

Научная статья

Original article

УДК 528.7

doi: 10.55186/2413046X_2025_10_11_272

**ОПЫТ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА
НЕДВИЖИМОСТИ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНОГО
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

**EXPERIENCE OF CREATING A 3D MODEL OF A REAL ESTATE
PROPERTY USING AN UNMANNED AERIAL VEHICLE**



Далбараев Ариан Сергеевич, старший преподаватель кафедры «Экспертиза, управление и кадастр недвижимости», инженерно-технический институт, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутия, E-mail: arian0000@yandex.ru

Dalbaraeв Arian Sergeevich, senior lecturer of the Department «Expertise, Management and Cadastre of real estate», Engineering and Technical Institute, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova", Yakutia, E-mail: arian0000@yandex.ru

Аннотация. За последние пару десятков лет технологии прочно вошли в нашу жизнь, повсеместная цифровизация и доступность знаний ежедневно облегчает нашу жизнь. То, что казалось фантастикой в XX веке воспринимается нами совершенно обыденно и буднично. Одним из таких примеров стали беспилотные летательные аппараты (далее - БПЛА). Сегодня БПЛА используются во многих сферах: сельском хозяйстве, строительстве, энергетике и в военных целях. В области геодезии и картографии БПЛА является очень перспективным направлением. На обширных и труднодоступных участках местности БПЛА снижает затраты времени,

финансов и человеческого труда. С помощью специализированного программного обеспечения можно создавать как высокоточные карты местности, так и трехмерные модели зданий и сооружений. В статье приведен опыт по формированию трехмерной модели жилого здания на территории города Якутска, в данное время с возможным введением трехмерного кадастра недвижимости, а также технологии информационного моделирования в строительном производстве эта тема исследования является весьма актуальной.

Abstract. Over the past couple of decades, technology has become an integral part of our lives, with widespread digitalization and access to knowledge making our lives easier every day. What seemed like science fiction in the 20th century is now perceived as completely ordinary and mundane. One such example is unmanned aerial vehicles (UAVs). Today, UAVs are used in many areas: agriculture, construction, energy, and military applications. UAVs are a very promising field in geodesy and cartography. In vast and hard-to-reach areas, UAVs reduce time, money, and labor costs. Using specialized software, it is possible to create both highly accurate terrain maps and 3D models of buildings and structures. This article presents the experience of creating a 3D model of a residential building in the city of Yakutsk. Currently, with the possible introduction of a 3D real estate cadastre and information modeling technologies in construction, this research topic is highly relevant.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, строительство, трехмерное моделирование, объекты недвижимости, жизненный цикл зданий

Keywords: drone, construction, 3D modeling, real estate, building life cycle

В современном мире БПЛА, стали неотъемлемой частью разных отраслей экономики, их применение охватывает широкий спектр задач начиная от сельскохозяйственных работ заканчивая поисково-спасательными операциями. Развитие технологий привело к созданию разнообразных типов

БПЛА, различающихся по размерам, дальности полета и выполняемыми ими задач. Это позволяет использовать БПЛА для выполнения различных задач, требующих определенных характеристик и возможностей.

С развитием технологий трехмерное моделирование используется повсеместно, в машиностроении, строительстве, дизайне, производстве и даже в медицине. В наши дни благодаря компьютерному трехмерному моделированию появилась возможность создавать 3D-модели зданий или сооружений как отдельных объектов, так и больших территорий. Трехмерные модели объектов или местности наиболее полно описывает проект, позволяет увидеть конструкцию или детали местности со всех сторон [1-3].

В строительной отрасли БПЛА могут использоваться на всех этапах жизненного цикла зданий и сооружений:

- подготовка картографических материалов будущей стройки;
- контроль за ходом строительства;
- создание трехмерных моделей возводимых зданий и т.д. [4-6]

Для выполнения работ по формированию трехмерной модели здания был использован миниатюрный DJI Mini 3 Pro, который поднял популярность серии мини-дронов DJI на новую высоту. Оригинальный DJI Mavic Mini появился в 2019 году, а в 2020 году за ним последовал DJI Mini 2, в котором разрешение видео было увеличено с 2,7К до 4К наряду с другими улучшениями. Но именно Mini Pro 3 действительно стал прорывом для серии квадрокоптеров весом менее 250 г. [7]

