

# Новые разработки роботизированных приставок-манипуляторов NDT к мультикоптерам для разных сфер применения

Дмитрий Пурпурсевич

Возможности дронов (мультикоптеров, БПЛА) постоянно расширяются. В статье рассматриваются новейшие разработки иностранных и отечественных компаний в области электронных роботизированных устройств-манипуляторов как элементов инспекционных беспилотников NDT. Главное в инновационных разработках – неразрушающее действие с очень серьёзными перспективами развития направления.

## Электронные управляемые «руки» из Италии

В 2023 году итальянская технологическая компания Neabotics представила мультикоптер с электронным манипулятором, снабжённый сферическим «запястьем», который можно использовать для обслуживания высоковольтных линий электропередач без риска поражения электрическим током и падения с высоты для человека. Среди новейших разработок компании, действующей на международном рынке с 2018 года (Via Coroglio 57, 80124, Неаполь, Италия), производство промышленного оборудования.

Беспилотник NDT с роботизированной рукой-манипулятором в режиме реального времени обеспечивает высококачественные измерения, сопоставимые с теми, что выполняются специализированными операторами-людьми. Устройство полезно в геометрически сложных условиях, где другие системы беспилотников,

способные выполнять измерения только через ортогональный доступ, не справляются. Тем не менее уже созданы модели для разного назначения, и созданы они не только в Италии, но также в России и других странах. Что касается инноваций от Neabotics, их отличает, кроме прочего, сверхлёгкий корпус из карбонового материала, который оказался полезен и для замкнутых пространств.

## Дроны-манипуляторы от Neabotics

С помощью специализированного БПЛА NDT можно упростить проверки в опасных средах, таких как высотные конструкции или замкнутые пространства. Теперь не нужно строить «леса со стропилами» и отправлять на них оператора с оборудованием: электронный БПЛА с манипулятором обеспечит выполнение задачи быстрее и качественнее. Устройство весит чуть более 4 кг и поднимает нагрузку лишь немно-

го меньшего значения – 3,5 кг. Оно позволяет устанавливать устройства для отпугивания птиц, монтировать на линии электропередач (ЛЭП) габаритные световые огни (для безопасности пролёта малой авиации и обозначения ЛЭП), менять электроизоляторы и небольшие элементы конструкции ЛЭП с меньшими риском и затратами, чем когда действуют люди. Такие устройства также могут окрашивать защитным слоем (или иной краской) опоры, предотвращая их коррозию. Подробнее об этом в [1]. На рис. 1 представлен дрон для регламентных работ на ЛЭП.

В мае 2024 года стало известно о беспилотном летательном аппарате, который использует ультразвуковую (УЗ) технологию для проверки бетонных конструкций (рис. 2). Компания Neabotics работала над созданием управляемого электронного манипулятора – «механической руки» – с 2020 года. Компания – один из лидеров в области разработок индивидуальных автоматизированных решений для разных целей, исходя из потребностей заказчиков. Наклоняемый дрон – испытатель бетона с ультразвуковыми чувствительными датчиками, оснащённый прочным экраном для работы в закрытых и особо сложных условиях, представлен на рис. 2.



Рис. 1. Дрон-манипулятор для регламентных работ на ЛЭП



Рис. 2. Устройство для проверки бетонных конструкций и проведения регламентных работ [9]



Рис. 3. БПЛА для надводных и подводных исследований [6]



Рис. 4. Внешний вид дрона-манипулятора для забора проб воды

Устройство предназначено для выполнения косвенных измерений УТ для определения качества бетона. Дрон может достигать и поддерживать стабильный контакт с измеряемыми поверхностями, гарантируя силу притяжения (давления на поверхность) до 1 кг, измеряемую и контролируруемую в режиме реального времени. Благодаря роботизированной системе позиционирования уже созданные модели дронов могут автоматически позиционировать 2-3 зонда формата УТ с размещением (отстоянием) на расстоянии от 25 до 100 см с выбираемым шагом [7, 8].

