

*И. А. Чупахин, М. С. Демидов\**

## **СТЕНД ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПИЛОТИРОВАНИЮ БПЛА**

Обучение пилотированию беспилотных летательных аппаратов действительно сопряжено с целым рядом серьезных трудностей, и главные из них – это неизбежный риск повреждения дорогостоящего оборудования и вопрос обеспечения безопасности окружающих людей и объектов. Каждое учебное занятие в реальных условиях – это потенциальная авария, которая может привести к потере дрона, повреждению имущества или даже травмам. Решением этой сложной проблемы становится специализированный учебный стенд, который кардинально меняет подход к подготовке операторов, позволяя отрабатывать ключевые навыки в полностью контролируемой и абсолютно безопасной среде.

Внешне такой стенд представляет собой прочную и жесткую раму, на которой специальным образом, с использованием динамических элементов и подвесов, закреплен настоящий серийный дрон (рис. 1). Ключевая технологическая особенность заключается в том, что аппарат лишен возможности свободно летать и перемещаться в пространстве, но при этом его двигатели, пропеллеры и все бортовые системы активны и функционируют в штатном режиме. Обучающийся использует самый обычный настоящий пульт управления, и при выполнении любой команды дрон реагирует точно так же, как и в полете: его моторы изменяют обороты, корпус активно наклоняется, пытаясь выполнить задуманный маневр, но уйти со своего места он не может благодаря продуманной системе креплений [1]. Это создает у пилота полное, абсолютно реалистичное ощущение реального пилотирования, включая характерный звук работающих моторов, вибрацию и крен, но без малейшего риска разбить аппарат о препятствие, столкнуться с другим дроном или безвозвратно потерять его из-за потери связи.

Для наглядной демонстрации траектории и ориентации полета были разработаны специальные и крайне практичные решения, которые переводят абстрактные данные полетного контроллера в понятную визуальную форму.

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента кафедры «Мехатроника и технологические измерения» ФГБОУ ВО «ПГТУ» Н. М. Гребенниковой.



**Рис. 1. Внешний вид стенда**

Одним из самых эффективных является система с двумя подвижными кольцами или рамками, установленными вокруг дрона по осям крена и тангажа. Эти кольца не статичны – они кинематически или через сервоприводы соединены с электронной начинкой дрона, его полетным контроллером. Когда пилот отдает команды с пульта, заставляя дрон менять угол наклона, поворачиваться или кивать, эти механические кольца в точности, в реальном времени, повторяют все его угловые движения. В результате ученик видит не просто неподвижно висящий корпус, а живую, постоянно меняющуюся пространственную ориентацию аппарата. Это довольно понятным образом преобразует абстрактные микродвижения, которые он отдает джойстиком, в понятное и наглядное визуальное движение, что позволяет мгновенно осознать прямую причинно-следственную связь между своими действиями и поведением машины в трехмерном пространстве, быстро формируя правильную моторную память.

Перспективным направлением развития таких тренажеров является оснащение их расширенной системой датчиков, которые позволяют не только имитировать полет, но и детально анализировать работу всех систем дрона в реальном времени [2]. На раму устанавливаются

высокоточные датчики тока и напряжения, которые отслеживают энергопотребление каждого двигателя. Тензометрические датчики измеряют реальное усилие, создаваемое винтами, а датчики вибрации контролируют состояние подвесов и балансировки. Все эти данные в реальном времени выводятся на отдельный монитор инструктора, создавая полную цифровую картину работы силовой установки. Это позволяет не просто обучать пилотированию, но и отрабатывать энергоэффективные режимы полета, распознавать ранние признаки отказа двигателей и понимать, как те или иные маневры влияют на общую нагрузку на аппарат.

Особую ценность стенду придает возможность моделирования сложных погодных условий. Система создания воздушных потоков, состоящая из нескольких программируемых вентиляторов, расположенных по периметру рамы, может создавать направленные порывы ветра различной силы. Для полного погружения в условия непогоды современные стенды оборудуются системой имитации осадков. Над дроном устанавливаются форсунки, способные создавать как мелкую морось, так и интенсивный ливень. Одновременно с этим датчики влажности начинают отслеживать потенциально опасное попадание воды на электронные компоненты.

Практическая и экономическая ценность такого тренажера неопределима для любого учебного центра или корпоративной программы подготовки. На нем можно до автоматизма, без спешки и стресса, отработать все базовые навыки: плавный взлет и мягкую посадку, точное зависание в заданной точке, выполнение сложных фигурных маневров, таких как «восьмерка» или полет по квадрату [3]. Инструктор получает мощный инструмент для моделирования нештатных ситуаций: он может программно имитировать внезапный отказ одного из двигателей, резкий порыв ветра, потерю GPS-сигнала или разряд батареи, а обучающийся будет учиться быстро и хладнокровно парировать эти угрозы, не опасаясь катастрофических последствий ошибки. Это идеальная платформа для глубокой отработки мышечной памяти, зрительно-моторной координации и навыков принятия быстрых решений в стрессовой обстановке. Экономический эффект также очевиден и легко подсчитывается: сотни учебных часов, которые в реальных условиях неизбежно привели бы к многочисленным поломкам винтов, двигателей, рам или всего корпуса, проходят без единой царапины на дорогостоящем оборудовании, что многократно окупает первоначальные вложения в тренажер.

Таким образом, современный стенд для обучения пилотированию БПЛА – это уже не просто наглядное учебное пособие, а высокотехнологичный тренажер, который кардинально ускоряет, удешевляет и повышает безопасность подготовки квалифицированных операторов. Он эффективно закрывает тот критический разрыв, который всегда существовал между сухой теоретической подготовкой и первыми рискованными вылетами, полными непредсказуемости. Благодаря таким комплексам пилоты получают возможность выходить на свои первые реальные задания не робкими новичками, а уверенными пользователями с уже сформированными и доведенными до интуитивного уровня навыками управления беспилотником, что в конечном счете повышает надежность и эффективность всей отрасли в целом.

### Список литературы

1. Основы робототехники / Н. В. Василенко, К. Д. Никитан, В. П. Пономарев, А. Ю. Смолин. – Томск : МГП «РАСКО», 1993. – 470 с.
2. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл ; пер. с англ. – 2-е изд. – М. : Издательство БИНОМ, 2014. – 704 с.
3. Юревич, Е. И. Основы робототехники – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.

*Кафедра «Мехатроника и технологические изменения»  
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*