сил США оформило запрос о разработке перспективного экологичного военно-транспортного самолета и самолета-заправщика на анонсированной платформе.



Перспективный самолет-заправщик JetZero Z-5

Общеизвестно, что аэродинамическая схема Blended Wing Body, известная как «смешанное крыло», «гибридное крыло» или «летающее крыло» обладает комплексом преимуществ перед традиционной аэродинамической компоновкой из-за уменьшения смачиваемой поверхности и снижения аэродинамического сопротивления. Также такая компоновка обеспечивает снижение уровня шума по сравнению с традиционной архитектурой благодаря размещению силовых установок на верхней поверхности фюзеляжа.

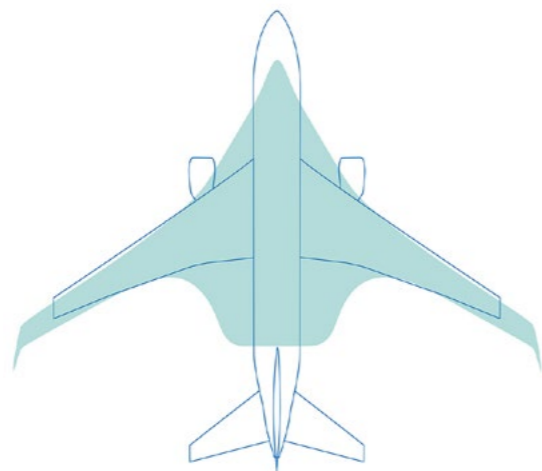
Самолет JetZero Z-5 спроектирован на пассажировместимость 250 пассажиров и дальность полета 8000 км. Размах композиционного крыла достигает 61 м, при этом длина самолета существенно меньше, чем у Boeing 767. При этом отмечается, что вес JetZero Z-5 будет составлять лишь половину от веса Boeing 767, что обеспечивает существенное снижение потребной тяги силовых установок и позволит использовать в качестве силовой установки модификации доступных двигателей для ближне-среднемагистральных узкофюзеляжных самолетов CFM Leap-1 и Pratt&Whitney PW1100G.

Планируется, что среднеразмерный пассажирский самолет будет введен в эксплуатацию в 2030-х.

Airbus в рамках программы ZEROe объявил о создании линейки из трех перспективных водородных самолетов с вводом в эксплуатацию

в середине 2030-х, один из которых имеет архитектуру Blended Wing Body. В текущий момент Airbus сосредоточен на разработке самолета A321XLR с пассажироместимостью 220 человек и дальностью полета 7600 км с вводом в эксплуатацию в 2024 году. По оценке экспертов JetZero самолет Z-5 благодаря высокой топливной эффективности может перевозить в 2 раза больше топлива по сравнению с Boeing KC-46 (модифицированный Boeing-767) на аналогичную дальность.

Военно-воздушные силы США должны выбрать победителя программы в середине 2023 года, испытательные полеты самолета-демонстратора должны состояться в 2027 году.



Отличительной особенностью JetZero Z-5 являются боковые входные люки и окна верхнего света

В настоящее время JetZero завершает подготовку 12.5% масштабной модели самолета Z-5 с размахом крыла 7 м в рамках контракта от 2021 года по программе NASA Sustainable Flight Demonstrator. Ключевой особенностью демонстратора JetZero Z-5 является новая конструкция шасси, которая максимизирует внутреннее пространство самолета и assisteирует при вращении самолета.

Источник: [aviationweek.com/aerospace/emerging-technologies/jetzero-unveils-midmarket-airliner-air-force-tanker-bwb-plan](https://aviationweek.com/aerospace/emerging-technologies/jetzero-unveils-midmarket-airliner-air-force-tanker-bwb-plan)

## 12. План ReFuelEU Aviation. Декарбонизация авиации

Европейский парламент и Европейский совет достигли политического соглашения по программе REFuelEU Aviation, направленной на декарбонизацию авиационной отрасли, устанавливающей правила по формированию смесового топлива из традиционного керосина и устойчиво производимого авиационного топлива (УПАТ) начиная с 2025 года.

Программа REFuelEU Aviation устанавливает правила формирования смесового авиационного топлива с 2025 до 2050 года, что должно обеспечить снижение выбросов CO<sub>2</sub> авиационной отраслью на две трети по сравнению со сценарием бездействия. Кроме того, программа REFuelEU Aviation также гарантирует снижение выбросов других загрязняющих веществ, что должно обеспечить улучшение климата и повышение качества воздуха в Европейском Союзе.

Программа REFuelEU Aviation реализуется в рамках пакета инициатив Fit for 55 package Европейского Союза по снижению негативного воздействия транспорта на окружающую среду. Установлено, что доля УПАТ в смесовом топливе, используемом в европейских аэропортах, должна монотонно возрастать с 2% в 2025 году до 70% в 2050 году. Кроме того, в смесовом топливе должна монотонно возрастать доля самых современных и экологически чистых синтетических видов топлива.

По мнению Европейской комиссии, поскольку мандат будет действовать на всей территории ЕС, он обеспечит равные условия на внутреннем рынке ЕС, предоставит правовую определенность производителям топлива и поможет ускорить крупномасштабное производство УПАТ на континенте. Законодатели также ожидают, что правила обеспечат энергетическую безопасность ЕС за счет снижения зависимости от энергоносителей, поставляемых из третьих стран, и создания тысяч рабочих мест в энергетическом секторе.

Достигнутое соглашение требует официального принятия Европейским Парламентом и Европейским Советом, после чего вступит в силу.

Источник: [ainonline.com/aviation-news/air-transport/2023-04-26/eu-countries-agree-refuel-eu-decarbonization-plan](https://ainonline.com/aviation-news/air-transport/2023-04-26/eu-countries-agree-refuel-eu-decarbonization-plan)

# 13. Разработка регионального самолета с гибридной силовой установкой

В Брюсселе в апреле прошел ежегодный форум программы Clean Aviation, в рамках которого состоялась панельная дискуссия по разработке регионального самолета с гибридной силовой установкой.

По мнению экспертов Leonardo разработка регионального самолета с гибридной силовой установкой с чистого листа требует тесной кооперации всех участников европейской авиационной «экосистемы». Разработка только инновационного летательного аппарата не является эффективным решением, необходимо создание соответствующей инфраструктуры и среды существования для этого летательного аппарата.

Отличительной особенностью региональных авиаперевозок является выверенная бизнес-модель, сфокусированная на низкой стоимости авиаперевозок, отличающаяся высокой топливной эффективностью самолета и простотой его эксплуатации, низкой стоимостью владения для эксплуатанта. Фактически эксплуатационные расходы не являются вторичным параметром при проектировании регионального самолета.