Взлетная масса БПЛА не превышает 0,25 кг, поэтому он не попадает под Постановление Окружной администрации города Якутска от 12 июля 2021 г. №210п Об утверждении Административного регламента предоставления Окружной администрацией города Якутска муниципальной услуги «Выдача разрешения на выполнение авиационных работ, парашютных прыжков, демонстрационных полетов воздушных судов, полетов беспилотных воздушных судов (за исключением полетов беспилотных воздушных судов с

максимальной взлетной массой менее 0,25 кг), подъемов привязных аэростатов над территорией городского округа «город Якутск», а также на посадку (взлет) на расположенные в границах городского округа «город Якутск» площадках, сведения о которых не опубликованы в документах аэронавигационной информации» [8].

Для получения фотограмметрических материалов требуется произвести полет вокруг места съемки и собрать достаточное количество качественных фотографий с перекрытием областей, достаточным для того, чтобы фотограмметрическая программа смогла найти общие точки и построить цифровую модель. Либо отснять видео и разложить его на кадры, что существенно ускоряет полевые работы.

Перед началом съемки необходимо ознакомиться местностью и возможными препятствиями, такими как близко расположенные здания, провода или антенны станций сотовой связи. Необходимо узнать к какой зоне полетных ограничений относится район съемки и необходимо ли разрешение на взлет БПЛА.

В окрестностях и черте города Якутска находится 5 зон с различными ограничениями полета для БПЛА.

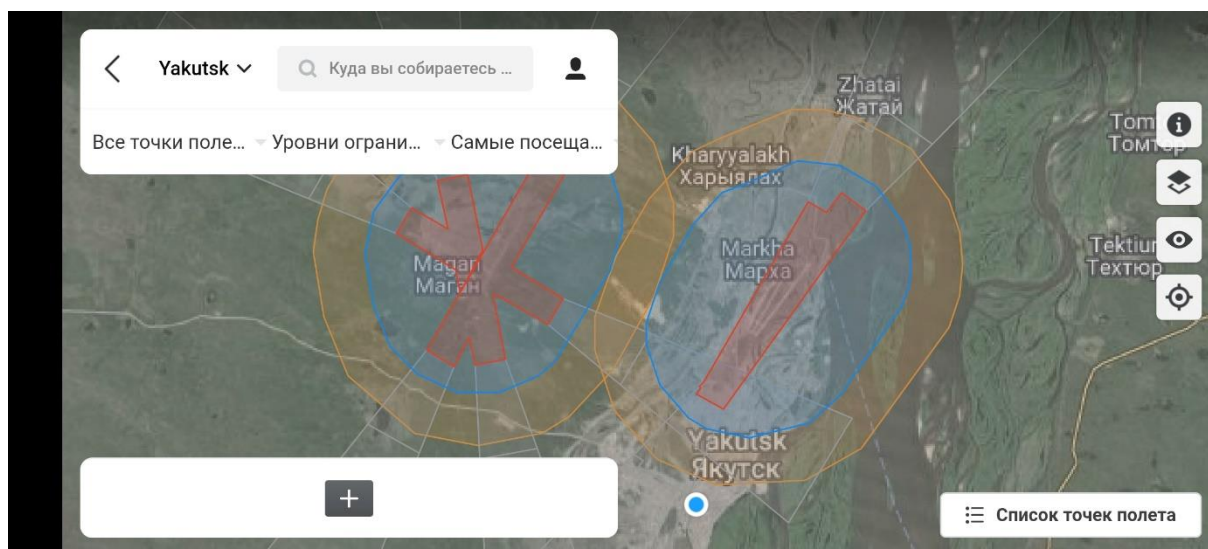


Рисунок 1. Зоны ограничения полетов г. Якутск

- Красные зоны находятся над взлетно-посадочными полосами Якутского и Маганского аэропортов. Перед полетом необходимо получить разрешение на взлет от представителей аэропортов. Взлететь в такой зоне без разрешения не получится.
- Синим отмечены зоны авторизации. Для получения авторизации необходимо отправить запрос на взлет и зарегистрировать его, все это выполняется из приложения *Dji Fly*.
- Оранжевые зоны показывают особые зоны предупреждения. Перед полетом в такой зоне приходит уведомление о наличии ограничения высоты полета.
- Серым цветом отмечены зоны ограничения высоты в 60 и 150 метров, в зависимости от удаленности от аэропорта. Но с 1 марта 2024 года разрешается взлет не более 150 метров от земли в светлое время суток в прямой видимости оператора. На высоте 500 метров стоит программное ограничение от *Dji*. Между тем технически данная модель дрона способна подняться на высоту в 4000 метров.

