

## **Метод выбора характеристик фотооборудования для БПЛА в зависимости от высоты полета**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»*

При проектировании новых БПЛА, а также при эксплуатации уже существующих весьма актуальным вопросом является выбор необходимого рационального фотооборудования с учетом его возможностей, габаритов, стоимости и высоты полета аппарата. Проведены расчеты и приведены зависимости основных параметров фотооборудования от высоты полета беспилотного ЛА.

**Ключевые слова:** *летательный аппарат, беспилотный летательный аппарат, цифровая камера, пиксель, матрица, оптическая система.*

Бурное развитие сетей и инфраструктуры нефтегазового комплекса сопровождается такими отрицательными явлениями, как пожароопасность, загрязнение окружающей среды из-за разрывов трубопровода и разливов нефти, из-за несанкционированных врезок в магистральный трубопровод и т.д. Очень важным является обнаружение мест утечек из трубопровода, что требует постоянного наблюдения за трассой, точного определения координат и оперативного устранения обнаруженных нарушений. Применение современных технических средств мониторинга (например, беспилотных летательных аппаратов) позволяет значительно снизить временные и материальные затраты, связанные с местными техногенными авариями и с устранением последствий незаконной деятельности на нефтепроводах [1].

Страны с большими территориями являются наиболее перспективным рынком по использованию гражданских беспилотных технологий. Например, на огромных малонаселенных территориях России, а также и других стран протяженность магистральных нефте- и газопроводов, высоковольтных линий электропередач, автомобильных и железных дорог составляет сотни тысяч километров. Одной из наиболее приоритетных задач является создание систем мониторинга и дистанционной диагностики технического состояния и охраны этих объектов. При этом в настоящее время мониторинг магистральных газопроводов, нефтепроводов и линий высоковольтных электропередач осуществляется морально и технически устаревшими вертолетами со стоимостью летного часа свыше 2000 \$. Широкому использованию авиационных методов дистанционной диагностики препятствуют высокая стоимость авиационных работ и низкая эффективность существующих методов контроля. Если и используется специальная техника, то, во-первых, это использование исключительно эпизодическое и, во-вторых, эта техника не адаптирована под специфические требования ТЭК. Беспилотники же эту проблему в перспективе вполне могут решить [2].

Если первоначальной задачей для проектируемого БПЛА является мониторинг нефтепровода – выявление незаконной деятельности вблизи нефтепровода и обнаружение несанкционированных врезок в магистральный трубопровод, то для этого необходимо оборудовать беспилотный ЛА фотоаппаратурой, способной идентифицировать посторонний объект (человека или группу людей) вблизи нефтепровода с определенной высоты.

В качестве "эталоны" при рассмотрении современных цифровых камер будем использовать широко распространенную камеру ЦВК 2. Камера ЦВК 2 используется с объективом, дающим десятикратное оптическое увеличение. Размер кадра у ЦВК 2 составляет 4000x3000 пикселей (12 мегапикселей). Матрица данной камеры имеет физический размер 4/3 дюйма, что соответствует 18 x 13,5 мм.

Физический размер матрицы – одна из важнейших характеристик, влияющих на качество получаемых фотографий. Физический размер матрицы – это ее геометрический размер – длина и ширина в миллиметрах [3].

Для определения физического размера пикселя нужно разделить размер матрицы в миллиметрах на размер кадра в пикселях, причем размер берется меньший (в данном случае это 3000 пикселей), т.к. в технических характеристиках камеры 4/3 дюйма – это физический размер короткой стороны матрицы.

Физический размер пикселя =  $13,5 / 3000 = 0,0045$  мм.