По мнению экспертов Leonardo необходим плавный эволюционный подход в изменении архитектуры регионального самолета.

Следует отметить, что Leonardo владеет долей в 50% в одном из основных игроков рынка региональных авиаперевозок – компании ATR, второй долей в 50% владеет Airbus.

В рамках программы Европейского Союза Clean Aviation реализуется проект Hybrid-Electric Regional Aircraft (HERA). Основной целью проекта HERA является создание регионального самолета с гибридной силовой установкой с уровнем выбросов CO<sub>2</sub> на 50% ниже, чем у современного регионального самолета.



Ожидается, что ввод в эксплуатацию регионального самолета с гибридной силовой установкой должен состояться к 2035 году.

По оценкам экспертов Liebherr Aerospace при введении самолета с гибридной силовой установкой в эксплуатацию в 2035 году ряд декарбонизирующих критических технологий должен достигнуть максимального уровня зрелости к 2027-2028 году, то есть лишь через 4-5 лет.

Среди имеющихся опций на текущий момент следует отметить водородные турбовинтовые двигатели, гибридные силовые установки на базе водородно-воздушных топливных элементов и гибридные силовые установки.

Консорциум HERA сосредоточен на аккумуляторных батареях и водородных топливных элементах, считается, что использование турбовинтовых двигателей на водородном топливе нецелесообразно.

Аккумуляторная батарея сама по себе имеет довольно сложный экологический след, а топливные элементы требуют зеленого водорода, потому что, если вы используете традиционный водород, экологический след будет хуже, чем у традиционных силовых установок.

В рамках проекта HERA будут разработаны также правила сертификации перспективных самолетов совместно с Европейским агентством по безопасности полетов (EASA). В октябре прошлого года Clean Aviation и EASA подписали меморандум о сотрудничестве для облегчения этого процесса, а также для других проектов Clean Aviation. EASA теперь входит в управляющий совет, технический комитет и научно-консультативный орган Clean Aviation.

## 14. Zero Avia и Absolut Hydrogen

Компания Zero Avia, специализирующаяся на создании авиационных силовых установок на базе водородно-воздушных топливных элементов заключила два соглашения с компаниями Absolut Hydrogen и Fortum в области создания инфраструктуры для производства, хранения и заправки самолетов жидким водородом непосредственно в аэропорту.

Компания Absolut Hydrogen специализируется на разработке жидководородных топливных систем для различных видов транспорта. В рамках подписанного с ZeroAvia соглашения будет разработана система сжижения и хранения водородного топлива в аэропорту. В дальнейшем планируется развитие необходимых критических технологий, разработка операционных схем и норм безопасности для масштабирования производства, хранения и заправки самолетов жидким водородом.

ZeroAvia сертифицировала силовую установку для 19-местного самолета, работающую на газообразном водороде, однако, в настоящее время ведется разработка силовой установки ZA2000, работающей на жидком водороде.

Аналогичное соглашение о сотрудничестве в области создания водородной инфраструктуры в аэропортах было подписано с компанией Fortum, однако, детали данного соглашения не раскрываются.

В феврале компания ZeroAvia анонсировала соглашение о сотрудничестве в области водородной инфраструктуры с компанией Shell и аэропортом Роттердама.



Опытный самолет с силовой установкой ZeroAvia

Источники:  
[electrive.com/2023/04/24/zeroavia-and-absolut-hydrogen-explore-liquid-hydrogen-for-aviation](https://electrive.com/2023/04/24/zeroavia-and-absolut-hydrogen-explore-liquid-hydrogen-for-aviation)  
[electrive.com/2023/03/21/fortum-explores-hydrogen-at-airports-with-zeroavia](https://electrive.com/2023/03/21/fortum-explores-hydrogen-at-airports-with-zeroavia)

## 15. Liebherr Aerospace ведет разработку

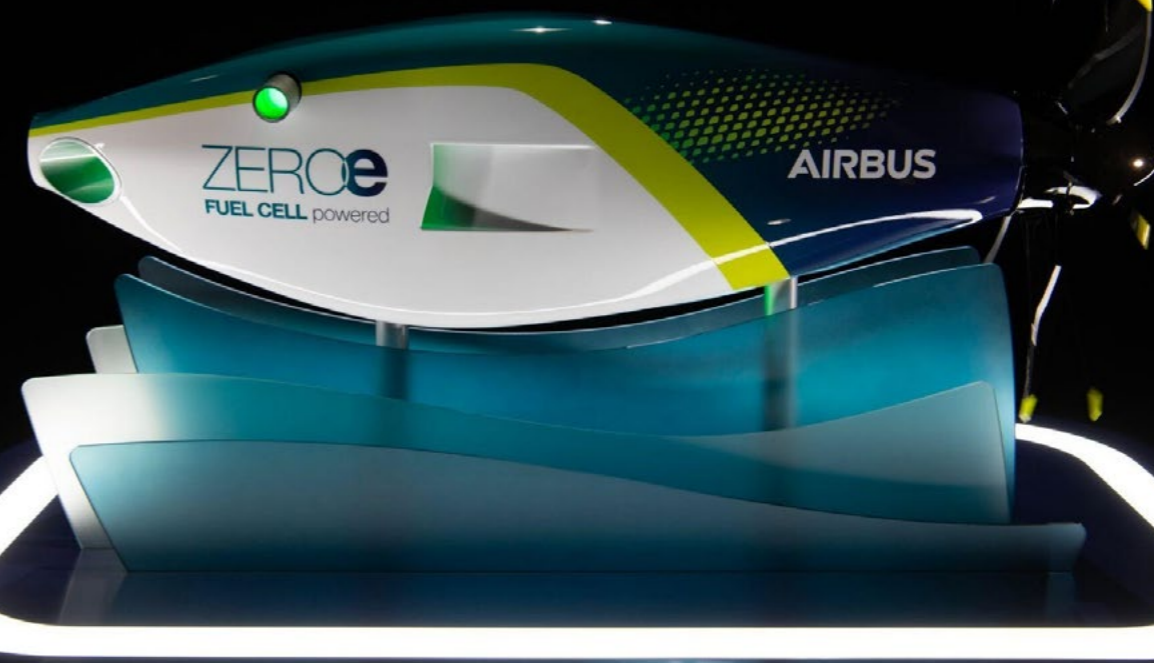
В рамках первой фазы работ по программе Airbus ZEROe компания Liebherr Aerospace разработала и поставила Airbus функциональный демонстратор системы подачи воздуха для силовой установки на базе водородно-воздушных топливных элементов мощностью 1МВт. Демонстратор системы подачи воздуха установлен на испытательном стенде и проходит в настоящее время испытания.

