

DOI 10.53364/24138614_2022_25_2_18
УДК 528.71

¹Гроссул П.П., ²Ожигин Д.С., ³Ожигина С.Б., ⁴Байгали Р.К.,
⁵Кубайдуллина У.А.

^{1,2,3,4,5}Карагандинский технический университет, г. Караганда, РК

¹E-mail: ddd117@mail.ru

²E-mail: ozhigin.dima@mail.ru

³E-mail: osb66@mail.ru

⁴E-mail: ruslan_26.99@mail.ru

⁵E-mail: lulpan.kubajdullina@mail.ru

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА

ҰҰА ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, ЕЛДІ МЕКЕНДЕРДІҢ ТОПОГРАФИЯЛЫҚ ТҮСІРІЛІМДЕРІН ӨНДІРУДІ ТАЛДАУ

ANALYSIS OF THE PRODUCTION OF TOPOGRAPHIC SURVEYS OF SETTLEMENTS USING UAVS

Аннотация. В статье приведены результаты сравнительного анализа проведения цифровой аэрофотосъемки на основе применения пилотируемой авиации и современных технологий с использованием беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, цифровая аэрофотосъемка, пилотируемая авиация, картографирование.

Андатпа. Мақалада ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдана отырып, басқарылатын авиация мен заманауи технологияларды қолдану негізінде сандық аэрофототүсірілімді салыстырмалы талдау нәтижелері келтірілген.

Түйін сөздер: ұшқышсыз ұшу аппараты, цифрлы аэрофототүсірілім, басқарылатын авиация, картографиялау.

Abstract. The article presents the results of a comparative analysis of digital aerial photography based on the use of manned aviation and modern technologies using unmanned aerial vehicles.

Key words: unmanned aerial vehicle, digital aerial photography, manned aviation, mapping.

Введение. Один из самых эффективных методов получения пространственной информации в настоящее время представлен различными видами аэрофототопографической съемки. Результатами аэрофототопографической съемки являются ортофотопланы и пространственные модели местности, на основе которых создаются карты и топографические планы местности, используемые широким спектром специалистов и кадастровыми службами [1].

В свою очередь топографическая аэрофотосъемка (АФС) на больших территориях имеет свои уникальные особенности и ограничения. Для получения пространственной информации отдельных населенных пунктов, части целых областей и регионов необходимо учитывать условия и возможности использования технических средств, не допускать ситуаций, в которых проведение работ является крайне нерентабельным с точки зрения

финансовых и трудовых затрат. В данном исследовании рассматривается эффективность применения пилотируемых воздушных судов и беспилотных летательных аппаратов при производстве аэрофотосъемки местности с различной плотностью населения, учитывая территориальные и региональные особенности нашей страны.

Существует несколько критериев, влияющих на производство аэрофотосъемочных работ на территории, отличающейся высокой плотностью населения на примере Туркестанской области (таблица 1). К данным критериям относятся: общая площадь снимаемой территории; количество крупных населённых пунктов, отличающихся высокой плотностью населения; средняя площадь; общая и средняя площадь малонаселенных мелких сельских пунктов и их количество.

Таблица 1 - Характеристика населенных пунктов Туркестанской области

Наименование характеристики	Значение
Общая площадь области	116 280 км ²
Количество населенных пунктов с высокой плотностью населения	7 пунктов
Средняя площадь населенных пунктов с высокой плотностью населения	10 км ²
Общая площадь населенных пунктов с высокой плотностью населения	70 км ²
Количество населенных пунктов с низкой плотностью населения	836 пунктов
Средняя площадь населенных пунктов с низкой плотностью населения	0,5 км ²
Общая площадь населенных пунктов с низкой плотностью населения	418 км ²

Учитывая особенности территории наглядно видно большое количество малонаселенных и небольших по площади населённых пунктов. Если производить работы в последовательном порядке, используя пилотируемые воздушные средства (ВС, рисунок 1) с конечной номинальной точностью фотометрического материала - 20 см, то временные и финансовые затраты будут составлять значения, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 - Оценка производства АФС с применением пилотируемых ВС в населенных пунктах с низкой плотностью населения [2,3]

Показатели	ВС	VulcanAir P68	АН30
Затраты времени на производство АФС одного населенного пункта, час		0,8	0,7
Затраты времени на производство АФС всех населенных пунктов, час		676,4	583,1
Количество календарных дней на производство АФС всех населенных пунктов, кол-во дней		113	97
Финансовые затраты на весь объем работ, млн.тг*		154,6	147,2

*Все цены приведены в условных единицах (тенге)



Рисунок 1. Самолёт АН30 воздушного наблюдения и аэрофотосъёмки

Так, при использовании легкого самолета (рисунки 1,2) с аэрофотограмметрическим комплексом, максимальное разрешение которого - 240 мегапикселей, затраты времени на производство аэрофотосъемки одного сельского населённого пункта составляют от 0,7 до 0,8 часа.



