

УДК 621.01

## **Многофункциональный робот «Гибрид гексапода и гексакоптера»**

**Поезжаева Елена Вячеславовна** – профессор кафедры МКМК Пермского национального политехнического университета.

**Арефина Альбина Вячеславовна** – студентка 3 курса АКФ по специальности АД Пермского национального политехнического университета

**Аннотация:** В статье рассматривается робот для проведения охранных и разведывательных работ на различных промышленных и особо важных объектах. В качестве такого робота предлагается соединить гексапод и гексакоптер. Рассматривается возможность модернизации робота путем применения аккумулятора повышенной мощности, композиционных материалов, дополнительных устройств. Описывается математическая модель времени отказа робота с учетом теории вероятности.

**Ключевые слова:** Робот, гексапод, гексакоптер, охрана, аккумулятор, композиционные материалы, датчики, время отказа.

Во многих странах на сегодняшний день на предприятиях и охраняемых объектах распространена проверка и обход периметра прилегающих территорий для обеспечения безопасности и секретности разработок. Данные обходы происходят через определенные промежутки времени человеком, а постоянное видеонаблюдение осуществляется в определенных местах охраняемых объектов. Однако стационарное видеонаблюдение не дает полной картины происходящего по периметру объекта и вследствие чего не позволяет обеспечить полную безопасность.

Наиболее целесообразно при охране важных использовать мобильные шагающие роботы, которые имеют ряд достоинств перед гусеничными или колесными роботами.

Шагающие роботы должны беспрепятственно передвигаться на открытой и пересеченной местности. Так же конструкция робота должна обеспечивать его высокую мобильность при сохранении стабильности передвижения [3].



*Рисунок 1. Гексапод (1 – сервоприводы, 2 – аккумулятор).*

В качестве такого робота можно использовать гексапод (см. рисунок 1), представляющий собой конструкцию с шестью ногами и способный на них передвигаться. Данный робот перемещается по поверхности при помощи команд с пульта управления или по заранее проложенному маршруту. Подвижность ног обеспечивают сервоприводы, по три на каждую ногу - два на сгибание ноги, один на поворот гексапода. Энергообеспечение осуществляется с помощью аккумулятора.

Для использования гексапода для патрулирования местности необходима его модернизация. Гексапод способен нести на себе дополнительную полезную нагрузку, которая дает возможность использовать различные датчики и дополнительные приспособления для увеличения его многофункциональности.

Для усовершенствования конструкции гексапода применим в качестве основы гексакоптер, имеющий силовую установку из шести моторов с шестью вращающимися

винтами, таким образом возможно получить гибрид гексапода и гексакоптера. Расположение гексакоптера должно осуществляться таким образом, чтобы его лучи с вращающимися винтами находились сверху строго посередине конечностей гексапода. Для проведения съемочных работ преимущественно в дневное время суток предлагается использовать камеру видеонаблюдения. Для патрулирования местности в ночное время необходимо использовать тепловизоры.

Гексакоптер обладает рядом преимуществ перед квадрокоптером, а именно: значительная мощность, повышенная грузоподъемность, увеличенная дальность полета, безопасность полета и посадки даже при отказе одного из моторов.

В качестве основной конструкции была выбрана наиболее подходящая модель гексакоптера DS900 (см. рисунок 2) с максимальной грузоподъемностью 10 кг.



*Рисунок 2. Гексакоптер DS900.*

В качестве модернизации предлагается применить более мощный аккумулятор TATTU Li-Po - 22.2В 26000мАч 25С, так как в базовой комплектации гексакоптер имеет аккумулятор Li-Po - 22.2 В 8000 мАч 6S, это позволит увеличить продолжительность и дальность полета без подзарядки, что необходимо при проведении охранных работ

объектов большой протяженности. Так же для усовершенствования необходимо использовать модуль GPS для определения координат места нахождения квадрокоптера.

Для видеонаблюдения и съемки преимущественно в ночное время был выбран тепловизор Quantum Lite XQ23V (см. рисунок 3) с дальностью обнаружения до 800 м, в дневное время - компактная камера GoPro HERO4 Session.