В рамках начавшейся второй фазы работ по программе Airbus ZEROe компания Liebherr Aerospace должна спроектировать демонстратор системы подачи воздуха для силовой установки на базе водородно-воздушных топливных элементов с учетом требований по безопасности полетов, компоновочных ограничений в мотогондole вблизи силовой установки и других эксплуатационных факторов. Демонстратор второго этапа будет участвовать в летных испытаниях силовой установки на базе водородно-воздушных топливных элементов в середине 2020-х.

Уже начата работа по модернизации летающей лаборатории Airbus A380 MSN для летных испытаний силовых установок, работающих на водородном топливе. По ожиданиям экспертов Airbus при достижении поставленных технологических целей силовая установка на базе водородно-воздушных топливных элементов может быть эффективна для узкофюзеляжного пассажирского самолета с вместимостью до 100 человек и дальностью полета до 1500-2000км.

Источник: [ainonline.com/aviation-news/air-transport/2023-04-11/liebherr-developing-air-supply-system-airbus-zeroe-program](https://ainonline.com/aviation-news/air-transport/2023-04-11/liebherr-developing-air-supply-system-airbus-zeroe-program)

Силовая установка на базе водородно-воздушных топливных элементов, разрабатываемая в рамках программы Airbus ZEROe (снизу)





## 16. Britten-Norman и Cranfield Aerospace Solutions объединяются

Британские компании Britten-Norman и Cranfield Aerospace Solutions (CAeS) подписали соглашение о слиянии и начале поставок легких 9-местных самолетов на водородном топливе в 2026 году. Компания намерена получить сертификат EASA как для ремоторизованных, так и для новых моделей девятиместных самолетов Britten-Norman Islander.

Cranfield University и Motus Ventures сохранят свои доли в новой компании. Текущие владельцы Britten-Norman, включая ведущего инвестора Алави Завави, также присоединятся к новой компании. Новые инвестиции обеспечат дополнительное финансирование для поддержки роста объединенной компании.

Основной долгосрочной целью Cranfield Aerospace Solutions является разработка комплектов оборудования для перевода легких 9- и 19-местных самолетов на водородное топливо, а в перспективе и 100-местных самолетов.

На текущий момент Cranfield Aerospace Solutions подписан контракт с немецкой авиакомпанией Evia Aero о поставке 10 комплектов для ремоторизации легких 9-местных самолетов, а также с лизинговой компанией Monte Aircraft на 40 комплектов для ремоторизации легких самолетов.



Легкий самолет с силовой установкой на базе водородно-воздушных топливных элементов в рамках проекта Project Fresson

Компании Cranfield Aerospace Solutions и Britten-Norman тесно сотрудничали в течение 2-х лет в рамках проекта Project Fresson, направленного на ремоторизацию легкого самолета Britten-Norman Islander.

Для создания силовой установки компания Cranfield Aerospace Solutions заключила контракт с разработчиком электродвигателей, компанией Evolito, которая является спин-оффом компании YASA.



Электродвигатель с осевым магнитным потоком Evolito

## 17. Maeve Aerospace: полностью электрический самолет

Голладский стартап Maeve Aerospace анонсировал разработку полностью электрического регионального самолета с пассажироместимостью 44 человека и дальностью полета до 460 км. Сертификация самолета Maeve 01 ожидается в 2029 году.

По заявлению экспертов Maeve Aerospace разработанная платформа будет масштабируемой, что позволит по мере развития электротехнологий нарастить пассажироместимость до 52 человек к 2032 году и дальность полета до 710 км к 2040 году.

На текущий момент компания Maeve Aerospace имеет письма о намерении от 4-х авиакомпаний на 20 самолетов Maeve 01. По заявлениям представителя Maeve Aerospace эксплуатационные расходы Maeve 01 будут на 17% ниже, чем у ATR42. Ожидается, что с переходом на полностью электрические региональные самолеты может быть заново запущен ряд маршрутов в Европе, который ранее считался неэффективным.

Maeve Aerospace заключила стратегическое соглашение с компанией Amprius о поставке аккумуляторных батарей с удельной емкостью 500 Втч/кг к концу десятилетия.



Полностью электрический региональный самолет Maeve 01

Компания Maeve Aerospace собрала \$4 млн. посевных инвестиций, а в настоящее время завершает раунд А инвестиций в объеме \$40 млн, включающий \$17.5 млн от European Investment Council и \$22.5 млн. частных инвестиций. В конце 2022г. Правительство Нидерландов выделило для Maeve Aerospace грант в размере \$2.4 млн.

Источник: [futureflight.aero/news-article/2023-04-13/dutch-start-maeve-unveils-plans-all-electric-regional-airliner](https://futureflight.aero/news-article/2023-04-13/dutch-start-maeve-unveils-plans-all-electric-regional-airliner)

## 18. Safran прошла сертификацию

Компания **Safran** прошла сертификацию на соответствие требованиям **EASA Design Organization Approval** для производства электродвигателей серии **ENGINEUS**

Сертификат Design Organization Approval подтверждает, что внутренняя организационная структура Safran Electrical & Power соответствует требованиям Европейского агентства по безопасности полетов EASA Part 21J.

Получение сертификата Design Organization Approval является важным шагом на пути к получению сертификата типа для семейства электродвигателей Safran ENGINEUS.

На текущий момент Safran Electrical & Power разрабатывает и производит полный спектр оборудования для электрификации летательных аппаратов – электродвигатели, аккумуляторные батареи, генераторы, силовую электронику и блоки управления, системы распределения энергии итд. Семейство Safran ENGINEUS покрывает мощностной ряд от 50 до 750кВт, отличается интегрированным блоком силовой электроники и оптимизированной системой охлаждения.



Электродвигатель Safran ENGINEUS в составе электрической силовой установки

Источник: [safran-group.com/news/safran-obtains-easa-doa-approval-its-engineustm-electric-motor-2023-03-30](https://safran-group.com/news/safran-obtains-easa-doa-approval-its-engineustm-electric-motor-2023-03-30)

## 19. Boeing объявила о запуске новой фазы программы EcoDemonstrator

Компания Boeing анонсировала план летных испытаний на 2023 год в рамках программы EcoDemonstarator. В 2023 году в программе EcoDemonstrator будет участвовать Boeing 787-10 Dreamliner, который совершит ряд испытательных полетов для демонстрации новых подходов к координации работы поставщиков аэронавигационных услуг из различных регионов с целью минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Ожидается, что оптимизация работы поставщиков аэронавигационных услуг позволит оптимизировать траекторию полета и сократить потребление топлива и эмиссию CO2 за типовой полет на величину до 10%.

