

УДК 528.8 © И.В. Семенов<sup>1</sup>, Ю.В. Малахов<sup>2,3</sup>, 2024UDC 528.8 © I.V. Semenov<sup>1</sup>, Yu.V. Malakhov<sup>2,3</sup>, 2024<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, г. Кемерово, Россия<sup>1</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия<sup>2</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation<sup>3</sup> Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова РАН, 111020, г. Москва, Россия<sup>3</sup> N.V. Melnikov Institute of problems of Integrated Subsoil Development, Russian Academy of Sciences, Moscow, 111020, Russian Federation

✉ e-mail: sibist@mail.ru

✉ e-mail: sibist@mail.ru

# Юридические аспекты применения беспилотных летательных аппаратов для проведения измерений\*

## Legal aspects of the use of UAVs for conducting measurements

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-8-118-123>

### СЕМЕНОВ И.В.

Главный менеджер проектов отдела аналитики Института цифры ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: sibist@mail.ru

### МАЛАХОВ Ю.В.

Канд. техн. наук, доцент кафедры открытых горных работ», ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», старший научный сотрудник Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова РАН, 111020, г. Москва, Россия, e-mail: yv.malakhov@mail.ru

В последнее время использование данных, полученных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), становится популярным методом проведения маркшейдерских измерений на горнодобывающих предприятиях. Несмотря на это, четких требований, методик и регламентов производства работ с использованием БПЛА, а также критериев правомерности применения данных с БПЛА до настоящего момента не утверждено. Целью работы являлось обоснование актуальности разработки нормативно-правовых документов, регламентирующих использование результатов маркшейдерских вычислений, полученных в программном обеспечении по данным БПЛА. В процессе работы рассмотрено российское законодательство в области государственного регулирования средств измерений, изучены нормативные документы в области производства маркшейдерских работ, проанализирован опыт предприятий по применению БПЛА и программного обеспечения, основанного на данных БПЛА, при проведении маркшейдерских измерений. В результате работ авторами определены необходимость создания нормативной базы, подтверждающей достоверность данных БПЛА в задачах маркшейдерии, и приоритетность решения вопроса безопасности использования результатов вычислений специализированным программным обеспечением.

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий от 30 сентября 2022 г. № 075-15-2022-1195.



НОЦ  
КУЗБАСС –  
ДОНБАСС

Научно-образовательный  
центр «Кузбасс – Донбасс»

**Ключевые слова:** подсчет объема, открытые горные работы, маркшейдерия, БПЛА, программное обеспечение, легитимность измерений

**Для цитирования:** Семенов И.В., Малахов Ю.В. Юридические аспекты применения беспилотных летательных аппаратов для проведения измерений // Уголь. 2024;(8): 118-123. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-8-118-123.

### Abstract

*Recently, the use of UAV data has become a popular method of surveying at mining enterprises. In spite of this, there are no clear requirements, methods and regulations for UAV operations, as well as criteria for the legality of using UAV data. The purpose of the work was to substantiate the relevance of the development of legal documents regulating the use of the results of surveying calculations obtained in the software using UAV data. In the process of work the Russian legislation in the field of state regulation of measuring instruments was considered, normative documents in the field of production of surveying works were studied, the experience of enterprises on application of UAVs and software based on UAV data during surveying measurements was analyzed. As a result of the work the authors determined the necessity of creating a regulatory base confirming the reliability of UAV data in surveying tasks and the priority of solving the issue of safety of using the results of calculations by specialized software.*

### Keywords

*Volume counting, surface mining, surveying, UAV, software, legitimacy of measurements.*

### For citation

Semenov I.V., Malakhov Yu.V. Legal aspects of the use of UAVs for measurements. *Ugol'*. 2024;(8):118-123. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-8-118-123.

### Acknowledgements

The research was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the agreement on the provision of grants from the federal budget in the form of subsidies dated September 30, 2022 No. 075-15-2022-1195.

## ВВЕДЕНИЕ

Еще недавно беспилотные летательные аппараты представляли собой лишь элементы из научной фантастики, но сегодня они превратились в реальных помощников, способных оптимизировать широкий спектр процессов в различных отраслях. В горнодобывающей отрасли одним из наиболее перспективных направлений использования беспилотных технологий является поддержка маркшейдерских операций при ведении открытых горных работ [1, 2, 3, 4, 5]. В частности, проведение измерений в горнодобывающей отрасли по данным БПЛА является важным аспектом для проектирования горных выработок, анализа целевых показателей деятельности предприятия, служит инструментом оценки эффективности буровзрывных работ [6, 7]. Из-за отсутствия необходимости нахождения специалиста, использующего БПЛА, в непосредственной близости от горного производства существенно повышается безопасность выполнения маркшейдерских работ.