Еще одним ограничением для полета может стать ветренная погода. Предельная скорость ветра, при которой рекомендуются полеты – 10 м/с. Полеты при сильном ветре лучше не проводить, так как масса БПЛА мала и съемка производилась в городской среде, в опасной близости от домов и проводов. Малая масса данного БПЛА является минусом в ветренную погоду, поэтому тяжелые дроны имеют преимущество во всепогодных условиях для съемки.

Перед взлетом необходимо провести предполетную проверку крепления лопастей и провести калибровку датчиков. Все процедуры занимают несколько минут и увеличивают безопасность полета. Взлетать следует по отдаленности от стен, проводов и людей. Чтобы безопасно взлететь, необходимо включить режим обнаружения препятствий. В этом режиме квадрокоптер остановится перед препятствием, с помощью датчиков проверит наличие

препятствий и совершит облет мешающего полету объекта. В случае потери связи с пультом БПЛА возвращается на точку взлета по ранее пройденному маршруту. На более старых моделях квадрокоптеры просто возвращались напрямую и часто врезались в сооружения и деревья.

Для взлета стоит подобрать чистую ровную площадку без мелкого мусора. Или по возможности расчистить снег ногой и утрамбовать площадку самому. Для посадки можно использовать умный режим посадки или посадить дрон на руку из-за заснеженного покрова.

Во время съемки материала необходимо находиться на некотором удалении от объекта съемки. Чтобы здание не экранировало сигнал от пульта управления до БПЛА.

Для создания 3D-модели использовал жилой дом по адресу: ул. Каландаришвили 32. В этом доме 14 этажей и соседние с ним здания всего 5этажей. Главными для меня параметрами были удаленность от других строений и высокая этажность. А также этот дом отличается от окружающих строений разной этажностью цветовой гаммой.

Съемку необходимо производить в один заход, из-за того, что погодные условия и освещение может измениться в течении часа.



Рисунок 2. Объект для формирования 3D-модели

Для сбора большого количества материала сделал два пролета на высоте 70 и 110 метров. Сам дом высотой около 50 метров. Но для безопасной съемки следует избегать чрезмерно близких к препятствиям пролетов.

Для формирования более точной 3D-модели здания, был выбран способ обработки данных с использованием аэрофотоснимков, всего в процессе выполнения работ были произведено 34 снимка с разных ракурсов. Каждый снимок имеет информацию по местоположению, высоте и углу наклона камеры, а также информацию о своем местоположении в пространстве – широта, долгота и высота.

Первым делом в программу Agisoft Metashape импортируются все сделанные снимки, после успешного импорта, производится выравнивание снимков по их координатам и в самой программе можно посмотреть взаимное расположение сделанных снимков (рис.3).

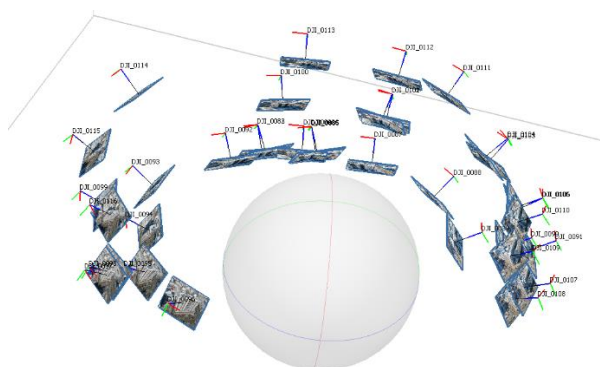


Рисунок 3. Положение снимков в пространстве относительно объекта съемки

Черные прямые линии показывают направление съемки. Цветные линии показывают локальные оси каждого снимка. Я также вывел эскизы снимков.

