

## АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИКОПТЕРОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

**Аннотация.** Мониторинг земной поверхности классическим методом является наиболее трудозатратным. При мониторинге необходимо использовать современные и эффективные методы наблюдений. Технология БПЛА давно и хорошо изучена, ее использование началось практически сразу, как только появились первые летательные аппараты. Заключается она в съемке участка местности с воздуха, а детали ее заключаются лишь в применении различных методов, технологий и программных средств. Разработана тема актуальности применения беспилотных летательных аппаратов на производстве. Проведен анализ всех представителей мультикоптеров и выявлены преимущества дронов в различных инженерных задачах. Беспилотные летательные аппараты позволяют при минимальном количестве трудовых ресурсов выполнить производственные задачи поставленные горнодобывающим предприятиями. На сегодняшний день существует множество беспилотных летательных аппаратов, которые отличаются по своим размерам, внешнему виду, дальности полета и выполняемым функциям. Кроме того, БПЛА можно разделить по способу управления и степени их автономности.

**Ключевые слова:** аэрофотосъемка, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС), фотограмметрия, наземная фотосъемка, космическая фотосъемка, фотограмметрическая съемка, мультикоптеры, гексакоптеры, октокоптеры, трикоптеры, оси крайних маршрутов, границы съемочного участка.

---

DOI: 10.25018/0236-1493-2019-01-0-55-62

На сегодняшний день новейшим направлением в аэрофотосъемке является использование беспилотной авиации. Беспилотные технологии существуют довольно давно. Сначала они представляли собой сложные дорогостоящие комплексы, имеющие только военное применение. Но в течение последнего десятилетия миниатюризация вычислительных систем и развитие спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС) позволили создавать беспилотные летательные аппараты (БПЛА), у которых габариты, масса, а главное, стоимость значительно меньше прежних.

По доступности беспилотные технологии приблизились к уровню бытовых технологий. Прогресс в развитии гражданских беспилотных систем имеет высочайший темп, сформировалась новая индустрия услуг. Достаточно новым ти-

пом БПЛА являются мультироторные летательные аппараты (коптеры). В основе полученных данных применяются принципы фотограмметрии.

Фотограмметрия — техническая наука о методах определения метрических характеристик объектов и их положения в двух- или трехмерном пространстве по снимкам.

Различают следующие виды фотограмметрических съемок:

- наземная фотосъемка;
- космическая фотосъемка;
- аэрофотосъемка.

Для выполнения наземных созданы метрические цифровые камеры. Эти камеры предварительно подвергаются процедуре фотограмметрической калибровки, в результате которой определяются элементы внутреннего ориентирования

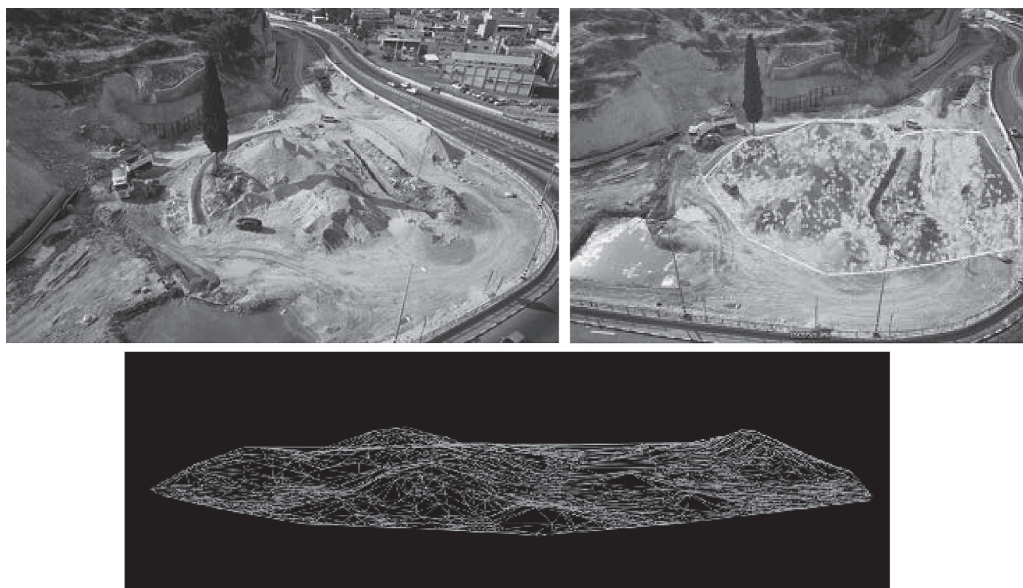


Рис. 1. Подсчет объемов щебня

Fig. 1. Calculation of crushed stone volume

камеры, включая параметры фотограмметрической дисторсии объектива съемочной камеры.