Фокусное расстояние (F) в миллиметрах определить легко. Для этого нужно умножить размер матрицы в миллиметрах на то число, во сколько раз происходит оптическое увеличение (для данной камеры 10x):

$$F = 13,5 \times 10 = 135 \text{ (мм)}.$$

В паспорте цифровой камеры обычно не указано фокусное расстояние в пикселях, но его тоже несложно определить. Нужно разделить фокусное расстояние в миллиметрах на физический размер пикселя матрицы камеры:

$$F = 135 / 0,0045 = 30000 \text{ (пикс)}.$$

Пользователи аналоговых камер привыкли к такому термину, как "масштаб съемки", и часто переносят этот термин на съемку цифровыми камерами. Под "масштабом съемки" при этом понимают отношение размеров объектов на пленке к реальным размерам объекта. Для космических цифровых снимков используется понятие "размер пикселя на местности" (в англоязычной литературе GSD - ground sample distance). Это понятие следует использовать и для цифровых камер [4].

Величина GSD, которая определяет точность результатов дальнейшей обработки, при съемке с высоты H вычисляется по формуле  $GSD = H / F$ , где высота H измеряется в сантиметрах, а фокусное расстояние F – в пикселях [4].

Предположим, что съемка производится с высоты 500 метров над землей (50000 см), тогда величина:

$$GSD = 50000 / 30000 = 1,67 \text{ (см)}.$$

Зная эту величину, можно определить размеры земной поверхности, которая попадет в кадр, умножив величину GSD на размер кадра в пикселях:

$$\text{длина } A = 4000 \times 1,67 \text{ см} = 6680 \text{ см} = 66,8 \text{ м};$$

$$\text{ширина } B = 3000 \times 1,67 \text{ см} = 5000 \text{ см} = 50 \text{ м}$$

При выводе изображения на мониторе или печати фотографий у пикселей появляется физический размер, и именно он и описывается разрешением при печати. Чем больше пикселей на дюйм (англ. — pixels per inch — ppi) будет на распечатке, тем менее заметными будут отдельные пиксели и тем более реалистичным будет выглядеть отпечаток. Для получения изображения очень хорошего качества в одном дюйме должно вписаться 300 точек (пикселей) [3]. Зная это и размер кадра (4000x3000), можно определить оригинальный размер выводимого на мониторе изображения:

$$\text{длина изображения } (A1) = 4000 / 300 = 13,3 \text{ дюймов} = 33,87 \text{ см};$$

$$\text{ширина изображения } (B1) = 3000 / 300 = 10 \text{ дюймов} = 25,4 \text{ см}.$$

Как указывалось выше, первоначальной задачей для камеры беспилотного ЛА является обнаружение посторонних людей в зоне прохождения нефтепровода или обнаружение пятна утечки нефти. Предположим, что длина постороннего объекта составляет 2 метра, а ширина – 0,6 метра. С помощью несложной пропорции определим размеры этого объекта на полученном изображении:

$$\frac{\text{Длина\_объекта}}{\text{Ширина\_В}} = \frac{X}{\text{Ширина\_В}_1}; \quad \frac{\text{Ширина\_объекта}}{\text{Длина\_А}} = \frac{X}{\text{Длина\_В}_1},$$

где X и Y – длина и ширина объекта на изображении соответственно.

Отсюда получим:

$$X = 2 \times 25,4 / 50 = 1,02 \text{ (см)};$$

$$Y = 0,6 \times 33,87 / 66,8 = 0,3 \text{ (см)}$$

Данная методика очень проста. Она позволяет сравнивать различные виды фотооборудования для БПЛА. Для сравнения приведены результаты, полученные для разных высот полета с помощью похожего фотооборудования. Для наглядности построены зависимости основных параметров фотооборудования от высоты полета беспилотного ЛА, представленные на рис. 1, 2, 3 и 4.