Управляемый многоразовый БПЛА, оснащённый роботизированной «рукой» и миниатюрным 6-осевым датчиком силы и момента, способным контактировать с различными датчиками измерения неразрушающего контроля (УТ, ЕMat, вихревые токи), поможет во многих сферах. Контроль параметров (измерение) притяжения устройства к опоре обеспечивается с помощью датчиков с частотой опроса 500 Гц. Подробнее об этом можно прочитать в [9]. Вот почему такой БПЛА может применять стабильную силу контакта и одновременно гарантировать идеальное прилегание и выравнивание измерительной системы даже в сложных рабочих условиях. БПЛА с изменяемой траекторией полёта, с возможностью наклонов в разных угловых форматах и изменения угловой скорости, оснащённый прочным (устойчивым к воздействиям среды – песка, пыли, влажности и воды) дисплеем, востребован для работы в токсичных средах и особо сложных условиях.

Роботизированный комплекс состоит из БПЛА, который может наклоняться под разными углами, а также специального измерительного

инструмента, устанавливаемого опционально спереди или сверху основной конструкции. Предусмотрено несколько датчиков (датчик нагрузки, УЗ-сенсоры для измерения качества бетона и др.) и камера Time-Of-Flight (ToF), формирующая изображение в формате «удалённого портрета». Расчёт глубины и расстояний обеспечивается с помощью технологии измерения времени полёта (ToF) в соответствии с алгоритмами, используемыми в радарх. Благодаря этому формируется изображение, подобное радиолокационным портретам, за исключением того, что для его построения задействован световой импульс вместо радиочастотного сигнала.

### Глуководный дрон

Беспилотный летательный аппарат, способный выполнять многоспектральные исследования, а также задачи по обследованию в видимом поле, может приземляться на воду, двигаться не только по поверхности акватории даже при волнах высотой

до 1,5 м, а также нести и выпускать измерительный зонд для проведения исследований на месте в толще воды на глубине до 250 м. Внешний вид конструкции представлен на рис. 3.

Измерительный зонд может быть с разными техническими параметрами, главное, что он передаёт данные дистанционно и обладает высоким метрологическим быстродействием. В соответствии с оснащением и датчиками устройство обеспечивает одновременное измерение рН, хлорофилла, PAR, солёности, температуры, давления или наличия углеводородов, CO<sub>2</sub> и других параметров. Полезная нагрузка специализирована до 5 кг, что в соответствии с параметрами АКБ гарантирует дальность полёта и время проведения работ (измерений) до 40 минут (рис. 4).

Беспилотник доступен для удалённого программирования и выполнения автономных миссий [6]. Ранее «Современная электроника» писала об особенностях влаго-, взрыво- и пылезащищённого электронного оборудования [2, 3].

