ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

USE OF UNMANNED AIRCRAFT IN MINING

УДК 622

Смоленцева Анастасия Михайловна, студент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезии». Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск

Научный руководитель: Рупосов Виталий Леонидович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезии»., Россия, г.Иркутск. Иркутский национальный исследовательский технический университет

Smolentseva Anastasia Mikhailovna

Academic Supervisor: Ruposov Vitaly Leonidovich

Аннотация. В статье анализируются возможности использования беспилотных летательных аппаратов в горном деле. Рассматриваются разновидности беспилотных летательных аппаратов, применяемых в горном деле, их достоинства и недостатки. Приводятся особенности практического применения беспилотных летательных аппаратов. Выявляются задачи, которые геологические и горные предприятия получают возможность решать посредством аэрофотосъёмки с использованием беспилотных летательных аппаратов.

Annotation. The article analyzes the possibilities of using unmanned aerial vehicles in mining. The article considers the types of unmanned aerial vehicles used in mining, their advantages and disadvantages. The features of the practical application

of unmanned aerial vehicles are presented. The tasks are identified that geological and mining enterprises are able to solve through aerial photography using unmanned aerial vehicles.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, горное дело, горные предприятия, аэрофотосъёмка, маркшейдерская съёмка.

Key words: unmanned aerial vehicles, mining, mining enterprises, aerial photography, mine surveying.

Введение

Аэрофотосъёмка, осуществляемая с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), представляет собой передовую технологию в геодезии, заменяя применение спутникового позиционирования в режимах RTK, тахеометрии, воздушного лазерного сканирования и пилотируемой аэрофотосъёмки вследствие их неконкурентоспособности по таким основополагающим критериям, как стоимость и продолжительность работ [1]. Современный потенциал применения БПЛА в горном деле крайне велик, поскольку беспилотные комплексы дают возможность эффективно и экономично решать многие вопросы надёжности и безопасности.

Целью работы является рассмотрение возможностей использования беспилотных летательных аппаратов в горном деле. Для её достижения были использованы методы анализа и синтеза научных публикаций и литературы по изучаемой теме.

Разновидности беспилотных летательных аппаратов

БПЛА являются разновидностью летательных аппаратов, не имеющей экипажа на борту [2]. Конструктивно они могут обладать тремя (трикоптер), четырьмя (квадрокоптер), шестью (гексокоптер), восемью (октокоптер) или двенадцатью бесколлекторными электродвигателями, оснащёнными винтами, которых может приходиться как по одному на каждый двигатель, так и коаксиально два.

Условно БПЛА можно разделить на две большие группы:

1. Лёгкие. Их вес составляет 1,5-3 кг, длина винта – 11-17″, а время полёта – 25-50 мин. Их основными достоинствами считаются компактность и хорошие показатели сохранности в случае падения.

2. Тяжёлые, подразделяющиеся на:

- устойчивые, весящие 3-6 кг, имеющие длину винта 14-20″, могущие оставаться в воздухе на протяжение 25-50 мин и отличающиеся хорошей манёвренностью и ветровой стойкостью;
- с увеличенной продолжительностью полёта, превышающей час, имеющие вес в 3,5-4 кг и размер винта более 25″.

БПЛА могут быть классифицированы по следующим основным признакам [3]:

1. По конструктивному исполнению:

- самолётного типа;
- вертолётного типа.

2. По способу управления:

- беспилотные неуправляемые;
- беспилотные автоматические;
- дистанционно пилотируемые.

3. По классу:

- «микро», вес которых не превышает 10 кг, а время полёта составляет около часа;
- «мини», могущие весть до 50 кг и летать несколько часов;
- «средние», вес которых может достигать 1 т, а длительность полёта – 10-12 часов;
- «тяжёлые», весящие более 1 т и летающие до суток.

4. По назначению:

- боевые;
- разведывательные;
- многоцелевые.

5. По способу старта:

- со взлётной полосы;
- с руки;
- с катапульты.

6. По способу приземления:

- посредством парашюта;
- самолётным способом;
- посредством вертикальной оси.

7. По потолку полёта:

- маловысотные, не поднимающиеся выше 1 км;
- средневысотные, летающие на высоте 1-4 км;
- высотные, полёт которых проходит на высоте 4-12 км;
- стратосферные, поднимающиеся выше 12 км.

8. По времени получения собираемых данных:

- после приземления;
- в реальном времени;
- при периодических сеансах связи.