В 2023 году в программе EcoDemostrator продолжит участие флагманский самолет программы Boeing 777-200ER, на котором проводятся летные испытания 19 инновационных критических технологий, направленных на декарбонизацию авиационной отрасли. Одним из ключевых проектов является проведение летных испытаний панелей обшивки, состоящих на 40% из рециклингового углеродного волокна и 60% из биосвязующего. Проводятся испытания совместимости оптоволоконного датчика качества топлива со 100% устойчиво произведенным авиационным топливом. В рамках программы EcoDemonstarator компания Boeing с 2012 года проводит летные испытания критических технологий в реальных условиях эксплуатации. К текущему моменту проведены летные испытания порядка 250 критических технологий, около 30% из них уже успешно применяются в продуктах Boeing.



Boeing 787-10 Dreamliner в качестве участника программы EcoDemonstrator

Источник: [simpleflying.com/boeing-787-10-ecodemonstrator-explorer-aircraft](https://simpleflying.com/boeing-787-10-ecodemonstrator-explorer-aircraft)

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

Уразбахтин Руслан Рустемович

Руководитель СКБ «УППО-УГАТУ»

T-DRONES, поставщик решений, специализирующийся на летных платформах для дальних полетов, выпустил MX860, революционный многороторный дрон, который расширяет первоначальную концепцию квадрокоптера с 4 до 8 двигателей, расположенных в 4 коаксиальных парах. Преимуществом этого решения является увеличение подъемной силы и мощности при сохранении компактных размеров и формы. Отличительными конструктивными особенностями являются складные рычаги и шасси, а также быстросъемные устройства для удобства клиентов. К преимуществам MX860 разработчики относят малый размер, большую выносливость и большую полезную нагрузку, а также повышенную безопасность и производительность во время работы. Увеличение числа электродвигателей беспилотного летательного аппарата существенно повышает его стоимость и увеличивает расход электроэнергии на питание силовой установки, поэтому при проектировании БПЛА необходимо выбирать оптимальное решение по типу беспилотного летательного аппарата и количеству двигателей на нем в зависимости от спектра решаемых задач. По мнению разработчиков ПИШ «Моторы Будущего» альтернативой применению коаксиальных мультироторных дронов является расширение линейки беспилотных летательных аппаратов вертолетного типа, в том числе соосных вертолетов, которые позволяют решать тот же спектр задач, используя при этом один электродвигатель с несущим винтом.

Источник: t-drones.com

## 1. Коаксиальный мультироторный дрон



Коаксиальный мультироторный дрон T-DRONES MX860

## 2. Выпущена облачная интеграция gNext-Skydio

gNext и Skydio сотрудничают, чтобы обеспечить автоматическую загрузку данных о полетах инспекционных дронов на платформу gNext через облако Skydio без участия оператора.

gNext Labs, одна из самых быстро развивающихся платформ для наблюдения за инфраструктурой в мире, объявила о выпуске облачной интеграции gNext-Skydio, предоставляющей клиентам упрощенный доступ к данным их дронов на собственной платформе gNext, повышая скорость и эффективность проверок инфраструктуры.

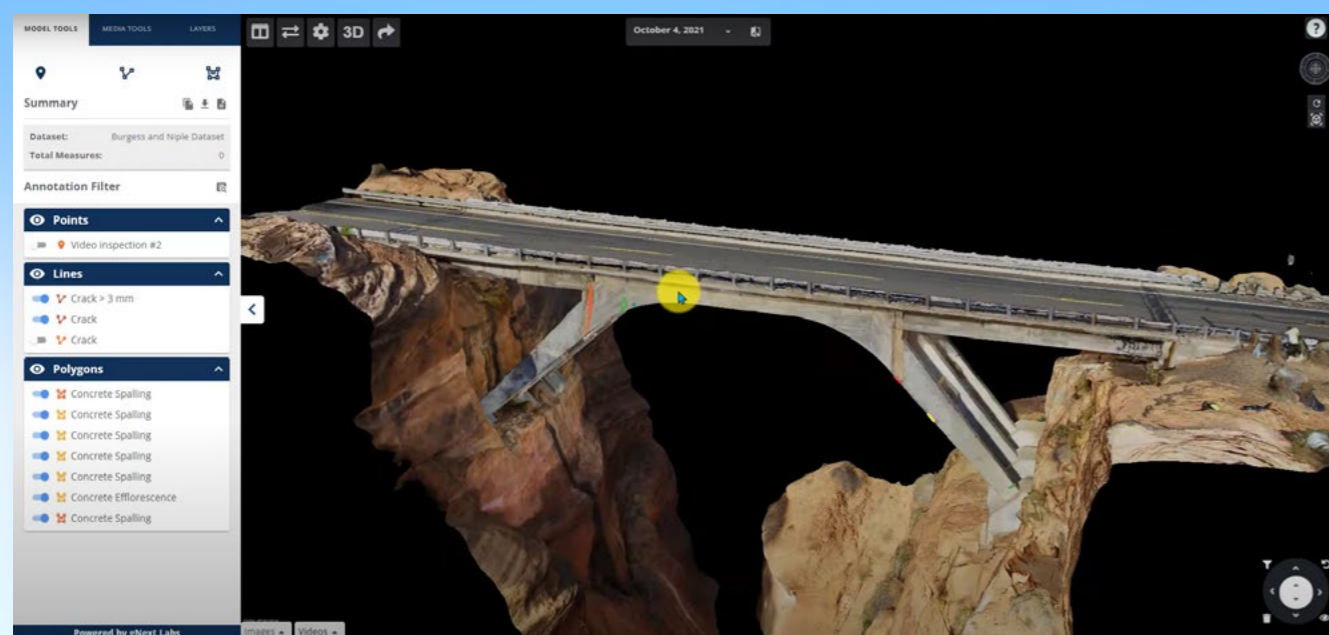
Благодаря интеграции корпоративные клиенты gNext и Skydio Cloud теперь могут загружать и управлять своими полетными медиафайлами с помощью Skydio Media Sync через Wi-Fi. Клиенты могут просто подключить дрон к источнику питания, и он автоматически загрузит свои данные в облако Skydio, что позволит командам хранить, искать и обмениваться ими по всей организации.

Эта интеграция использует Skydio Cloud API, чтобы обеспечить автоматическую передачу мультимедиа между Skydio Cloud и платформой gNext Cloud, обеспечивая оптимизированный процесс анализа данных и устраняя необходимость ручной загрузки. В качестве комплексного решения медиаданные, собранные во время полета, станут легко доступны на платформе gNext, что сэкономит время и избавит от проблем с SD-картами и ручными процессами.