После выравнивания снимков производится формирование облака точек, затем можно приступить к созданию плотного облака точек из выровненных и упорядоченных в трехмерном пространстве изображений. С помощью облака точек программа склеивает все снимки в единую модель. Чем плотнее будет облако точек, тем реалистичнее будет модель. Облако точек для

модели всего заснятого окружения составляет более 61 миллиона точек. А точек связующих между собой фотографии всего 7622 (рис.4).

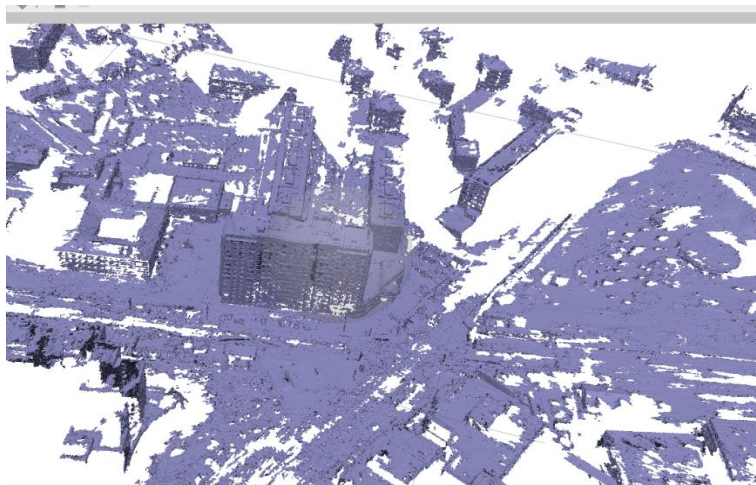


Рисунок 4. Облако точек

Облако точек рассматривается как набор вершин в трехмерной системе координат. Эти вершины предназначены для представления внешней поверхности объекта.

Облака точек создаются специальными 3D-сканерами и обрабатываются фотограмметрическими методами. Итак, облако точек — это набор точек, полученных в результате сканирования или записи объекта.

Следующим шагом является создание 3D-модели объекта недвижимости. Для начала мы удаляем из облака точек окружающие здания и объекты, все лишние поверхности и получаем силуэт здания из связующих точек. Из оставшихся точек мы строим 3D-модель объекта недвижимости (рис.5).

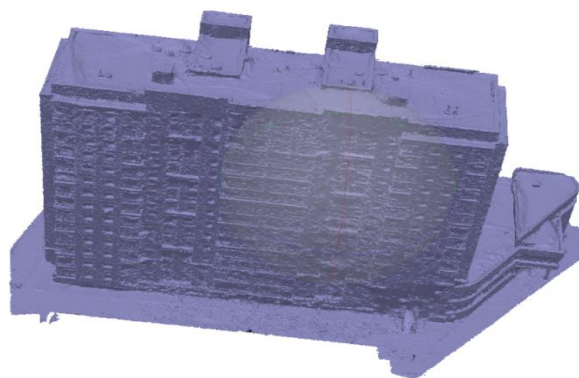


Рисунок 5. 3D-модель объекта недвижимости

Затем мы можем приступить к созданию тайловой модели, которая представляет собой улучшенную 3D-модель, состоящую из блоков. Это занимает большое количество времени (в зависимости от выбранного качества модели) и требует большое количество ресурсов компьютера. Тайловая модель - это особый формат модели, который содержит пирамиду масштабов модели в виде небольших блоков для каждого уровня, тогда как полигональная модель представляет собой единый монолитный блок. Обычно она используется для реконструкции крупных объектов, поскольку позволяет визуализировать большие 3D-модели с высоким разрешением и детализацией. Полигональная модель включена

В некоторых случаях построить полигональную модель может быть затруднительно. Для маленьких объектов можно создать тайловую модель, чтобы получить хорошую детализацию. Затем накладывается текстура поверх тайловой модели и получаем финальный результат (рис.6).



Рисунок 6. Тайловая модель с наложенной текстурой

На этом работу по созданию 3D-модели можно считать оконченной, мы получили готовую к экспорту в другие приложения модель здания. С этой

3D-моделью можно продолжать работу, как в Agisoft Metashape, так и в других программах для работы с 3D.