Кроме этого, измерение значительной площади за сравнительно небольшое время обеспечивает их высокую производительность.

Но, несмотря на указанные выше преимущества использования беспилотных летательных аппаратов, в Российской Федерации нормативно-правовая база маркшейдерского обеспечения горных производств при помощи БПЛА на сегодняшний день отсутствует.

Основными документами, регламентирующими правила измерения объемов при производстве маркшейдерских работ, являются «Инструкция по производству маркшейдерских работ» РД 07-603-03 и «Инструкция по маркшейдерскому учету объемов горных работ при добыче полезных ископаемых открытым способом» РД 07-604-03, утвержденные постановлениями Госгортехнадзора России более 20 лет назад (2003 г.). В РД 07-603-03 присутствуют упоминания о возможности проведения аэрофотограмметрической съемки при производстве маркшейдерских работ, но подробные параметры аэросъемки и требования к аэрофотоаппаратам практически не регламентируются. Кроме того, технические условия, допуски, регламенты и методики работ с помощью БПЛА в данном документе не приведены, в то время как для проведения маркшейдерских работ наземными методами данные требования изложены детально, однозначно и предельно точно.

Результаты маркшейдерских изысканий предоставляются в различные федеральные и региональные министерства и ведомства (Ростехнадзор, Минприроды РФ, Минэнерго РФ и др.), некоторые виды маркшейдерских работ содержат государственную тайну и имеют ограниченный доступ. В связи с этим маркшейдерские измерения должны быть объектом государственного регулирования. Основным документом, который регулирует отношения, возникающие при выполнении измерений, а также методик (методов) измерений, является Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений». Статья 5 «Требования к измерениям» указанного Закона гласит: «1. Измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, должны выполняться по первичным референтным методикам (методам) измерений, референтным методикам (методам) измерений и другим аттестованным методикам (методам) измерений...». Перечень измерений, являющихся объектом государственного регулирования, утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2020 г. № 1847. В пунктах 8.3.5 и 8.3.10 перечня речь фактически идет о картах и других продуктах пространственных данных, которые в подавляющем большинстве создаются методами аэрофототопографической съемки по материалам аэрофотосъемки. При этом до последнего времени в аэрофототопографической съемке не использовались средства измерения утвержденного типа, внесенные в Государственный реестр средств измерений.

Сегодня для документального подтверждения достоверности результатов, полученных измерительными комплексами, использующих БПЛА, требуется:

– внести средства измерения в реестр средств измерения (утвердить описание типа средства измерений в

Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии, получить Свидетельство об утверждении типа);

- разработать методику измерений, в том числе и методику первичной и периодической поверки всего измерительного комплекса;

- совместно с ведущими национальными метрологическими институтами (ФГУП «ВНИИФТРИ», ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева») провести метрологическую экспертизу измерительного комплекса.

Сейчас по этому пути идут компании – лидеры в производстве БПЛА. К примеру ГК «Геоскан» с 28 ноября 2022 г. официально начала производство геодезических средств измерения (код по ОКВЭД2 26.51.1), а именно комплексов аэрофототопографических ПАК Геоскан 201, ПАК Геоскан 701, ПАК Геоскан Gemini, о чем уведомила Росстандарт. На основании результатов испытаний, выполненных ФГБУ «ВНИИФТРИ», приказами Росстандарта «Об утверждении типа (типов) средства (средств) измерений» от 11 сентября 2023 г. № 1856 и от 12 сентября 2023 г. № 1875 были утверждены типы средств измерений комплексов аэрофототопографических ПАК Геоскан 201, ПАК Геоскан 701, ПАК Геоскан Gemini и внесены в Государственный реестр средств измерений и ФГИС «АРШИН» (ФГИС Росстандарта).

Таким образом, вопросы документального подтверждения достоверности получаемых с помощью БПЛА данных, в том числе при производстве маркшейдерских работ, имеют однозначное и уже апробированное решение. Сложнее обстоит дело с признанием правовой легитимности полученных на их основе с помощью специализированного программного обеспечения (ПО) результатов. Следует учитывать и тот факт, что, к примеру, подсчет объемов в горнодобывающей отрасли по исходным данным, полученным с помощью БПЛА, может быть осуществлен посредством различных специальных программных приложений. Так, в РД 07-604-03 указана возможность автоматизированного подсчета объемов горных пород при помощи программных продуктов, но не предоставлены требования к необходимой точности данных, загружаемых в программу. Поэтому вопрос правомерности применения таких данных до настоящего времени остается открытым.

Целью данного исследования является обоснование актуальности разработки нормативно-правовых документов, регламентирующих использование результатов измерений, полученных в программном обеспечении по данным БПЛА для решения маркшейдерских задач.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Сегодня существует ряд различных исследований на тему применения геодезических БПЛА в горном деле. Во многих из них дается сравнительный анализ результатов, полученных с помощью программного обеспечения (ПО) по данным от БПЛА и расчетов, полученных по данным наземной съемки.