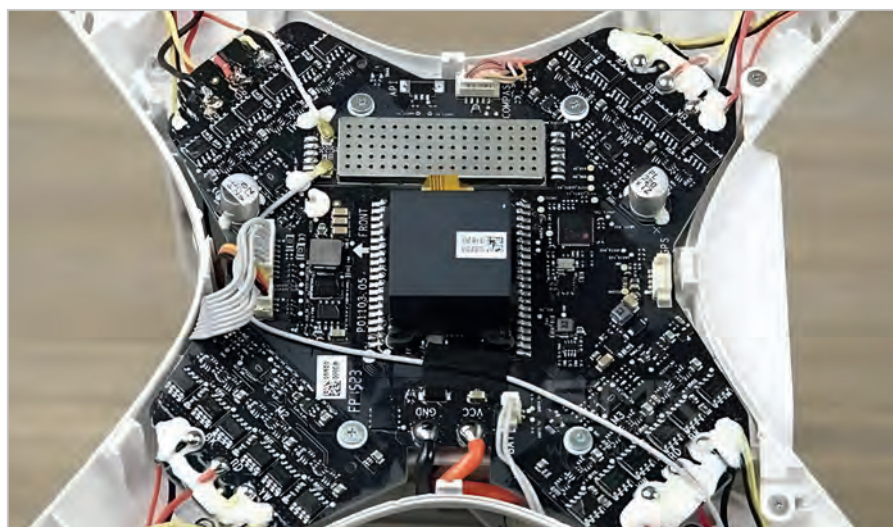


Рис. 5. Вид на печатную плату дрона



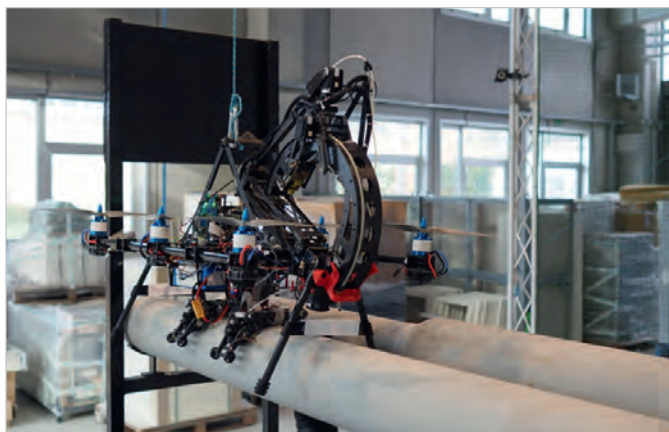


Рис. 6. Беспилотник NDT для инспекции трубопроводов [8]



Рис. 7. Роботизированный комплекс от Neabotics

На рис. 5 представлен вид на печатную плату дрона.

### Беспилотник для инспекции труб NDT

Многофункциональный дрон с гибридным способом управления и манипуляций оснащён специально разработанной всенаправленной мобильной базой с возможностью приземления на трубопроводы для установки электронных систем измерения неразрушающего контроля (УТ, eMat, вихревые токи, измерение магнитного поля, прецизионная тепловая съёмка и измерение других параметров). Устройство представлено на рис. 6.

Благодаря запатентованной базе после приземления можно проводить измерения почти в любом месте с функцией энергосбережения, экономя потребление электроэнергии от АКБ. Аппарат оснащён небольшой роботизированной рукой для работ по техническому обслуживанию или обследований в закрытых и очень сложных условиях [7, 8]. На рис. 7 представлен роботизированный комплекс от Neabotics для регламентных работ и

поиска неисправностей в трубопроводах.

По фактору перемещения и траектории с учётом малых размеров и веса мультикоптера дистанционно управляемое летающее электронное устройство напоминает муху или осу с возможностью быстро перемещаться в разных направлениях. О дроне крайне малых размеров, разработанном в Голландии, можно прочитать в [4]. Это устройство (рис. 8) не только перемещается, как муха, и имеет возможность садиться на потолок, но также может рассчитывать маршрут, фиксировать его в электронной памяти и таким образом запоминать путь, подобно пчёлам и муравьям, обходя при этом любые физические препятствия.

### Способы нейтрализации

Уместно упомянуть о возможности нейтрализации подобных электронных систем с непредсказуемой траекторией полета. Это аналог системы электронного поражения комаров, мух, пчел, почти всех летающих натуральных объектов – инципиентов. На рис. 9 представлен

вид бытового устройства для поражения мух.

Таким же образом, как представляется автору, можно бороться и с микродронами. Речь идёт о защитной сетке широкого поля (размера), на элементы которой подаётся высокое напряжение в импульсном режиме при подлёте микродрона. И конечно, для нейтрализации дронов малого форм-фактора достаточно электронного устройства TG2000-121A для глушения радиосигналов даже небольшой мощности, действующего на соответствующих частотах (рис. 10) в радиусе 50 метров.