С готовой 3D-моделью можно совершать различные манипуляции, такие как измерение расстояний, рассчитывать площадь или находить объем. К примеру, по готовой модели мы узнали высоту здания и вычислили площадь крыши. Высота здания почти 50 метров, а площадь крыши около 960 квадратных метров. И это только внутренний функционал программы. По готовой модели здания можно проводить визуальную экспертизу повреждений или загрязнений объекта.

В заключении хочется отметить несомненные плюсы и удобство при работе с БПЛА, такие как оперативность съемки, дистанционный метод сбора данных, экономическую выгоду перед другими методами съемки с высоты и качество снятого материала. Но как этот метод имеет свои нюансы, которые не видны на первый взгляд, такие как объективно худшее качество камеры перед съемкой с помощью авиации и малую дальность полета. На пример артефакты на зеркальных поверхностях. Также необходимо подобрать оптимальное расстояние для съемки до объекта, из-за экранирования радиосигнала самим зданием.

В процессе выполнения полевых работ были выявлены рекомендации для съемки объектов недвижимости:

- Чтобы избежать появления артефактов на зеркальных поверхностях нужно оснастить БПЛА поляризационными фильтрами и избегать съемки в чрезмерно солнечную погоду.
- Для лучшего сигнала стоит находиться в 100-200 метрах от здания и направлять пульт управления в сторону БПЛА.
- Сделать достаточное количество снимков на фотокамеру, но не превышающее 100. Из-за большого количества снимков обработка замедляется и какой-либо разницы в качество полученной модели они не приносят.

Список источников

1. Кондаков, Н. Д. Предназначение БПЛА в различных сферах задач / Н. Д. Кондаков // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. – 2023. – Т. 2, № S1(67). – С. 212-215. – EDN URLBPA.
2. Хабарина, Д. С. Анализ применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) различного типа в сельском хозяйстве / Д. С. Хабарина, И. А. Тишанинов // Наука без границ. – 2021. – № 4(56). – С. 78-83. – EDN JYHKLW.
3. Далбараев, А. С. Использование снимков с беспилотного летательного аппарата для формирования ортофотоплана городской территории / А. С. Далбараев, В. В. Афонин // Московский экономический журнал. – 2024. – Т. 9, № 10. – С. 107-115. – DOI 10.55186/2413046X_2024_9_10_401. – EDN SQOJGO.
4. Павловец, А. В. Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в строительной сфере / А. В. Павловец // Комплексные технологии в механике и транспортном строительстве: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой памяти профессора Г.Н. Гаврилова, Петергоф, 14 декабря 2023 года. – Петергоф: Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева, 2023. – С. 209-214. – EDN TCJBRG.
5. Гелдиназаров, Д. Использование дронов в строительстве / Д. Гелдиназаров // Современные перспективы развития гибких производственных систем в промышленном гражданском строительстве и агропромышленном комплексе: Сборник научных статей 3-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 23 мая 2025 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 175-178. – EDN WIBCQN.

6. Гужавина, Е. Н. Применение цифровых двойников в различных сферах деятельности / Е. Н. Гужавина, Е. С. Бородина // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности: Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием, Москва, 16 апреля 2024 года. – Москва: Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), 2024. – С. 129-133. – EDN UOHLMH.
7. Руководство пользователя DJI Mini 3Pro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dji-rus.ru/sravneniya-i-rukovodstva-po-pokupke/mini-drony-polnoe-rukovodstvo/> (20.11.2025)
8. Постановление Окружной администрации города Якутска от 12 июля 2021 г. №210п Об утверждении Административного регламента предоставления Окружной администрацией города Якутска муниципальной услуги «Выдача разрешения на выполнение авиационных работ, парашютных прыжков, демонстрационных полетов воздушных судов, полетов беспилотных воздушных судов (за исключением полетов беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой менее 0,25 кг), подъемов привязных аэростатов над территорией городского округа «город Якутск», а также на посадку (взлет) на расположенные в границах городского округа «город Якутск» площадках, сведения о которых не опубликованы в документах аэронавигационной информации»

References

1. Kondakov, N. D. Prednaznachenie BPLA v razlichny`x sferax zadach / N. D. Kondakov // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. M. Akmully`. – 2023. – Т. 2, № S1(67). – С. 212-215. – EDN URLBPA.
2. Xabarina, D. S. Analiz primeneniya bespilotny`x letatel`ny`x apparatov (BPLA) razlichnogo tipa v sel`skom xozyajstve / D. S. Xabarina, I. A. Tishaninov // Nauka bez granicz. – 2021. – № 4(56). – С. 78-83. – EDN JYHKLW.