Функция gNext Skydio Sync автоматически импортирует изображения из облака Skydio. Пользователи могут просто установить флажки, соответствующие 3D-сканам, которые они хотели бы загрузить в свой

проект, что сэкономит часы рабочего процесса управления данными. После того, как 3D-сканирование было импортировано в проект gNext, автоматически запускается конвейер обработки данных, и платформа отправляет пользователям электронное письмо по завершению сканирования.

Проблема обработки и хранения данных при использовании беспилотников является одной из наиболее актуальных проблем в области беспилотия сегодня, что с одной стороны обусловлено ограничением на объем данных, который может храниться на борту беспилотника и угрозой их безопасности, и с другой стороны обусловлено сложностью передачи и хранения большого объема данных с беспилотников на наземных станциях. В ПИШ «Моторы Будущего» в рамках разработки беспилотных летательных аппаратов, выполняющих задачи мониторинга, решаются проблемы передачи и хранения данных, в том числе по обеспечению стабильной передачи больших объемов данных и их обработки и упорядочиванию с применением баз данных и нейронных сетей.



Проверка моста с использованием данных, собранных с помощью Skydio и визуализированных в gNext

Источник: [gnextlabs.com](http://gnextlabs.com)

## 3. Новая система предотвращения столкновений дронов

Исследовательская группа из MIT обновила систему планирования траектории летающих беспилотников для предотвращения столкновений.

На улицах городов и на промышленных объектах становится все больше роботов и дронов.

Соответственно, возрастает риск столкновений. Поэтому, команда из

Массачусетского технологического института еще в 2020 году создала систему регулирования полетов для беспилотников. Первая версия системы MADER заставляла каждого дрона, оповещать о траектории своего движения, чтобы другие беспилотники «не вставали на его дороге». При моделировании программа работала без нареканий. Однако во время испытаний «в поле» выяснилось, что система не учитывает задержки в передаче информации между дронами. Поэтому избежать столкновений не удалось.

MADER отлично работал в симуляциях, но он не был протестирован на оборудовании. Итак, мы построили кучу дронов и начали на них летать. Беспилотникам нужно «общаться» друг с другом, чтобы разделить траектории, но как только вы начинаете летать, вы довольно быстро понимаете, что всегда есть задержки в передаче данных, которые приводят к авариям, – говорит аспирант аэронавтики и астронавтики Кота Кондо.

Поэтому команда начала дорабатывать свою систему, выпустив обновленную версию – Robust MADER. Она способна генерировать траектории без столкновений для дронов даже при задержке связи между ними.

Система представляет собой асинхронный, децентрализованный, многоагентный планировщик траекторий. Каждый беспилотник формулирует свой маршрут, а затем проверяет наличие дронов поблизости, чтобы убедиться, что он не столкнется ни с одним из них. Команда MIT провела сотни симуляций, в которых они искусственно вводили задержки связи, и обнаружила, что Robust MADER на 100% успешно предотвращал столкновения. При тестировании с шестью дронами и двумя воздушными препятствиями в условиях полета Robust MADER смог избежать аварий, в то время как старый алгоритм допустил бы семь столкновений.

Источник: [er10.kz/read/it-novosti/predstavlena-novaya-sistema-predotvrashhenija-stolknovenij-dronov-vozduhe](http://er10.kz/read/it-novosti/predstavlena-novaya-sistema-predotvrashhenija-stolknovenij-dronov-vozduhe)

## 4. Надувная защита от падения

Учёные Университета штата Аризона (США) предложили дрон SoBar с надувным корпусом — благодаря этому решению он не выходит из строя при столкновениях с препятствиями, а просто отскакивает от них и продолжает работу.

Электронные компоненты дрона и его винты такие же жёсткие, как и у обычных квадрокоптеров, а основная надувная конструкция изготовлена из нейлоновой ткани с полиуретановым покрытием. Лучи квадрокоптера выступают за пропеллеры, поэтому при столкновении и падении на горизонтальные поверхности вероятность повреждения лопастей относительно невысока.

Ещё одна особенность SoBar — установленный в нижней части захват со стальными бистабильными листовыми рессорами в нейлоновых рукавах. Когда захват сильно прижимается к объекту, например, к ветке на дереве, рессоры выскакивают и обхватывают опору, позволяя дрону «сидеть» на ней неограниченное время. Когда возникает потребность продолжить полёт, нейлоновые рукава надуваются, становясь жёсткими, а расположенные внутри рессоры возвращаются в плоское положение, освобождая дрон. Захват производится за 3 мс, а на освобождение уходят 3 с.

На практике SoBar сможет использоваться при поисково-спасательных работах после стихийных бедствий. Во время таких операций дронам зачастую приходится перемещаться в ограниченном пространстве, когда есть риск столкновения с обломками и другими объектами.

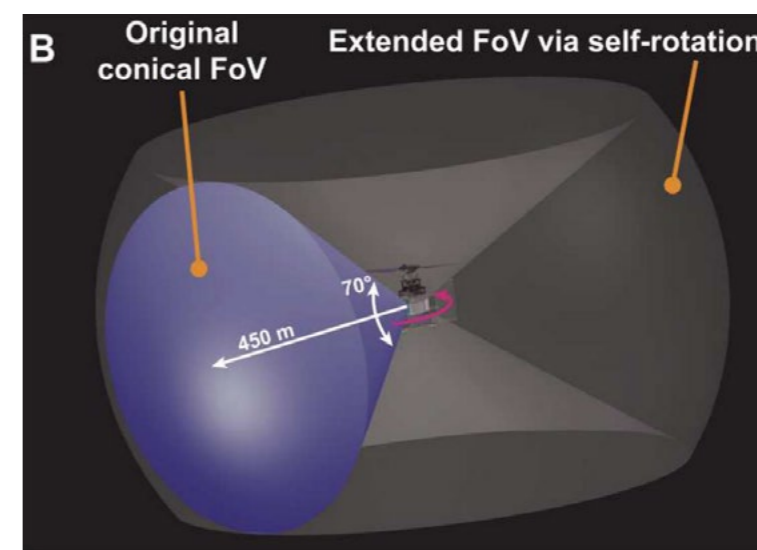
Источник: [liebertpub.com/doi/10.1089/soro.2022.0010](http://liebertpub.com/doi/10.1089/soro.2022.0010)

Дрон SoBar с надувным корпусом



## 5. Дрон-монокоптер

Китайские инженеры разработали дрон-монокоптер, который полностью управляется с помощью только одного электромотора. Он получает подробную информацию об окружении с помощью лидара, установленного на корпус, который вращается из-за реактивного момента, создаваемого несущим винтом. Благодаря этому дрон может автономно планировать траекторию движения, избегая столкновения со статическими и динамическими препятствиями, говорится в работе, опубликованной в журнале Science Robotics.