### Примеры в проектировании мехатроники

Autonomous Pipe Inspection Robot (APIBOT) позиционируют как автономный робот для осмотра труб и трубопроводов, в том числе в токсичных условиях и опасных средах. В этом смысле электроника действительно творит чудеса, так как БПЛА с управляемыми манипуляторами буквально подменяют присутствие тестировщика или специалиста –



Рис. 8. БПЛА миниатюрных размеров производства Голландии



Рис. 9. Вид бытового устройства для поражения мух



человека, то есть позволяют решать задачи без привлечения человека непосредственно в опасной ситуации. Концепция дальнейшего развития этого направления оправдана: человеческая жизнь, особенно специально обученного (подготовленного) специалиста, бесценна, а потерять дрон в случае аварии или непредвиденных ситуаций не страшно.

Речь об инновационной роботизированной системе для измерения коррозии подвесных трубопроводов. Устройство представляет собой мобильный вездеход с возможностями стабилизировать состояние (в полёте – зависать, барражировать) над трубой и даже перемещаться по разным её участкам. Таким образом, малый БПЛА с условно небольшой себестоимостью может выполнять непрерывные измерения вокруг трубы и тестирования состояний трубопроводов, измерения фона, поиска протечек, повреждённых мест, благодаря ультразвуковым и ЕМАС-датчикам высокой и дистанционно управляемой чувствительности.

Коллектив AERIAL-CORE разрабатывает интегрированную когнитивную роботизированную систему, обладающую беспрецедентными возможностями по дальности действия и безопасности при взаимодействии с объектами, в том числе в воздухе, для приложений с функционалом инспектирования и обслуживания крупных линейных инфраструктур. В этом смысле обслуживание ЛЭП без непосредственного участия оператора на месте – только один из примеров.

Реализация когнитивных возможностей для восприятия и объединения в единый командный формат определяет «воздушный морфинг» для обеспечения устойчивой работоспособности устройств на больших расстояниях и зависаний для локальных наблюдений, манипуляций в силовых цепях энергоснабжения, взаимодействий с другими БПЛА и совместной работы с операторами.

### Российские реалии и разработки

В Подмоскowie 1 июня 2024 года завершил работу юбилейный XV Меж-



Рис. 10. Пример устройства глушения радиочастот для нейтрализации дронов малого форм-фактора

дународный салон «Комплексная безопасность 2024». Одним из крупнейших экспонентов события стала «Национальная компьютерная корпорация» (НКК), где была представлена инновационная концепция комплексного обеспечения безопасности. Такое же название носит ИТ-решение, цифровые паспорта безопасности предприятий, управляющие информационно-аналитические системы, системы мониторинга и другие технические элементы [5]. Главный идеолог концепции (КОБ) Алек-



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ЭЛЕКОНД**

**РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КОНДЕНСАТОРОВ**

<p><b>Оксидно-электролитические алюминиевые конденсаторы K50-...</b>                  Номинальное напряжение, <math>U_{ном}</math>, В,                  Номинальная емкость, <math>S_{ном}</math>, мкФ,                  Диапазон температур среды при эксплуатации, <math>T_{ср}</math>, °С</p>	<p>3,2 ... 485                  1,0 ... 470 000                  -60 ... 125</p>	
<p><b>Объемно-пористые танталовые конденсаторы K52-...</b>                  Номинальное напряжение, <math>U_{ном}</math>, В,                  Номинальная емкость, <math>S_{ном}</math>, мкФ,                  Диапазон температур среды при эксплуатации, <math>T_{ср}</math>, °С</p>	<p>3,2 ... 200                  1,5 ... 60 000                  -60 ... 175</p>	
<p><b>Оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы K53-...</b>                  Номинальное напряжение, <math>U_{ном}</math>, В,                  Номинальная емкость, <math>S_{ном}</math>, мкФ,                  Диапазон температур среды при эксплуатации, <math>T_{ср}</math>, °С</p>	<p>2,5 ... 63                  0,033 ... 2 200                  -60 ... 175</p>	
<p><b>Суперконденсаторы K58-...</b>                  Номинальное напряжение, <math>U_{ном}</math>, В,                  Номинальная емкость, <math>S_{ном}</math>, Ф,                  Диапазон температур среды и эксплуатации, <math>T_{ср}</math>, °С</p>	<p>2,5 ... 2,7                  1,0 ... 4 700                  -60 ... 65</p>	
<p><b>Накопители электрической энергии на основе модульной сборки суперконденсаторов НЭЭ, МИК, МИЧ, ИТИ</b>                  Номинальное напряжение, <math>U_{ном}</math>, В,                  Номинальная емкость, <math>S_{ном}</math>, Ф,                  Диапазон температур среды при эксплуатации, <math>T_{ср}</math>, °С</p>	<p>5,0 ... 48                  0,08 ... 783                  -60 ... 65</p>	