9. По типу двигателя силовой установки:

- электрические;
- поршневые;
- газотурбинные.

Вне зависимости от типа применяемых БПЛА беспилотные комплексы, используемые в горном деле, обладают рядом преимуществ [4]:

- малый вес оборудования;
- высокая производительность при сборе геоданных;
- возможность осуществлять съёмку мест малой проходимости;
- возможность проведения измерений единственным исполнителем;
- возможность видеофиксации для точного дешифрирования получаемых фотоснимков и наземного контроля объектов и территорий;

- коммерческая доступность программного обеспечения для обработки данных.

В то же время использование БПЛА имеет некоторые трудности и ограничения:

- необходимость согласования со службами безопасности для проведения полёта;
- необходимость квалифицированного персонала для управления съёмкой;
- ограниченная грузоподъёмность;
- ограниченность в длительности полёта;
- высокая вероятность возникновения погрешностей при настройке навигационных систем;
- возможность проведения калибровки систем только в лабораторных условиях;
- высокая погрешность данных, собранных при плохих погодных условиях;
- высокая стоимость оборудования.

Несмотря на существующие недостатки и сложности, применение БПЛА для маркшейдерской съёмки при горных работах получает крайне широкое распространение, что связано с увеличением количественных и качественных показателей проведения аэрофотосъёмки посредством установленной на беспилотных комплексах средств современной фотограмметрии, определяющих корректность итогов координатного распознавания горных объектов и их объёмно-площадных свойств, что является основой формирования актуального топографического плана [5].

Особенности использования беспилотных летательных аппаратов

Аэрофотосъёмка с применением БПЛА представляет собой один из методов составления крупномасштабных планов и топографических карт [6]. Благодаря высокой оперативности работ и детальности получаемых снимков данные, собираемые с использованием БПЛА, дают возможность горным и геологическим предприятиям решать следующие задачи [2]:

- планирование месторасположения и определение размеров отвалов пустых пород;
- мониторинг опасных участков при проведении открытых горных работ;
- создание 3D-моделей карьеров для разработки основы во время проектирования горных работ на дальнейшие периоды;
- проведение тепловизионной съёмки в случаях самовозгорания отвалов;
- осуществление контроля соответствия реальных объектов существующим проектным решениям;
- надзор за соблюдением техники безопасности на горном предприятии, промышленных площадках, хвостохранилищах и вахтовых посёлках в процессе отработки месторождения.

В основном на горных предприятиях БПЛА внедряются в процессы добычи полезных ископаемых, осуществляемые открытым способом, где они заменяют трудоёмкие методы инспектирования, геологической съёмки и создания обзорных карт участков проведения работ. При добыче открытым способом БПЛА используются в следующих областях:

- обеспечение безопасности на местах осуществления добычи;
- планирование работ посредством оперативного формирования обзорных карт, оптимизации маршрутов передвижения и предоставления контрольных данных;
- оценка потенциального ущерба от шторма, поведение требуемого мониторинга с предоставлением гидрологических и геотехнических сведений;
- транспортировка образцов почвы, запасных частей, оборудования и медикаментов;
- отслеживание изменений растительного покрова, обнаружение эрозий и опасных для природной среды изъянов инфраструктуры горнодобывающих предприятий;
- мониторинг процесса работ и раннее выявление отклонений и образующихся угроз.

Применение БПЛА на карьере осуществляется по следующей технологии [7]:

1. Выбор объекта или зоны, для которых требуется получение геопространственных данных. Включает разработку требований к материалам, которые необходимо получить, определение координат контура и перекрытия снимков и формирование полётного задания.

2. Выполнение аэрофотосъёмки и уточнение центральных координат фотографирования с задействованием дифференциальной поправки, получаемой от базовой станции.

3. Камеральная фотограмметрическая обработка полученных данных с использованием специализированного программного обеспечения.

В результате аэрофотосъёмки получается ортофотоплан в высоком разрешении и трёхмерная модель рельефа изучаемой местности. В высокорисковых или гористых средах, в которых затруднено проведение GPS съёмки, изображения, полученные с БПЛА, объединяются с результатами наземного лазерного сканирования и подвергаются объектно-ориентированной классификации для эффективного трёхмерного картирования [8].