*Рисунок 3. Тепловизор Quantum Lite XQ23V.*



Рисунок 4. Экшн-камера GoPro HERO4 Session.

Так как робот является многофункциональным гибридом, то необходимо предусмотреть систему складывания пропеллеров и их лучей-держателей через пульт управления для уменьшения размеров робота на поверхности.

Что касается гексапода, то на сегодняшний день данный робот применяется в основном в целях представления использования конструкции. В качестве материала для его конечностей применяется алюминий или пластик. Для наших же целей гексапод должен иметь достаточно высокие значения прочности и жесткости, чтобы выдерживать полезную нагрузку в виде гексакоптера, применяемых датчиков и приспособлений. В качестве материала для конечностей гексапода можно выбрать сталь или композиционный материал, однако характеристики композиционного материала на основе углеродного волокна (углепластика) выше (см. таблицу 1), поэтому применим современный материал - углепластик. Эти материалы обладают достаточной легкостью при сохранении высокой прочности [2].

Таблица 1. Сравнительная таблица характеристик материалов.

Предел прочности, МПа

Удельная прочность 105, см

Плотность, кг/м<sup>3</sup>

Углепластик

780-1800

530-1120

1450-1600

Легированные стали

1100-1400

150-190

7800

При расчете параметров, относящихся к гексаподу, важно учитывать необратимое накопление повреждений (кумулятивное повреждение), приводящих к отказу робота. Нагрузка, приходящаяся на конечности гексапода, изменяется во времени в соответствии с особенностями движения, так же в процессе функционирования робота может изменяться состояние окружающей среды. Эти положения необходимо принимать во внимание при описании математической модели динамического процесса с помощью вероятностных законов. Из-за нагружения, температурного воздействия и развития усталостных трещин параметры объекта выходят за пределы допусков и объект отказывает в некоторый момент времени. Этот момент времени называется временем до отказа и обозначается как случайная неотрицательная величина  $T$ , если отсчет времени ведется с нуля [1]. Данный момент времени необходимо учитывать при конструировании робота. Пусть интегральная функция распределения определяется равенством:

$F(t) = P(T \leq t)$   
. (1)

Тогда функция надежности показывающая вероятность того, что отказ произойдет за время  $(0, t]$ , будет определяться соотношением:

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2)$$

Когда  $T$  имеет плотность распределения  $f(t)$ , среднее значение определяется равенством:

$$m = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (3)$$

Из соотношения (2) имеем:

$$f(t) dt = -dF(t) \quad (4)$$

Среднее значение можно записать в виде:

$$m = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (5)$$

$$m = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (6)$$

Дисперсия  $T$  определяется выражением:

$$m_2 = \int_0^{\infty} t^2 f(t) dt - (m)^2 \quad (7)$$

Для случая, когда  $T$  имеет плотность распределения  $f(t)$ , можно записать:

$$M(T) = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (8)$$

или, используя равенство (4) и выполняя интегрирование по частям, получим:

$$M(T) = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (9)$$

В дискретном случае это выражение примет вид:

$$M(T) = \sum_{i=1}^n t_i f(t_i) \quad (10)$$

Дисперсия случайной величины  $T$  будет определяться формулой:

$$D(T) = \sum_{i=1}^n t_i^2 f(t_i) - [M(T)]^2 \quad (11)$$

Предлагаемая модернизация робота содержит в себе элементы новизны, заключающейся в объединении двух роботов - гексакоптера и гексапода; применении механизма складывания лучей гексакоптера; использовании более мощного аккумулятора, системы GPS, комплексной видеосъемки при помощи камеры и тепловизора. Так же представлена модель, описывающая время отказа робота с учетом положений теории вероятности. Данные усовершенствования представляют практическую ценность в области использования роботов для охранных и разведывательных работ.



*Список литературы*

1.

Богданов Д., Козин Ф.//Вероятностные модели накопления повреждений. – Москва:Издательство «Мир», 1989 - 341 с.

2.

Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. 2-е изд. испр. и доп. - Санкт-Петербург: Научные основы и технологии, 2010. - 822 с.

3.

Поезжаева, Е. В.// Концепции развития робототехники / Е. В. Поезжаева. - Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017-437 с.

{social}