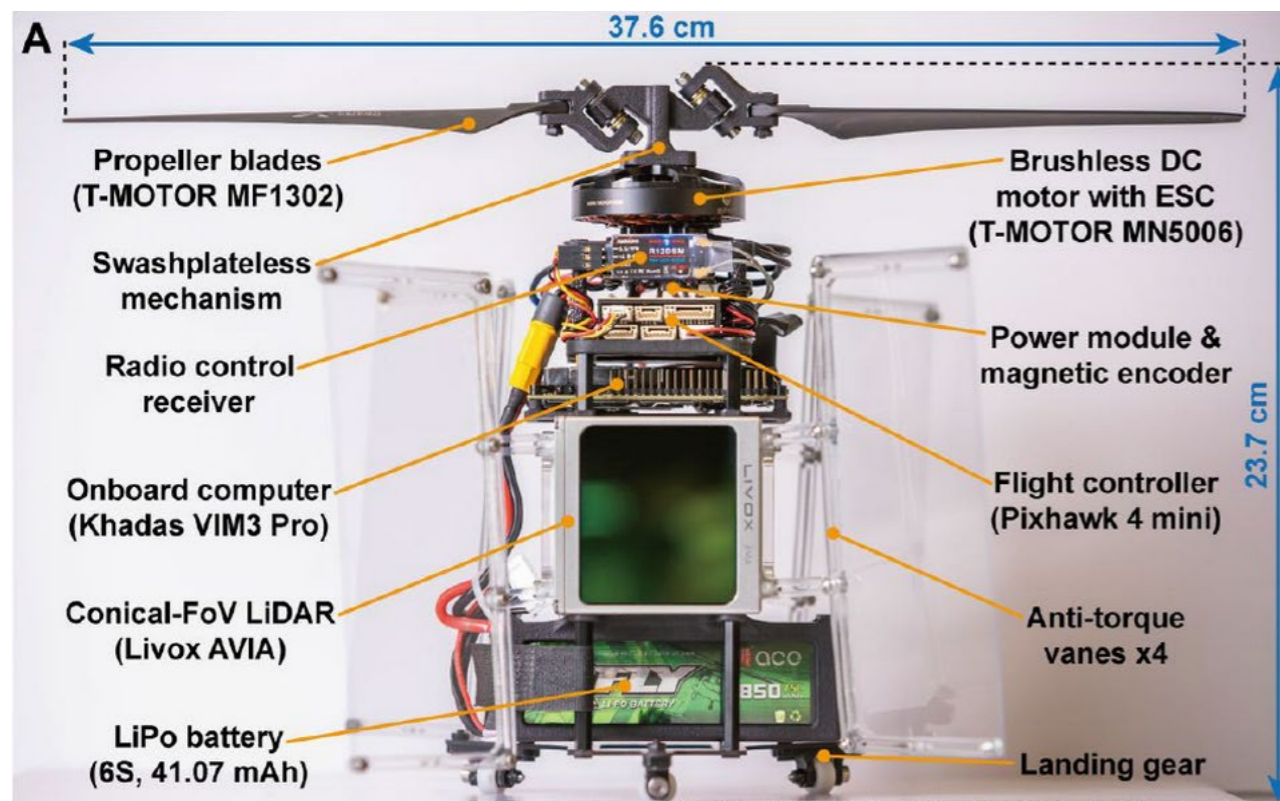


Увеличение поля зрения лидара за счет вращения

Для решения проблемы ограничений по разрешению и полю зрения инженеры из Китая под руководством Фу Чжана (Fu Zhang) из Гонконгского университета предложили использовать для расширения поля зрения лидара возникающий при полете летательного аппарата с одним несущим винтом эффект самовращения корпуса, который из-за реактивного момента стремится развернуться в сторону противоположную направлению вращения винта. Таким образом дрон, оборудованный лидаром с изначально ограниченным полем зрения, за счет его непрерывного вращения вместе с корпусом получает полноценный круговой обзор.

Корпус построенного инженерами монокоптера PULSAR массой 1,23 килограмма можно разделить на три секции. Сверху расположен электромотор с двухлопастным несущим винтом диаметром 37,6 сантиметра и полетный контроллер. В средней части – лидар и бортовой компьютер на процессоре ARM. В нижней части находится аккумуляторная батарея, а также трехколесное шасси с колесами, расположенными по кругу. Благодаря им при взлете корпус дрона может крутиться, не отрываясь от поверхности.

Чтобы снизить частоту вращения корпуса под действием реактивного момента, по его периметру закреплены небольшие вертикальные лопасти, играющие роль воздушных тормозов. Они ограничивают частоту в районе 2,7 герца. Частота вращения несущего винта составляет при этом 6800 оборотов в минуту.