Заключение

Применение беспилотных летательных аппаратов даёт возможность проведения высокоточного и оперативного картографирования и мониторинга территории горных предприятий и решения множества геодезических и горнотехнических задач, таких как проведение землеустроительных работ, подсчёт объёма горных выработок, поиск зон трещиноватости, построение разрезов, привязка скважин, разработка кадастровых, крупномасштабных и топографических планов. Современные технологии, в основе которых лежит использование беспилотных летательных аппаратов, позволяют в несколько раз сократить экономические риски и автоматизировать связанные с мониторингом объектов процессы, что делает их применение экономически и трудовременно целесообразным.

Список литературы

1. Аникаева А.Д., Мартюшев Д.А. Оценка потенциала применения беспилотных летательных аппаратов в нефтегазовой отрасли // Недропользование. – 2020. – Т. 20, № 4. – С. 344-355.
2. Оника С.Г., Куликовская О.Е., Атаманенко Ю.Ю. Использование беспилотных летательных аппаратов для решения инженерных задач маркшейдерии и геодезии // Горная механика и машиностроение. – 2018. – № 2. – С. 15-21.
3. Кузнецов Г.А., Кудрявцев И.В., Крылов Е.Д. Ретроспективный анализ, современное состояние и тенденции развития отечественных беспилотных летательных аппаратов // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2018. – № 9 (81). – С. 1-22.
4. Писарев В.С., Ахмедов Б.Н., Басаргин А.А. Анализ способов сбора геоданных при геодезическом сопровождении горных работ // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 1, № 1. – С. 197-202.
5. Блищенко А.А. Использование геодезических приборов на открытых горных работах, тенденция применения беспилотных технологий // Colloquium-journal. – 2020. – № 14-2 (66). – С. 4-5.
6. Лукьянов И.В. Методика топографической съёмки квадрокоптером при инженерно-геодезических изысканиях автомобильных дорог: выпуск. квалиф. работа: 08.03.01 / Иван Владимирович Лукьянов; Сиб. фед. ун-т. – Красноярск, 2020. – 74 с.
7. Самойловский А. Применение беспилотных летательных аппаратов на горнодобывающих предприятиях // Горная промышленность. – 2018. – № 6 (142). – С. 60-61.
8. Кротенок А.Ю. Фотограмметрическая обработка изображений на основе беспилотных летательных аппаратов и наземного лазерного сканирования при проектировании открытых горных работ / А.Ю. Кротенок, Д.Н. Шурыгин, Т.В. Литовченко, Ю.А. Семенова, В.Р. Харитонова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 12. – С. 50-55.

Bibliography

1. Anikaeva A.D., Martyushev D.A. Assessment of the potential for the use of unmanned aerial vehicles in the oil and gas industry // Subsoil use. - 2020. - T. 20, No. 4. - S. 344-355.
2. Onika S.G., Kulikovskaya O.E., Atamanenko Yu.Yu. The use of unmanned aerial vehicles for solving engineering problems of mine surveying and geodesy // Mining mechanics and mechanical engineering. - 2018. - No. 2. - P. 15-21.
3. Kuznetsov G.A., Kudryavtsev I.V., Krylov E.D. Retrospective analysis, current state and development trends of domestic unmanned aerial vehicles // Engineering journal: science and innovations. - 2018. - No. 9 (81). - S. 1-22.
4. Pisarev V.S., Akhmedov B.N., Basargin A.A. Analysis of methods for collecting geodata during geodetic support of mining operations // Interexpo Geo-Siberia. - 2019. - T. 1, No. 1. - S. 197-202.
5. Blishchenko A.A. The use of geodetic instruments in open pit mining, the trend in the use of unmanned technologies // Colloquium-journal. - 2020. - No. 14-2 (66). - S. 4-5.
6. Lukyanov I.V. Technique of topographic survey by a quadcopter for engineering and geodetic surveys of highways: issue. qualif. work: 08.03.01 / Ivan Vladimirovich Lukyanov; Sib. fed. un-t. - Krasnoyarsk, 2020 .-- 74 p.
7. Samoilovsky A. Application of unmanned aerial vehicles at mining enterprises // Mining industry. - 2018. - No. 6 (142). - S. 60-61.
8. Krotenok A.Yu. Photogrammetric image processing based on unmanned aerial vehicles and ground laser scanning in the design of open pit mining / A.Yu. Krotenok, D.N. Shurygin, T.V. Litovchenko, Yu.A. Semenova, V.R. Kharitonova // Mining information and analytical bulletin. - 2017. - No. 12. - P. 50-55.