Рисунок 2. Самолёт воздушного наблюдения и аэрофотосъёмки самолет VulcanAir P68

Учитывая рассматриваемую площадь территории всех населённых пунктов для производства аэрофотосъемки потребуется от 97 до 113 дней. Время на производство данной съёмки ограничено только световым днём и техническими возможностями пилотируемого воздушного судна.

В данном случае в затраты времени на производство АФС не входит время на создание и развитие геодезического съёмочного обоснования, которое является опорным для привязки аэрофотоснимков.

При производстве последовательной съёмки всех населённых пунктов в отдельности, учитывая требование к детальности фотоматериала (разрешение снимков не менее 20см), альтернативой пилотируемых ВС является использование беспилотных летательных аппаратов, позволяющих получать разрешение фотографии - 6 см.

Фотоматериал высокого разрешения может быть использован для определения характерных границ земельных участков, обновления кадастровых планов на территориях, являющихся населёнными пунктами [2]. Высокое пространственное разрешение позволяет получать координатную привязку со средней квадратической погрешностью определения координат по ортофотоплану менее 10 см, что соответствует нормативным требованиям [2].

Использование беспилотных летательных аппаратов (рисунок 3) при производстве аэрофотосъёмочных работ имеет множество плюсов по сравнению с использованием пилотируемых воздушных судов:

1. Цифровая аэрофотосъемка с использованием беспилотных летательных аппаратов выполняется на относительно небольших высотах, что позволяет, как правило, исключить влияние наличия облаков во время съёмки местности.



Рисунок 3. БПЛА VolJet VTOL X5 PRO

2. БПЛА обладают большей доступностью и простотой управления по сравнению с пилотируемыми воздушными судами. Благодаря этому цифровые аэрофотосъемки с использованием беспилотных летательных аппаратов могут выполняться несколькими бригадами одновременно, в свою очередь одна бригада может эксплуатировать одновременно более четырех беспилотных летательных аппаратов. Количество данных бригад ограничено только возможностью организации, выполняющей АФС, и квалификацией самих специалистов [4].

Оценка затрат времени на производство аэрофотосъемки сельских и городских населенных пунктов (НП) представлена соответственно в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 - Оценка затрат времени на производство АФС сельских населенных пунктов [4]

БПЛА \ Показатель	DJI Mavic 2 Pro	VolJet X8 GEO	VolJet VTOL X5 PRO
1	2	3	4
Затраты времени на 1 сельский населенный пункт при АФС с 1 БПЛА, час	0,40	0,24	0,31
Пауза между вылетами БПЛА, час	0,5	0,5	0,5
Затраты времени на переезд, час	0,5	0,5	0,5
Количество сельских НП при АФС 4 бригадами с 4 БПЛА в день	24	24	24
Количество часов на АФС всех сельских НП 4 бригадами с 4 БПЛА	840	840	840
Количество календарных дней на АФС всех сельских НП 4 бригадами с 4 БПЛА	80	80	80

Таблица 4 - Оценка затрат времени на производство АФС городских населенных пунктов [4]

Показатель \ БПЛА	DJI Mavic 2 Pro	VolJet X8 GEO	VolJet VTOL X5 PRO
Затраты времени на 1 городской НП при АФС с 1 БПЛА, час	4,3	1,7	2,5
Затраты времени на переезд, час	1,5	1,5	1,5
Количество городских НП при АФС 1 бригадой с 1 БПЛА в день	1,4	2,5	2,0
Количество часов на АФС всех городских НП 1 бригадой с 1 БПЛА	1200	672	840
Количество календарных дней на все городские НП 1 бригадой с 1 БПЛА	60	34	42

Таким образом, время, затраченное на выполнение того же объема работ с использованием беспилотных воздушных средств при получении фотограмметрического материала с разрешением 6 см (4 бригады и 4 БПЛА), значительно меньше, чем при производстве аэрофотосъемки территории с разрешением 20 см на основе применения пилотируемого воздушного судна (использование 1 ВС с учетом расположения взлетно-посадочной полосы и времени полета до объекта съемки).