Рис. 1. Влияние кратности увеличения на размер объекта на изображении

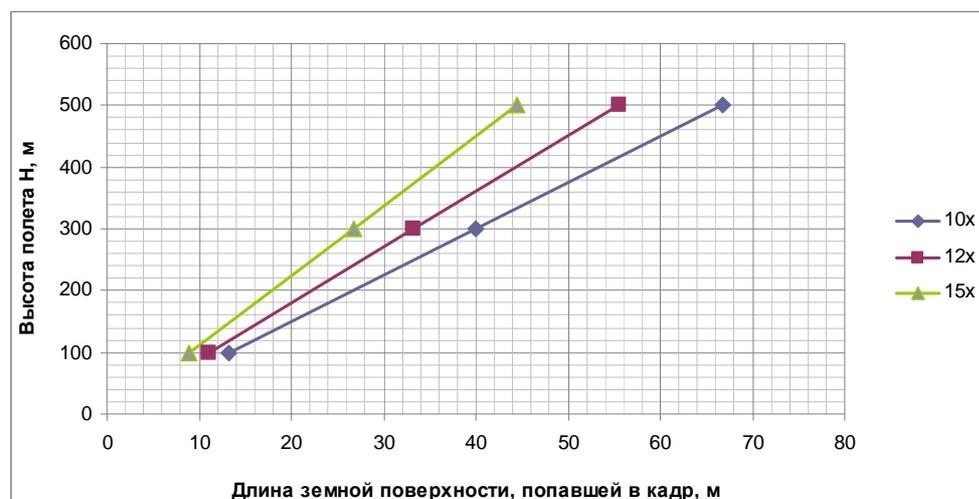


Рис. 2. Влияние кратности увеличения на размер поверхности земли, попавшей в кадр

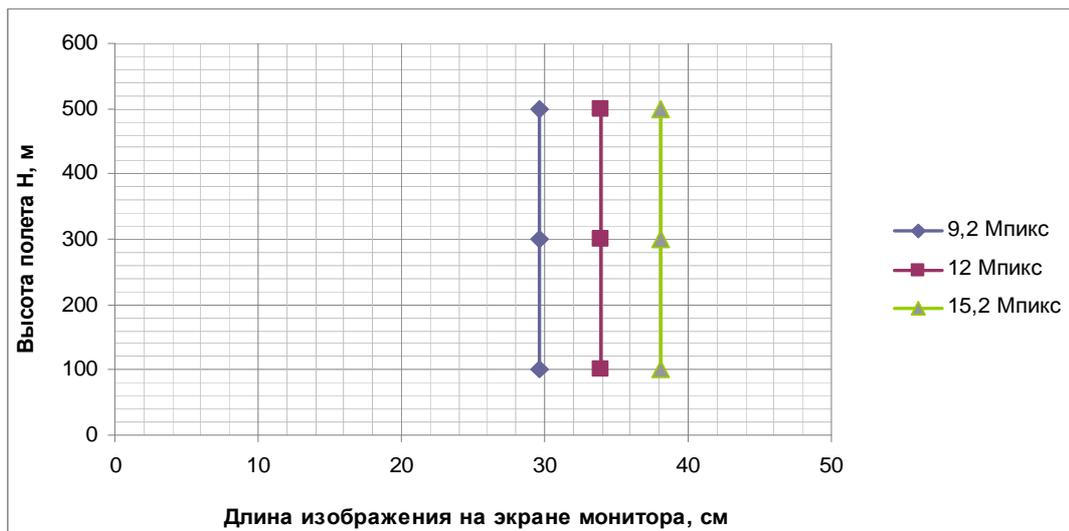


Рис. 3. Влияние размера кадра в пикселях на размер изображения на экране монитора