Россия, 427968, Удмуртская Республика, г. Сарапул, ул. Калинина, 3  
 Тел.: (34147) 2-99-53, 2-99-89, 2-99-77, факс: (34147) 4-32-48, 4-27-53  
 e-mail: [elecond-market@elcudm.ru](mailto:elecond-market@elcudm.ru), [www.elecond.ru](http://www.elecond.ru)



Регистра

сандр Петрович Чуприян – сегодня советник генерального директора «Национальной компьютерной корпорации» по комплексной безопасности – достаточно компетентен в новом бизнес-направлении. Ранее генерал-полковник Чуприян работал заместителем министра МЧС и исполнял обязанности главы ведомства длительное время после трагической гибели министра Е.Н. Зиничева 8 сентября 2021 года.

Кроме концепций есть и реальные достижения. Российская компания «Нейроботикс» разработала беспилотный летательный аппарат, который управляется силой мысли, сообщает «Ридус» со ссылкой на пресс-службу Национальной технологической инициативы (НТИ). Инженеры связали дрон с нейроинтерфейсом, благодаря чему электронное устройство может управляться с помощью мозговых импульсов, то есть нейроинтерфейса.

Разработчики связали нейрогарнитуру NeuroPlay и квадрокоптер «Пионер Мини» компании «Геоскан». Пользователю доступны три команды: «Стоять» (необходимо нейтральное ментальное состояние), «Вперёд» (концентрация внимания), «Поворот» (расслабление). Скрипт, написанный на платформе Python, связывается с устройством и создаёт облачный http-сервер, к которому обращается приложение нейроинтерфейса. Причём команды можно подавать даже голосом, как собаке: интеллектуальная электронная система с помощью искусственного интеллекта распознаёт звуковые команды, поданные оператором, и преобразовывает их в управляющие импульсы. А они уже способствуют действию непосредственно БПЛА, то есть управляют траекторией полёта и посадки в нужном месте.

### Перспективы развития направления

В перспективах уместно рассмотреть несколько направлений развития технологий, в частности, остановимся на трёх. Это индивидуальное прототипирование дистанционно управляемых человеком электронных конструкций: быстрое создание прототипов индивидуальных роботизированных и автоматизированных решений на основе требований заказчика. Второе – возможности соревно-

ваний дронов малого форм-фактора как новой дисциплины в спорте международного уровня. Уже запланированы состязания на нейрокотерах. Участникам соревнований нужно будет натренировать свой мозг так, чтобы электронный управляемый аппарат летел быстрее всех и по заданной траектории.

Так, изобретения и разработки становятся полезным инструментом при проведении соревнований беспилотников и, что самое главное, могут помочь с реабилитацией людям с ограниченными возможностями здоровья, с парциальным (ненарушенным) интеллектом, к примеру тем, кто имеет подтверждённый диагноз ДЦП. Кроме того, подобные устройства можно использовать для улучшения навыков концентрации внимания и последующего восстановления после травм. Таким образом, разработки имеют перспективы и в медицинской сфере. Перспективы НИОКР в области робототехнических решений также достойны внимания. Благодаря разработкам в сервисной робототехнике и сотрудничеству с научно-исследовательскими институтами, университетами расширяются услуги по исследованиям и разработкам при внедрении инноваций с помощью полностью индивидуальных роботизированных решений.