При проведении космической фотосъемки используются космическая аппа-

ратура. Разрешение спутниковых фотографий различно в зависимости от инструмента фотографирования и высоты орбиты спутника. Спутниковая фотосъемка часто дополняется аэрофотосъемкой,

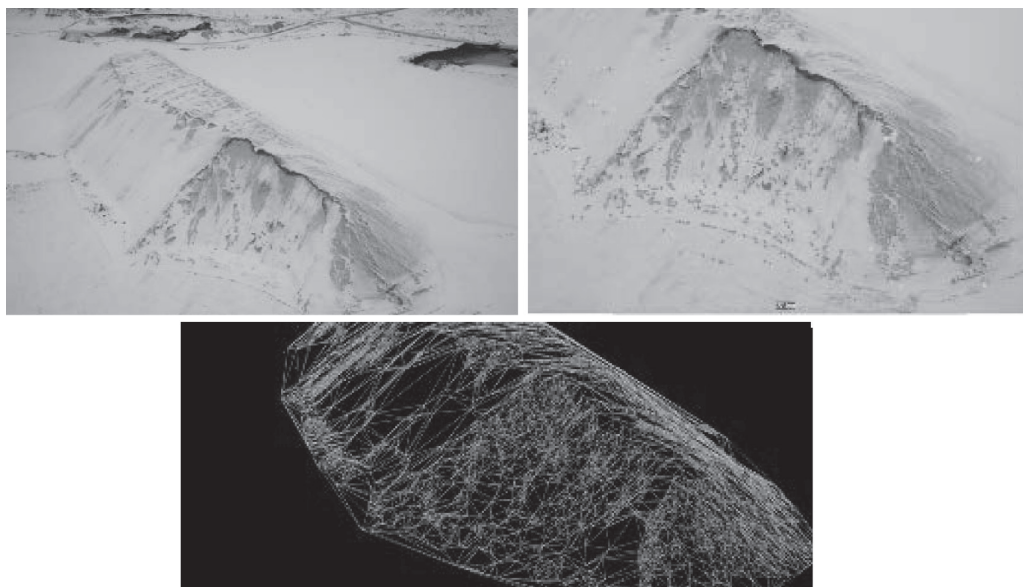


Рис. 2. Съемка в карьере

Fig. 2. Shooting in a career

которая позволяет получить более высокое разрешение.

При аэрофотосъемке происходит фотографирование территории с высоты от сотен метров до десятков километров при помощи аэрофотоаппарата, установленного на атмосферном летательном аппарате (самолете, вертолете, дирижабле и пр. или их беспилотном аналоге). В области применения фотограмметрии входит создание и обновление топографических карт, проектирование и строительство зданий и сооружений, определение объемов земляных работ при рекультивации карьеров и оврагов, построение фронтальных планов зданий и сооружений (рис. 1, 2).

Наиболее перспективный на данный момент способ получения аэросъемки является съемка с мультикоптера. Мультикоптер — это летательный аппарат построенный по вертолетной схеме с тремя и более несущими винтами. Главным недостатком мультикоптеров является погрешности при съемки в основном они вызваны, климатическими условиями ветром, дождем и др., но даже в таких условиях БПЛА справляется с производственными задачами. Мультироторные летательные аппараты делятся на квадрокоптеры (рис. 3, табл. 1), гексакоптеры (рис. 4, табл. 2), октокоптеры (рис. 5, табл. 3) и трикоптеры (рис. 6, табл. 4).

Аэрофотосъемка ведется следующим образом. Намечают оси крайних маршрутов по длинным границам съемочного участка. Расстояние между смежными маршрутами на местности должно обеспечивать заданное поперечное пере-

крестие



Рис. 3. Квадрокоптер Phantom 4

Fig. 3. Phantom 4 Quadcopter

Таблица 1

#### Характеристики квадрокоптера Phantom 4

#### Features of the Phantom 4 Quadcopter

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| Стабилизация                  | 4-осевая |
| Наибольшая высота полета, м   | 6000     |
| Максимальная скорость, м/с    | 20       |
| Продолжительность полета, мин | 28       |
| Размер по диагонали, мм       | 350      |
| Грузоподъемность, г           | 700      |
| Вес, г                        | 1380     |
| Цена, руб.                    | 80 000   |