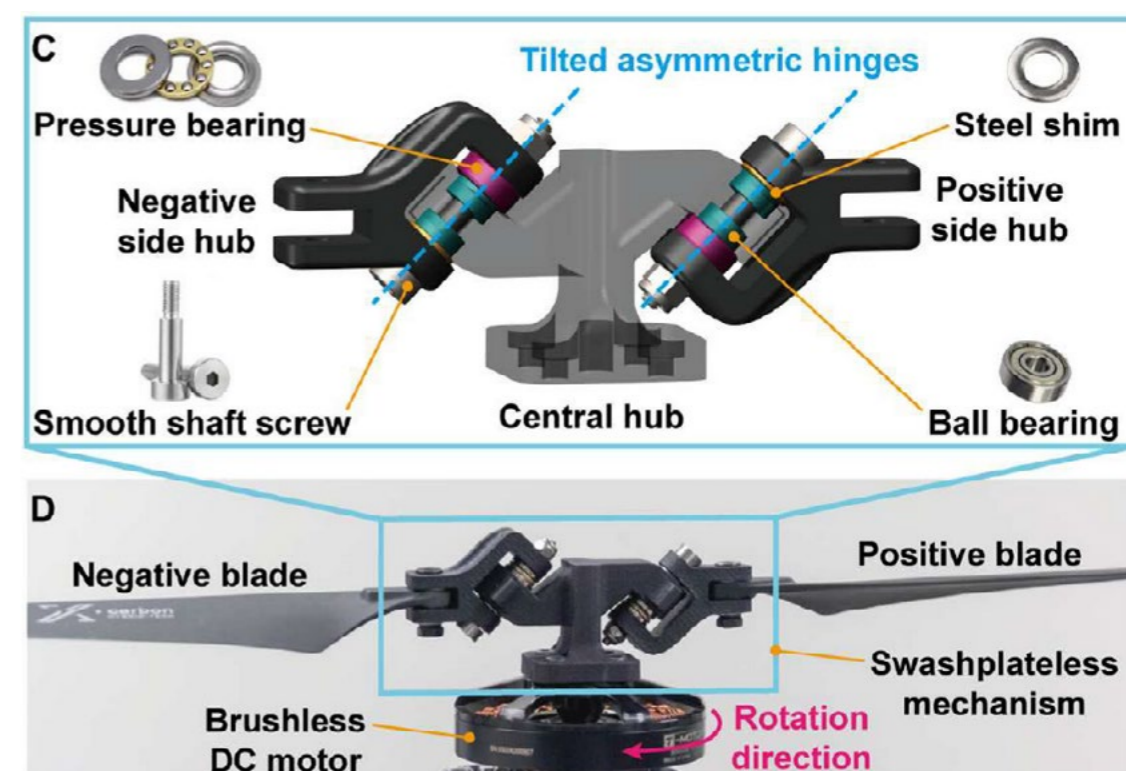
Описание компонентов дрона

Для экономии массы и энергопотребления было решено использовать один и тот же электромотор и для создания тяги, и для управления монокоптером в горизонтальной плоскости. Для этого разработчикам пришлось отказаться от использования классического автомата перекоса – устройства управления одновинтовыми вертолетами, которое изменяет углы наклона лопастей винта. Вместо него для управления полетом в горизонтальной плоскости используются асимметрично наклоненные на 45 градусов по отношению к ротору крепления лопастей.

В результате ускорение или замедление вращения ротора винта приводит к дополнительному повороту обеих лопастей вокруг наклонных осей под действием сил инерции. При этом, так как наклон осей крепления асимметричен относительно ротора, смещение одной из лопастей приводит к увеличению угла ее установки по отношению к набегающему потоку воздуха, а значит и к увеличению подъемной силы, в то время как угол установки второй лопасти изменяется в противоположном направлении и, как следствие, создаваемая ею подъемная сила наоборот уменьшается.

Таким образом, ускоряя или замедляя вращение двигателя в определенные промежутки времени, можно создавать момент, стремящийся наклонить дрон в нужном для полета направлении. При этом средняя скорость вращения ротора несущего винта отвечает за величину тяги, то есть за управление по вертикальной оси.

Создание силовых установок беспилотных летательных аппаратов с интегрированным управлением открывает путь к созданию БПЛА новых конструкций и к уменьшению массы и габаритов некоторых БПЛА традиционных конструкций. В ПИШ «Моторы Будущего» ведется разработка силовой установки с интегрированным управлением и интеллектуального стенда для определения ее параметров.



Устройство несущего винта монокоптера без тарелки автомата перекоса

Для того чтобы оценить летные качества получившегося устройства, разработчики провели серию испытаний, в которых сравнили монокоптер с дронами, построенными по классической квадрокоптерной схеме. В испытании на длительность полета в режиме висения выяснилось, что монокоптер почти на 27 процентов экономичнее, чем квадрокоптер с аналогичной массой и площадью несущих винтов. Версия монокоптера без лидара, с батареей емкостью 73,6 ватт-часа и с увеличенным до 41,7 сантиметра диаметром винта продержалась в режиме висения больше 40 минут.

Полеты в помещении по заданной траектории в виде восьмерки также показали меньшее энергопотребление монокоптера в сравнении с квадрокоптером из предыдущего теста. Первый в среднем тратил 186 ватт, тогда как квадрокоптер потреблял около 226 ватт. А вот по параметру, описывающему отклонения от заданной траектории, монокоптер немного уступил своему четырехпропеллерному конкуренту, однако при этом все же остался в пределах допустимого диапазона.

Источник: [nplus1.ru/news/2023/04/01/monocopter-drone-pulsar](https://nplus1.ru/news/2023/04/01/monocopter-drone-pulsar)

## 6. Завод по выпуску аэротакси и грузовых беспилотников

Российская компания «Транспорт будущего» — дочерний проект компании «Эфко» и создатель беспилотников Hi-Fly — купила площадку для строительства завода для выпуска гражданских беспилотных авиационных систем (БАС). Строительство будет организовано в особой экономической зоне «Тольятти», к 2024 году компания намерена выйти на производство более 3 тыс. беспилотников ежегодно.



Грузовой беспилотник S700 Cargo

Площадь купленной площадки составляет более 40 тыс. м<sup>2</sup>. Пока будет вестись строительство завода, офисные сотрудники и инженерный персонал «Транспорта будущего» будет работать в технопарке «Жигулёвская долина». В «Тольятти» будут выпускать как тяжёлые грузовые БАС, так и модели массой до 30 кг. При этом предусмотрена не только сборка дронов, но и создание ключевых компонентов — от двигателей до элементов корпуса и авионики. Пока в модельном ряду «Транспорта будущего» имеются два варианта БАС — аэротакси и грузовой беспилотник массой до 700 кг. По имеющимся данным, уже собрано порядка 50 экземпляров, каждый месяц собирают по 2-5 беспилотников каждого типа. В первую очередь — для всевозможных испытаний.

Работа на площадке в Тольятти должна начаться уже в апреле. Пока речь идёт о строительстве и создании инфраструктуры, а само производство более 3 тыс БАС ежегодно должно начаться в 2024 году. Как сообщают «Известия», в разработки уже вложено более 3 млрд рублей, и объёмы инвестиций будут только расти. В Минпромторге заявили о проработке мер поддержки проекта.

Ожидается, что беспилотники будут востребованы государственными ведомствами и компаниями с государственным участием, а также частным бизнесом. Сообщается, что разработкой гражданских беспилотников занимаются многие российские компании, но ещё никто из них не наладил серийного производства. На новой площадке планируется не только выпуск, но и лётные испытания беспилотников, уже одобрен экспериментальный правовой режим для доставки грузов и проведения сельхозработ, запуск полётов планируется до конца текущего года.

Как было отмечено ранее в выпуске, разработка беспилотников с большим количеством двигателей требует тщательного подхода к поиску оптимального решения, при этом существуют альтернативные варианты беспилотников с минимальным количеством двигателей.

Источник: [iz.ru/1500384/anastasiia-lvova/gruzovoe-nebo-v-rf-sozdaiut-pervyi-zavod-po-vypusku-grazhdanskikh-dronov](https://iz.ru/1500384/anastasiia-lvova/gruzovoe-nebo-v-rf-sozdaiut-pervyi-zavod-po-vypusku-grazhdanskikh-dronov)

## 7. Вычисление нарушителей при помощи БПЛА

Директор департамента надзорной деятельности и профилактической работы МЧС Ринат Еникеев заявил, что в России будут выявлять нарушения противопожарного режима при помощи БПЛА.