Стоимость производства аэрофотосъемки территории всех сельских населённых пунктов также меньше по сравнению со стоимостью работ, выполненных с более низким разрешением на основе применения пилотируемого воздушного судна (таблица 5).

Анализ особенностей производства аэрофототопографической съемки городской территории с высокой плотностью заселения показывает, что максимальная эффективность работ достигается при использовании одного БПЛА с цифровым фото-комплексом [5].

Таблица 5 - Сравнение финансовых и временных затрат на АФС при использовании БПЛА и пилотируемого судна

Показатель \ Вид АФС	АФС с БПЛА, разрешение съемки 6 см	Пилотируемая АФС, разрешение съемки 14 см (среднее)
Затраты на АФС сельских НП, млн.тг*	125,4	151
Затраты на АФС городских НП, млн.тг*	40,3	52,5
Итого затрат по области	165,7	203,5
Продолжительность АФС сельских НП, кол-во дней	80	105
Продолжительность АФС городских НП, кол-во дней	45	70
Итого календарных дней	125	175

*Все цены приведены в условных единицах (тенге)

Стоимость производства АФС с использованием беспилотных воздушных аппаратов не превышает стоимости работ на основе применения пилотируемой съемки, а временное отношение выполнения данных видов работ более эффективно при производстве беспилотной аэрофотосъемки, что делает её наиболее целесообразной для производства топографической съемки на плотно заселённой территории с целью определения характерных точек границ земельных участков и обновления планов.

Использование беспилотных летательных средств при производстве последовательной аэрофототопографической съёмки населённых пунктов в регионах, имеющих низкую или высокую плотность населения с максимальным разрешением 6 см, является более выгодным с точки зрения затраченного времени и финансовых ресурсов, чем использование пилотируемых воздушных судов. Высокое разрешение фотоматериалов (6 см) съёмки, полученных на основе применения беспилотного комплекса, позволяет определить координаты точек земной поверхности по ортофотоплану со среднеквадратической ошибкой менее ± 10 см в плане, что удовлетворяет нормативным требованиям и дает возможность производить по данным материалам обновление кадастровых планов и определение координат границ земельных участков.

Список использованных источников

1. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 ГКИНП (ГНТА)-02-028-09. АГЕНТСТВО РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ПО УПРАВЛЕНИЮ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ИНСТРУКЦИИ, НОРМЫ И ПРАВИЛА, Астана 2009 год.
2. Руководство по аэросъемочным работам / Ю. И. Полетаев и др. – М.: Воздушный транспорт, 1988. – 336 с.
3. Башилов А.М., Королев В.А., Можяев К.Ю. Перспективы использования дронов в реализациях новейших агротехнологий // Вестник ВИЭСХ. – 2016. – № 4 (25). – С. 68–75.
4. Семенюк В.В., Риттер Д.В., Петров П.А., Риттер Е.С., Сагимов А.Е. 3d-моделирование и печать БПЛА с алгоритмами локального позиционирования. Вестник Академии гражданской авиации. 2021. № 2 (21). С. 19-27.

References

1. Instrýktsiia po topograficheskoj semke v masshtabah 1:5000, 1:2000, 1:1000 i 1:500 GKINP (GNTA)-02-028-09. AGENTSTVO RESPÝBLIKI KAZAHSTAN PO ÝPRAVLENIIÝ ZEMELЬNYMI RESÝRSAMI GEODEZICHESKIE, KARTOGRAFICHESKIE INSTRÝKTsII, NORMY I PRAVILA, Astana 2009 god.
2. Rýkovodstvo po aérosemochnym rabotam / Iý. I. Poletaev i dr. – M.: Vozdýshnyi transport, 1988. – 336 s.
3. Bashilov A.M., Korolev V.A., Mojaev K.Iý. Perspektivy ispolzovaniia dronov v realizatsiiakh noveishih agrotehnologii // Vestnik VIESH. – 2016. – № 4 (25). – S. 68–75.
4. Semenýk V.V., Ritter D.V., Petrov P.A., Ritter E.S., Sagimov A.E. 3d-modelirovanie i pechat BPLA s algoritmami lokalnogo pozitsionirovaniia. Vestnik Akademii grajdanskoj aviatsii. 2021. № 2 (21). S. 19-27.