Рис. 4. Гексакоптер DS900

Fig. 4. Hexacopter DS900

Таблица 2

**Характеристики гексакоптера DS900**

**Features of the Hexacopter DS900**

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| Стабилизация                  | 6-осевая |
| Наибольшая высота полета, м   | 12 000   |
| Максимальная скорость, м/с    | 20       |
| Продолжительность полета, мин | 43       |
| Размер по диагонали, мм       | 1500     |
| Грузоподъемность, г           | 6000     |
| Вес, г                        | 10 000   |
| Цена, руб.                    | 320 000  |

Таблица 3

**Характеристики октокоптера Spreading Wings 1000**

**Features of the Spreading Wings 1000 Octocopter**

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| Стабилизация                  | 8-осевая |
| Наибольшая высота полета, м   | 12 000   |
| Максимальная скорость, м/с    | 22       |
| Продолжительность полета, мин | 45       |
| Размер по диагонали, мм       | 1045     |
| Грузоподъемность, г           | 4200     |
| Вес, г                        | 11 000   |
| Цена, руб.                    | 240 000  |



Рис. 5. Октокоптер Spreading Wings 1000

Fig. 5. Spreading Wings 1000 Octocopter



Рис. 6. Трикоптер Xiaomi Yi Erida

Fig. 6. Xiaomi Yi Erida Tricopter

Таблица 4

**Характеристики трикоптера Xiaomi Yi Erida**  
**Features of the Xiaomi Yi Erida Tricopter**

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| Стабилизация                  | 3-осевая |
| Наибольшая высота полета, м   | 5000     |
| Максимальная скорость, м/с    | 25       |
| Продолжительность полета, мин | 40       |
| Размер по диагонали, мм       | 900      |
| Грузоподъемность, г           | 450      |
| Вес, г                        | 1600     |
| Цена, руб.                    | 60 000   |

рытие. Летательный аппарат пролетает по осям маршрутов и через определенные расстояния производится фотографирование. Наличие комплекта GPS в мультикоптере дает возможность построить траекторию полета для аэрофотосъемки и дать команду на автома-

тический возврат к точке взлета (рис. 7). Обозначения на рис. 3:  $ABCD$  — участок аэрофотосъемки;  $S_1, S_2, S_3 \dots S_{n-1}, S_n$  — центры аэрофотоснимков на осях маршрутов;  $B_x$  — расстояние между центрами смежных аэрофотоснимков по оси маршрута или продольный базис фото-

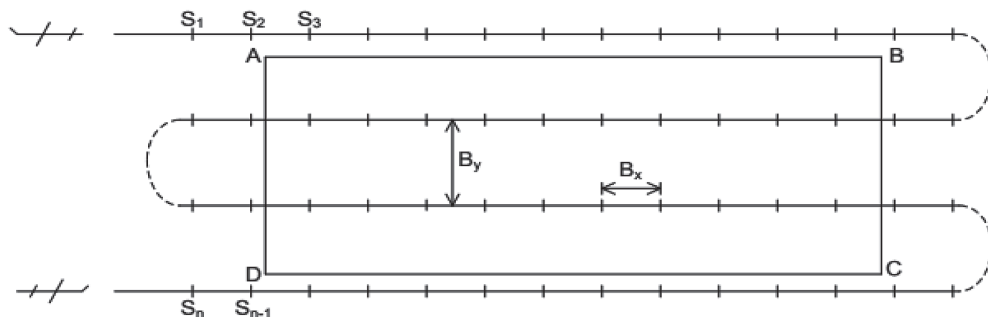


Рис. 7. Маршрут съемки

Fig. 7. Shooting route



Рис. 8. Дрон, снабженный фото- и видеоаппаратурой взлетает над строительной площадкой  
 Fig. 8. Drone equipped with photo and video equipment flies over the construction site

графирования;  $B_y$  — расстояние между осями маршрутов или поперечный базис фотографирования.

Преимуществом данных летательных аппаратов является отсутствие механических частей в роторах, что сильно снижает уровень вибрации, а также наличие платы управления, основной функцией которой является стабилизация платформы в горизонтальном положении.

Подключение к плате управления дополнительных датчиков и устройств позволяет также фиксировать положение аппарата по высоте с погрешностью 1 м и 0,5 м по горизонтали, они способны на автономные полеты по заранее заданному маршруту, а способность зависать в заданной нами точке позволяет ему сделать множество снимков, которые впоследствии можно использовать, при составлении топографических карт, определение объемов, построение фронтальных планов зданий и сооружений и т.д.