«Мы планируем и будем это делать, у нас есть квадрокоптеры, беспилотные летательные аппараты, мы будем мониторить ситуацию», — сообщил Еникеев. По его словам, новые меры по обеспечению безопасности начнут применять на майских праздниках. При подозрении на совершение правонарушений, связанных с зарастанием участков сухой травой, владельцы земли будут получать предостережения, игнорирование которых будет вести к проведению внеплановых надзорных мероприятий и привлечению виновных к ответственности.

Источник: [gazeta.ru/social/news/2023/04/24/20282137.shtml?updated](https://gazeta.ru/social/news/2023/04/24/20282137.shtml?updated)

## 8. Zipline спустит груз с помощью робота на лебедке

Американский стартап Zipline разработал систему быстрой курьерской доставки по воздуху с помощью полностью автономных дронов. Такой беспилотник несет на борту спускаемый на лебедке роботизированный грузовой контейнер, оснащенный собственными пропеллерами для точного позиционирования и компенсации ветра. Дрон может доставлять грузы массой до 3,6 килограммов в радиусе 16 километров. Видеопрезентация опубликована на YouTube-канале компании.

Zipline — американский стартап, занимающаяся курьерской доставкой по воздуху с помощью дронов, а также их разработкой и производством. Компания с 2016 года на регулярной основе доставляет кровь и медикаменты в труднодоступные районы Руанды. Для этого Zipline использует дроны самолетного типа с большой дальностью полета. Подлетев к цели, заданной координатами GPS, беспилотник сбрасывает контейнер с грузом на небольшом парашюте — такой тип доставки отлично подходит территорий с открытыми площадками для сброса груза.

Однако в городской застройке существенно повышаются требования к точности и скорости доставки, тогда как дальность полета дрона становится менее важной. Для того чтобы улучшить эти параметры, инженеры Zipline разработали новый дрон P2 Zip с роботизированным грузовым контейнером на лебедке.

Дрон построен по схеме мультикоптера-конвертоплана и может доставлять грузы массой до 3,6 килограммов в радиусе 16 километров на скорости до 112 километров в час. У него есть прямое самолетное крыло и V-образное оперение на хвосте. Четыре ротора на установленных под крыльями консолях позволяют дрону летать на малых скоростях и зависать на одном месте. Пятый пропеллер на хвосте дрона может поворачиваться на 90 градусов в вертикальной плоскости. В горизонтальном полете он толкает беспилотник вперед, а в режиме висения разворачивается плоскостью винта к земле. Внутри беспилотника находится роботизированный контейнер для груза, у которого есть собственные воздушные винты и опоры для посадки. Зависший

# ЭТК Линейка малоразмерных электродвигателей

По всем вопросам:  
firm@uust.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 <sup>-6</sup> кг·м <sup>2</sup>

## Электродвигатель ЭД-БАС-4950/400

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 мкГн
Номинальный момент	1440 мНм	Линейное сопротивление	5 МОм
Фазный ток при номинальном моменте	120А	Момент инерции	30·10 <sup>-6</sup> кг·м <sup>2</sup>

## 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 <sup>-6</sup> кг·м <sup>2</sup>

## Электродвигатель ЭД-БАС-4950/400

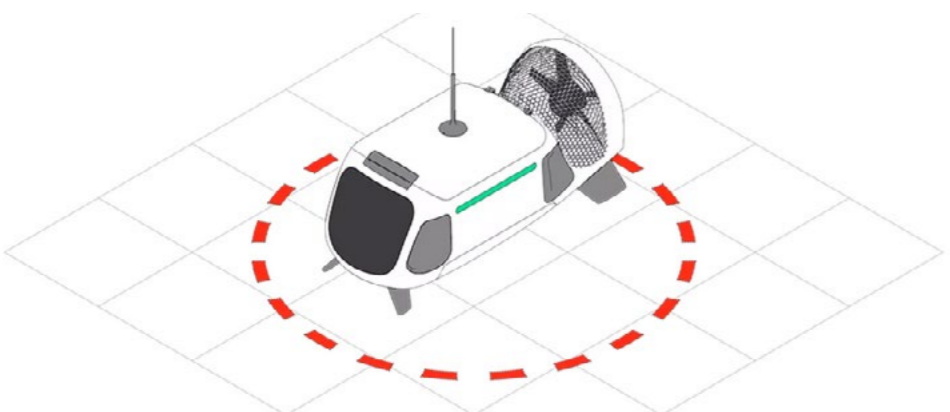
Номинальное напряжение	37В	Пусковой момент при нагреве постоянных магнитов до 80 °С	1029 мНм
Частота холостого хода	9250 об/мин	Напряжение в режиме влета	40В
Номинальная частота вращения	4920 об/мин	Линейная индуктивность	650 мкГн
Номинальный момент	0,5 Нм	Линейное сопротивление	0,93 Ом
Фазный ток при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

над местом назначения на высоте нескольких десятков метров беспилотник плавно опускает робоконтейнер вниз с помощью лебедки. При этом сенсоры робота фиксируют возникающие из-за ветра отклонения от точки посадки и компенсируют их с помощью трех пропеллеров. Два из них отвечают за смещения в перпендикулярном направлении и повороты робота вокруг вертикальной оси, а третий, большего диаметра, – за смещение в продольном направлении. Достигнув поверхности, робот-доставщик открывает дверцы грузового люка в нижней части корпуса, оставляя посылку в заданном месте. После чего беспилотник поднимает его наверх.

Также инженеры разработали посадочный док, который предполагается устанавливать снаружи зданий, в которых размещаются компании, занимающиеся доставкой. Автоматически прикрепившись к доку, дрон будет опускать контейнер в окно, через которое сотрудники курьерской службы смогут положить в него следующий заказ. Ожидается, что такая схема сократит время ожидания заказа.



Автономный дрон с лебедкой и роботизированным контейнером



Роботизированный контейнер

Стоит отметить, что путем к повышению точности управления беспилотниками в пересеченных местностях является применение систем обеспечения автоматического полета. Причем зачастую систем обеспечения автоматического полета, реализованных на алгоритмическом уровне недостаточно, так как существует доля неопределенности в возникающих во время полета ситуациях. В ПИШ «Моторы Будущего» ведется разработка систем обеспечения автоматического полета на основании искусственного интеллекта, которые позволят беспилотникам выполнять безопасные полеты в пересеченной местности, в том числе в городской среде.

Источник: [russiandrone.ru/news/bespilotnik\\_ot\\_zipline\\_spustit\\_gruz\\_s\\_pomoshchyu\\_robota\\_na\\_lebedke](http://russiandrone.ru/news/bespilotnik_ot_zipline_spustit_gruz_s_pomoshchyu_robota_na_lebedke)





Передовая инженерная школа  
**Моторы Будущего**

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