3. Dalbaraeв, A. S. Ispol'zovanie snimkov s bespilotnogo letatel'nogo apparata dlya formirovaniya ortofotoplana gorodskoj territorii / A. S. Dalbaraeв, V. V. Afonin // Moskovskij e'konomicheskij zhurnal. – 2024. – T. 9, № 10. – S. 107-115. – DOI 10.55186/2413046X_2024_9_10_401. – EDN SQOJGO.
4. Pavlovecz, A. V. Primenenie bespilotny'x letatel'ny'x apparatov (BPLA) v stroitel'noj sfere / A. V. Pavlovecz // Kompleksny'e tekhnologii v mexanike i transportnom stroitel'stve: Materialy` II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashhyonnoj pamyati professora G.N. Gavrilova, Petergof, 14 dekabrya 2023 goda. – Petergof: Voennaya akademiya material'no-tekhnicheskogo obespecheniya im. generala armii A.V. Xruleva, 2023. – S. 209-214. – EDN TCJBRG.
5. Geldinazarov, D. Ispol'zovanie dronov v stroitel'sve / D. Geldinazarov // Sovremennyye perspektivy` razvitiya gibkix proizvodstvenny'x sistem v promy'shlennom grazhdanskom stroitel'stve i agropromy'shlennom komplekse: Sbornik nauchny'x statej 3-j Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii molody'x ucheny'x, aspirantov, magistrov i bakalavrov, Kursk, 23 maya 2025 goda. – Kursk: ZAO Universitetskaya kniga, 2025. – S. 175-178. – EDN WIBCQN.
6. Guzhavina, E. N. Primenenie cifrovyy'x dvoynikov v razlichny'x sferax deyatel'nosti / E. N. Guzhavina, E. S. Borodina // Innovacionnoe razvitie tekhniki i tekhnologij v promy'shlennosti: Sbornik materialov Vserossijskoj nauchnoj konferencii molody'x issledovatelej s mezhdunarodny'm uchastiem, Moskva, 16 aprelya 2024 goda. – Moskva: Rossijskij gosudarstvenny'j universitet imeni A.N. Kosy`gina (Tekhnologii. Dizajn. Iskusstvo), 2024. – S. 129-133. – EDN UOHLMH.
7. Rukovodstvo pol'zovatelya DJI Mini 3Pro [E'lektronny'j resurs]. – Rezhim dostupa: <https://dji-rus.ru/sravneniya-i-rukovodstva-po-pokupke/mini-drony-polnoe-rukovodstvo/> (20.11.2025)
8. Postanovlenie Okruzhnoj administracii goroda Yakutska ot 12 iyulya 2021 g. №210p Ob utverzhdenii Administrativnogo reglamenta predostavleniya Okruzhnoj

administraciej goroda Yakutska municipal'noj usluzhi «Vy'dacha razresheniya na vy`polnenie aviacionny`x rabot, parashyutny`x pry`zhkov, demonstracionny`x poletov vozdushny`x sudov, poletov bespilotny`x vozdushny`x sudov (za isklyucheniem poletov bespilotny`x vozdushny`x sudov s maksimal'noj vzletnoj massoj menee 0,25 kg), pod`emov privyazny`x ae`rostatov nad territoriej gorodskogo okruga «gorod Yakutsk», a takzhe na posadku (vzlet) na raspolozhenny`e v graniczax gorodskogo okruga «gorod Yakutsk» ploshhadkax, svedeniya o kotory`x ne opublikovany` v dokumentax ae`ronavigacionnoj informacii»

© Далбараев А.С., 2025. Московский экономический журнал, 2025, № 11.