Если сравнить фотограмметрический способ мультикоптером и способ лазерного сканирования на объекте, то можно увидеть множество преимуществ при использовании дрона такие как: возможность дистанционных измерений в условиях, когда пребывание на объекте небезопасно для человека, сокращение времени полевых работ, большая производительность (т.к. измеряются не сами объекты, а их изображения) и конечно же снижение денежных затрат.

Фотограмметрический метод может быть хорошей альтернативой лазерному сканированию на локальных участках с требованиями точности масштабов до 1 м в плане, также фотограмметрический метод удобнее применять, когда необходимо быстро выполнить топографическую съемку, затраты на приобретение оборудования, а, следовательно, стоимость работ, ниже по сравнению с лазерной съемкой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сергеев П. Н. Лесная таксация: Учебное пособие. — М.: Изд-во Гослесбумиздат, 1953. — С. 248—251.
2. Воробьева А. А. Дистанционное зондирование. Методическое пособие. — СПб.: ИТМО, 2012. — 23 с.
3. Вводная информация о коптерах (мультироторных платформах) [электронный ресурс]. — режим доступа: <http://forum.brothers-blog.com/index.php?topic=13.msg112#msg112>
4. URL: <http://pskovstroyka.ru/droney-budut-stroit-doma-s-vozduha/>



5. Баклашов И. В., Борисов В. Н. Проектирование и строительство горнотехнических зданий и сооружений. — М.: Недра, 1991.
6. Картозия Б. А., Борисов В. Н. Инженерные задачи механики подземных сооружений. — М.: Недра, 2001. — 246 с.
7. Картозия Б. А. Строительная геотехнология. — М.: МГУ, 1998.
8. Frenzel C., Delabbio F., Burger W. Shaft boring systems for mechanical excavation of deep shafts — Australian Centre for Geomechanics, 2010, pp. 289–295.
9. Luis Ribeiro e Sousa, Roberto Azevedo M. M. Fernandes. Euripedes Vargas // Jr. innovative Numerical Modelling in Geomechanics CRS Press, 2012, pp. 474.
10. Гроссе К. У. Неразрушающий контроль и технология мониторинга технического состояния конструкций при контроле качества и надзоре за объектами строительства // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. — 2012. — № 6. — С. 62–77.
11. Geomechanical evaluation and analysis of research shafts and galleries in MIU Project Research Gate, 01/2003.
12. Волохов Е. М., Новоженкин С. Ю., Нгуен С. Б. Современные системы контроля сдвижений и деформаций при строительстве подземных сооружений // Записки Горного института. — 2012. — Т. 199. — С. 253–259.
13. Токин А. А., Токин А. А. Мониторинг деформаций подземных горных выработок с помощью лазерных сканирующих систем // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2013. — Т. 1. — № 3. — С. 120–123. **ГИАБ**

### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Тихонов Алексей Анатольевич<sup>1</sup> — студент, e-mail: Skrap18@yandex.ru,

Акматов Дастан Женишбекович<sup>1</sup> — студент,

e-mail: Dastan.akmatov.1994@mail.ru,

<sup>1</sup> МГИ НИТУ «МИСиС».

---

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2019. No. 1, pp. 55–62.

### Time to use multicopters in industry

Tikhonov A.A.<sup>1</sup>, Student, e-mail: Skrap18@yandex.ru,

Akmatov D.Zh.<sup>1</sup>, Student, e-mail: Dastan.akmatov.1994@mail.ru,

<sup>1</sup> Mining Institute, National University of Science and Technology «MISIS», 119049, Moscow, Russia.

**Abstract.** The classical earth surface monitoring method consumes the most labor. Such monitoring needs modern and efficient techniques. The UAV technology is long-ago and much well studied and applied. This technology involves aerial cinematography as well as various methods, techniques and software tools. It is now time to use unmanned aerial vehicles in industry. All types of multicopters are reviewed, and the advantages of drones in solving different engineering problems are revealed. Drones enable accomplishment of different production tasks in mining at minimum labor force. Currently there are many UAVs that differ in size, appearance, flying range and functions. Drones can also be ranked based on the control method and degree of endurance.

**Key words:** aerial photography, unmanned aerial vehicle (UAV), satellite navigation systems (GPS/GLONASS), photogrammetry, terrestrial photography, photogrammetric survey, multicopter, hexacopter, octocopter, tricopter, flying boundaries, survey site boundaries.

