

## ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

А. П. Германович, В. П. Щеклеина, Т. А. Гришков  
Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель

Окрашивание фасадов является рядовой задачей внешней отделки при строительстве, она осложнена рядом проблем, например, рельеф и структура поверхностей могут быть неудобны для использования подвесных люлек, а высота может не позволять использовать различного рода подъемники, также её трудо- и времязатратность являются предпосылками для автоматизации этого процесса. Для этого предлагается применять дроны, оснащенные специальным подвесным оборудованием, которые могут свободно перемещаться вдоль необходимых поверхностей сложных форм и больших габаритов. Однако для реализации подобного дрона нужно обеспечить точное и стабильное позиционирование рабочего прибора для нанесения краски.

Одной из основных сложностей, связанных с подвесным оборудованием, установленным на БПЛА, заключается в вибрации, вызванной двигателями и наклонами (тангаж, рысканье, крен), которые выполняет аппарат для полетов и стабилизации положения при зависании. Широкое применение для решения этой проблемы приобрели трехосные стабилизаторы, в частности они стабилизируют камеру дрона. Однако на положение аппарата влияет не только его собственное перемещение, но и внешние факторы (к примеру, резкие порывы ветра). В ряде ситуаций такое смещение может быть критично. Одной из таких задач является работа с графикой, отрисовка тонких контуров и отдельных элементов с помощью дрона. Чтобы предотвратить отклонения, необходимо сочетать линейную и угловую стабилизацию. Для решения этой проблемы можно использовать стабилизатор (рисунок 1), основанный на кинематике платформы Стюарда, что даст возможность стабилизировать подвесное оборудование по всем осям.

Платформа Стюарта – тип параллельного манипулятора, который использует октаэдральную конфигурацию стоек. На этой платформе основывается весь принцип работы стабилизатора. Этот механизм имеет шесть независимых ног на шарнирных соединениях и шесть степеней свободы, что обеспечивает максимальную мобильность. Длины ног можно регулировать, изменяя таким образом ориентацию платформы, или в нашем случае рабочего инструмента дрона, что позволит достичь эффективной стабилизации и позиционирования. Этот тип платформы позволяет перемещать рабочий орган в шести направлениях: поперечное, продольное

и вертикальное перемещение (по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) и три вращения вокруг этих осей (тангаж, крен и рыскание). Основу механизма составляет параллельная конструкция, где шесть приводов работают совместно для управления движениями верхней платформы. Это обеспечивает стабильность и точность перемещений. Двенадцать шарниров используются для соединения приводов с платформами, обеспечивая гибкость в движениях и возможность осуществления широкого диапазона перемещений. Непосредственное движение обеспечивается за счет шести опор, способных изменять свою длину. Это могут быть как линейные приводы, приводимые в движение гидравликой, пневматикой или электромоторами, так и рычажные приводы. Возможность изменения длин ног позволяет варьировать ориентацию платформы. Данный механизм является решением обратной кинематической задачи, при которой необходимо определить длины ног по заданному положению и ориентации платформы [1].

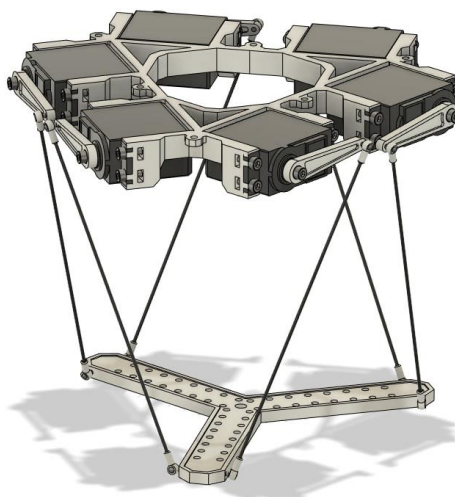


Рис. 1. Модель шестиосевого стабилизатора

Особенностью платформы Стюарта является расположение тяжелых элементов, таких как приводы, на нижней платформе, что позволяет максимально уменьшить вес верхней. В обычных условиях это позволяет снизить инерцию и увеличить скорость перемещения верхней платформы. [2]. Еще одной особенностью является то, что все приводы расположены на расстоянии друг от друга. Это позволит воздуху проходить через стабилизатор и не оказывать значительного влияния на дрон.

Несмотря на все положительные стороны применения платформы Стюарта, существует и значительный недостаток – массивность. Так как при большом весе подвешенного оборудования необходима большая мощность дрона, а, значит, и больше затрат при его работе, возникает необходимость в поиске способа облегчения конструкции.

Стабилизатор должен быть прочным и устойчивым к механическим нагрузкам, но в то же время достаточно легким. Поэтому его для создания

оптимальными будет использование композитных материалов. Одно из важнейших достоинств композитных материалов – возможность создания элементов изделий с заранее заданными свойствами, наиболее полно отвечающими характеру и условиям работы конструкции. На данный момент существует широкий выбор различных композитных материалов, например, углепластик, стеклопластик, арамидные волокна и т.д. Остановим свой выбор на углепластике, который является наиболее популярным и перспективным видом композитных материалов для БПЛА. Углепластики – полимерные композитные материалы из переплетённых нитей углеродного волокна, расположенных в матрице из полимерных (например, эпоксидных) смол. Материал отличается высокой прочностью, жёсткостью и малой массой. Он обладает хорошей коррозионной стойкостью, устойчивостью к химической и солевой коррозии и имеет длительный срок службы в суровых атмосферных условиях. Также углепластик имеет хорошие термостойкие свойства, в условиях высоких температур он сложно поддается деформации, не теряет своей прочности и обладают стабильностью размеров. Углепластики чаще всего изготавливают с применением связующих на основе эпоксидных смол. Среди видов армирующих волокон широко распространены однонаправленные жгуты и тканые полотна. Для изготовления из углепластиков можно применять такие методы, как контактное или вакуумное формование.[3]

Таким образом применение дронов, оснащенных шестиосевыми стабилизаторами на основе платформы Стюарта, может значительно облегчить процесс выполнения работ по окраске различных типов поверхностей. Благодаря программному управлению и автономной работе аппарата можно автоматизировать процесс изготовления сложных муралов, что позволяет сэкономить финансовые и временные затраты, а также обезопасить строительные работы за счет исключения человеческого фактора.

### *Литература*

1. Stewart, D. (1965). A Platform with Six Degrees of Freedom. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 180(15), 371-386.
2. Johnson, A. "Stewart Platform Applications in Aerial Systems." International Conference on Unmanned Vehicles, 2020.
3. Молчанов Б. И., Гудимов М. М. Свойства углепластиков и области их применения //Авиационная промышленность. – 1997. – №. 3-4. – С. 58-60.