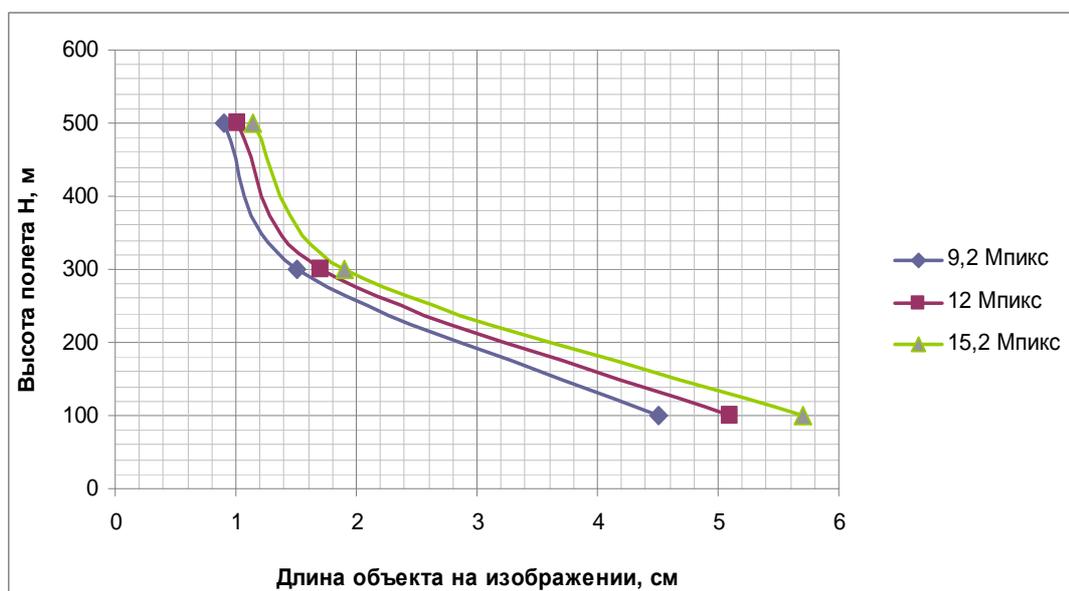


Рис. 4. Влияние размера кадра в пикселях на размер объекта на изображении

Стоит отметить то, что съемку на высотах до 500 метров можно осуществлять с помощью оборудования, масса которого не превысит одного килограмма.

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Используя оптику, имеющую большее оптическое увеличение, получаем на изображении больший размер нужного нам объекта (человека).
2. При большем оптическом увеличении размер наблюдаемой земной поверхности, попавшей в кадр, уменьшается.
3. Используя камеру с большим количеством пикселей, увеличиваем размер выводимого на экран изображения, а также увеличивается размер нужного нам объекта.

### Список литературы

1. Галушко С.В. Многоцелевые беспилотные комплексы ОАО «КБ Луч» для ТЭК/ С.В.Галушко// Сфера Нефтегаз. - 2007. - №1. – С. 18 – 20.
2. Чубаха И. Наногражданская авиация будущего/ Сайт Интернета [www.rosbalt.ru](http://www.rosbalt.ru).
3. Сайт Интернета [www.techseller.ru](http://www.techseller.ru).
4. Сечин А.Ю. Некоторые аспекты использования современных цифровых фотограмметрических камер/ Сайт Интернета [www.racurs.ru](http://www.racurs.ru).

**Рецензент:** к.т.н., с.н.с. Березина С.И. , Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков.

Поступила в редакцию 07.02.11

### Метод вибору характеристик фотообладнання для БПЛА залежно від висоти польоту

При проектуванні нових БПЛА, а також під час експлуатації вже існуючих, вельмиактуальним питанням є вибір необхідного раціонального фотообладнання з урахуванням його можливостей, габаритів, вартості і висоти польоту апарата. Проведено розрахунки і наведено залежності основних параметрів фотообладнання від висоти польоту безпілотного ЛА.

**Ключові слова:** літальний апарат, безпілотний літальний апарат, цифрова камера, піксель, матриця, оптична система.

### The method of choice the camera's parameters for the UAV subject to flight altitude

When designing the new UAV, as well as the operation of existing, highly topical issue is the choice of the necessary photographic equipment management, given its capabilities, size, cost and height of flight apparatus. Shows the main parameters of photographic equipment from the altitude unmanned aircraft.

**Keywords:** flying vehicle, unmanned aerial vehicle, digital camera, pixel, matrix, optical system.