---

DOI: 10.25018/0236-1493-2019-01-0-55-62

### REFERENCES

1. Sergeev P. N. *Lesnaya taksatsiya: Uchebnoe posobie* [Forest inventory: Educational aid], Moscow, Izd-vo Goslesbumizdat, 1953, pp. 248–251.
2. Vorob'eva A. A. *Distantionnoe zondirovanie. Metodicheskoe posobie* [Remote sensing. Methodical manual], Saint-Petersburg, ITMO, 2012, 23 p.
3. *Vvodnaya informatsiya o kopterakh (multirotnykh platformakh)*, available at: <http://forum.brothers-blog.com/index.php?topic=13.msg112#msg112>

4. URL: <http://pskovstroyka.ru/drony-budut-stroit-doma-s-vozduha/>
5. Baklashov I.V., Borisov V.N. *Proektirovanie i stroitel'stvo gornotekhnicheskikh zdaniy i sooruzheniy* [Design and construction of mining buildings and structures], Moscow, Nedra, 1991.
6. Kartoziya B.A., Borisov V.N. *Inzhenernye zadachi mekhaniki podzemnykh sooruzheniy* [Engineering problems of underground structures mechanics], Moscow, Nedra, 2001, 246 p.
7. Kartoziya B.A. *Stroitel'naya geotekhnologiya* [Construction geotechnology], Moscow, MGGU, 1998.
8. Frenzel C., Delabbio F., Burger W. *Shaft boring systems for mechanical excavation of deep shafts*. Australian Centre for Geomechanics, 2010, pp. 289–295.
9. Luis Ribeiro e Sousa, Roberto Azevedo M.M. Fernandes. Euripedes Vargas Jr. *innovative Numerical Modelling in Geomechanics* CRS Press, 2012, pp. 474.
10. Grosse K.U. Nerazrushayushchiy kontrol' i tekhnologiya monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya konstruktov pri kontrole kachestva i nadzore za ob'ektami stroitel'stva [Non-destructive testing and monitoring technology of technical condition of structures during quality control and supervision of construction projects], *ALITinform: Tsement. Beton. Sukhie smesi*. 2012, no 6, pp. 62–77.
11. *Geomechanical evaluation and analysis of research shafts and galleries in MIU Project Research Gate*, 01/2003.
12. Volokhov E.M., Novozhenin S.Yu., Nguen S.B. Sovremennyye sistemy kontrolya sdvizheniy i deformatsiy pri stroitel'stve podzemnykh sooruzheniy [Modern systems of control of displacements and deformations in the construction of underground structures], *Zapiski Gornogo instituta*. 2012, vol. 199, pp. 253–259.
13. Tokin A.A., Tokin A.A. Monitoring deformatsiy podzemnykh gornykh vyrobotok s pomoshch'yu lazernykh skaniruyushchikh sistem [Deformation monitoring of underground mining with the help of laser scanning systems], *Interesko Geo-Sibir'*. 2013, vol. 1, no 3, pp. 120–123. [In Russ].



---

## РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

---

### ПЛАНЫ СИЛОВЫХ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ — НАЧАЛО РАБОТЫ НАД ПРОЕКТОМ

(№ 1168/01–19 от 06.11.2018; 3 с.)

Герасимов Анатолий Игоревич — кандидат технических наук, доцент,  
НИТУ «МИСиС», e-mail: [mggu.eegp@mail.ru](mailto:mgggu.eegp@mail.ru).

Рассмотрена методика проектирования объектов электроснабжения: карьеров или разрезов (участков карьеров или разрезов); шахт или рудников (участков шахт или рудников); обогатительных фабрик (цехов обогатительных фабрик); промышленных предприятий или завода (цех промышленного предприятия или завода). Приведен перечень информации, необходимой для проектирования и достоинства планов силовых сетей. Изложены принципы построения планов силовых сетей. Статья может быть использована студентами, выполняющими курсовые и дипломные проекты, а также специалистами горных предприятий.

Ключевые слова: электроснабжение, планы объектов, проектирование, силовые сети, принципы построения.

### PLANS OF POWER NETWORKS OF POWER SUPPLY — GETTING STARTED ON THE PROJECT

Gerasimov A.I., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,  
National University of Science and Technology «MISS», 119049, Moscow, Russia,  
e-mail: [mggu.eegp@mail.ru](mailto:mgggu.eegp@mail.ru).

The article is devoted to methods of designing power supply facilities: quarries or section (sections of quarries or mines); mines or mines (mines or parts of mines); ore-treatment mills (workshops, processing plants); industrial facilities or factory (shop of an industrial enterprise or plant). Provides a list of information required for the design and merits of the plans of the power system. The principles of construction of plans of power networks are stated. The article can be used by students performing course and diploma projects, as well as specialists of mining enterprises.

Key words: power supply, plans of objects, design, power networks, principles of construction.