Также к числу перспективных идей относятся комплексное обеспечение безопасности промышленных предприятий, неразрушающий контроль перемещения птиц, отбор проб воздуха и воды и другие возможности.

### Выводы

Один из параметров для манипуляторов небольших электронных конструкций определяется как «степень свободы»: захват с датчиком силы/крутящего момента сверхлёгкой роботизированной руки с контролем пространства (DoF – параметр глубины пространства). Представленные в статье устройства имеют индекс DoF «5», а некоторые модели уже имеют сферические запястья. Следующие поколения будут иметь индекс от 6 и выше.

Сегодня как никогда важно предиктивное управление рисками, это ключевой принцип комплексного обеспечения безопасности (КОБ): возможность влиять на события безопасности задолго до того, как инцидент

станет необратимым. Пока на промышленных предприятиях России задействованы только элементы КОБ без целостной системы превентивных мер. Для этого подходят электронные управляемые манипуляторы, совмещённые с мультикоптерами разного форм-фактора и БПЛА в целом.

Есть и другой аспект, важный для разработчиков современной РЭА. Можно ли называть достижениями и отдельными разработками то, что сделано на основе существующих решений? Однако патентная практика свидетельствует о том, что подобные разработки в зависимости от конкретной ситуации, технической новизны разработки могут позиционироваться и как самостоятельные изобретения, и как формальные рацпредложения по усовершенствованию уже ранее созданных конструкций. В любом случае они связаны как с работой технической мысли профильных специалистов, так и с новыми достижениями в области современной электроники.

### Литература

1. Дрон Neabotics. URL: <https://www.tadviser.ru/a/811425>.
2. *Кашкаров А.* Конструктивные особенности антивандального и взрывозащитного оборудования // СТА. 2024. № 2. URL: <https://www.cta.ru/articles/cta/obzory/179886/>.
3. *Ласорла А.* Проблематика влагостойкости РЭА. Усиление защиты доступными способами // Современная электроника. 2023. № 9. URL: <https://www.cta.ru/articles/soel/2023/2023-9/169851>.
4. «Нейроботикс» создала беспилотный летательный аппарат, управляемый силой мысли. URL: <https://habr.com/ru/news/777608/>.
5. НКК: Комплексное обеспечение безопасности – новый взгляд на защиту промышленных предприятий. URL: <https://www.tadviser.ru/a/817270>.
6. URL: <http://www.neabotics.com/index.php/component/k2/item/4-deep-water-drone>.
7. URL: <http://www.neabotics.com/index.php/component/k2/item/2-ndt-inspection-drone>.
8. URL: <http://www.neabotics.com/index.php/component/k2/item/3-ndt-pipe-inspection-drone>.
9. URL: <http://www.neabotics.com/index.php/component/k2/item/1-ultrasonic-concrete-tester-drone>.







# EXPO ELECTRONICA

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ:  
КОМПОНЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ  
И ОБОРУДОВАНИЕ, ВСТРАИВАЕМЫЕ  
СИСТЕМЫ И КОНЕЧНЫЕ РЕШЕНИЯ

## 15–17.04.2025

МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

### ПОСЕТИТЕ КРУПНЕЙШУЮ ВЫСТАВКУ ЭЛЕКТРОНИКИ!

#### ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ 2025:

EXPOSIFRA - ВЫСТАВКА  
ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ  
ДЛЯ ЦИФРОВОЙ  
ТРАНСФОРМАЦИИ



СЕКТОР РОБОТОТЕХНИКИ

ПРЕМИЯ ELECTRONICA



ПОЛУЧИТЕ  
БЕСПЛАТНЫЙ БИЛЕТ  
ПО ПРОМОКОДУ

**EE2025magazine**  
НА САЙТЕ EXPOELECTRONICA.RU

**Electronica**  
CONNECT

УСТАНОВИТЕ ПРИЛОЖЕНИЕ  
ELECTRONICA CONNECT  
И ОБМЕНИВАЙТЕСЬ  
КОНТАКТАМИ НА ВЫСТАВКЕ

