

многофункционального мультикоптера с  $N$  двигателями, имеющим в общем случае только одну плоскость симметрии и, как следствие, одну главную ось инерции. Конкретнее, рассматривается гексакоптер с известными техническими и физическими параметрами, движением которого можно управлять, изменяя силу тяги роторов двигателей в зависимости от скорости вращения пропеллеров (винтов).

УДК 621.865:004.896

### **Компьютерное моделирование мультикоптерного летательного аппарата**

Ширвель П.И., Чигарев А.В., Конон И.И.  
Белорусский национальный технический университет

Настоящий проект подводит некоторый итог научных исследований коллектива авторов. Эти исследования были вызваны задачами определения в реальном режиме времени ориентации мобильных мехатронных систем типа «мультикоптер» с целью навигационного обеспечения дальнейших научных натурных и численных экспериментов в воздушном и 3Д пространстве. Разработанные принципы позволяют определить ориентацию гексакоптера, когда известны значения опорных физических векторов в данной точке пространства.

Движение мобильного мехатронного комплекса описывается в компонентах действующих сил и моментов, линейных и угловых скоростей, а также текущего положения системы в пространстве. В дальнейшем, определяющие уравнения движения мехатронной системы будем разрешать относительно выбранной, неизменно связанной с мультикоптером системы координат (учитывая, что управляющая сила прикладывается в подвижной системе координат).

Для численной оценки движения мультикоптера (гексакоптера), рассмотрена базовая модель, которая состоит из легкой крестообразной несущей конструкции с шестью винтами, установленными на ее концах. Нечетные винты (роторы 1,3,5) вращаются против часовой стрелки, в то время как четные (роторы 2,4,6) вращаются по часовой стрелке. Такая попарная конфигурация, с противоположно направленными поворотами, устраняет необходимость использования хвостового винта, как, например, в случае летательного аппарата типа вертолет. Заметим, что скорости вращения роторов независимые. Благодаря этому, можно будет контролировать основные режимы пилотирования (тангаж, крен, рыскания) летательного аппарата.

Получены определяющие уравнения, которые описывают движение мультикоптера с учетом принятых допущений. Уравнения являются нелинейными и их точное решение с помощью аналитических методов и стандартных средств в общем случае невозможно. Дальнейшее исследование определяющих нелинейных уравнений движения, а также их решение осуществляется с использованием методов компьютерного моделирования (численное решение).

УДК 681.3

### **Создание робота-манипулятора для обезвреживания и перемещения взрывоопасных предметов**

Побегайло А.В., Михнович М.О.

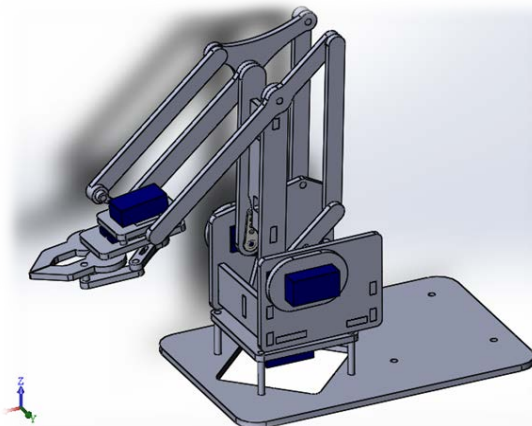
Белорусский национальный технический университет

Объектом исследования является манипулятор, который передвигается с помощью мобильной базы.

Целью работы являлось создание прототипа манипулятора, который сможет обезвредить опасный предмет, без риска для жизни человека.

В процессе работы было выполнено следующее: создание трехмерной модели манипулятора, расчет напряженно-деформированного состояния манипулятора и безопасность использования манипулятора.

На рисунке показана 3D-модель манипулятора, созданная при помощи программного пакета SolidWorks.



Исходя из проведенных статических расчетов, можно сделать вывод, что наиболее уязвимые места в манипуляторе при больших нагрузках это