В работе Коровина Д.С. проводились исследования по обоснованию и разработке метода оценки объема

угольного склада на основе аэрофотосъемки с применением беспилотных летательных аппаратов на горном отводе угледобывающего предприятия, расположенного на северо-западе Кемеровской области [8]. Разработанная им программа позволяет моделировать и рассчитывать объем объекта, находящегося в границах между верхним и нижним основаниями, и вертикальными плоскостями на границах контура поверхности. Программное обеспечение скомпилировано в виде библиотеки динамической компоновки данных и может применяться дополнительно к программному обеспечению для создания трехмерных моделей рельефа. Исследования подтвердили допустимую относительную погрешность значений объема, найденного с помощью созданного автором алгоритмического и программного обеспечения, с объемом, найденным методом вертикальных параллельных сечений по данным маркшейдерской съемки при экспериментальных измерениях открытых угольных складов с объемом до 50 тыс. м<sup>3</sup>.

Внедрение беспилотного летательного аппарата в маркшейдерское сопровождение открытых горных работ в соответствии с программой техперевооружения в июне 2021 г. на ГОК «Дукат» послужило основанием для разработки программы испытаний «Полная съемка объекта с помощью БПЛА Phantom 4 Pro участка «Начальный» с дублирующей съемкой тахеометром Sokkia CX-105L и GPS приемником».

В ходе испытаний было выполнено построение плотного облака точек на основе карт глубины с использованием алгоритма Semi-Global Matching [9]. Данные расчета объемов в границе одного контура выполнялись в программной среде Studio RM. Исследования показали, что при использовании Phantom 4 Pro с режимом RTK расхождение с тахеометрической съемкой находится в пределах установленного допуска.

В Санкт-Петербургском горном университете им. императрицы Екатерины II также ведутся исследования по валидации БПЛА в решении маркшейдерских задач. В своей работе «Обоснование использования беспилотных летательных аппаратов для определения объема складов полезного ископаемого» [10] для расчета объемов были использованы данные, полученные из результатов применения двух различных методов съемки: спутникового приемника и геодезического квадрокоптера. Определение объемов производилось с применением программного обеспечения Autodesk Civil 3D и Agisoft Metashape. В ходе исследования были задействованы приборы с подтвержденной метрологической поверкой, а также сертифицированное программное обеспечение. Натурные маркшейдерские съемки были осуществлены при помощи спутникового приемника Topcon Hiper SR в режиме RTK с последующей обработкой в программном обеспечении Autodesk Civil 3D, а также при помощи квадрокоптера DJI Phantom 4 Pro TEO RTK PPK AGNSS L1/L2 с обработкой съемки в Agisoft Metashape. Результаты исследования показали, что для складов с объемом полезного ископаемого свыше 25000 м<sup>3</sup> максимальное расхождение объемов, полученных из результатов двух

методов съемки, составляет 5,8%, что не превышает допустимой разницы двух независимых определений объемов – 8% (согласно пункту 45 РД 07-604-03).

Алгоритм определения объема склада, измеренного с помощью комплекса для геодезической аэрофотосъемки на основе квадрокоптера среднего сегмента, реализованный на языке программирования Visual Basic 6, был разработан Блищенко А.А. [11]. Маркшейдерская аэрофотосъемка открытых горных работ с помощью БПЛА проводилась на карьерах месторождений Ленинградской, Псковской и Новгородской областей. Результаты исследований были внедрены в маркшейдерском отделе ООО «Карьерпроект», г. Санкт-Петербург (подтверждено актом о принятии к внедрению).

Внедрение программно-аппаратных комплексов в производство маркшейдерских работ дало значительные результаты, особенно в АО «Михайловский ГОК», где в 2019 г. был приобретен и совместно с Союзом маркшейдеров России при участии специалистов АЗОТТЕХа и Металлоинвеста, внедрен в работу программно-аппаратный комплекс (ПАК) «Luftera LQ-4». Процесс внедрения ПАК на основе БПЛА на горно-обогатительном комбинате включал четыре этапа:

1. Разработка проекта съемочных работ с БПЛА;
2. Разработка методики применения БПЛА для выполнения маркшейдерских съемок производственных объектов;
3. Согласование и утверждение методики в Ростехнадзоре;
4. Внесение дополнений по работе с БПЛА в проект производства маркшейдерских работ.

Утвержденная в Ростехнадзоре «Методика применения программно-аппаратного комплекса «Luftera LQ-4» для выполнения маркшейдерских съемок производственных объектов АО «Михайловский ГОК» включает в себя анализ нормативно-методических документов, виды маркшейдерских съемок, обоснование точности определения величин, последовательность операций, требования к результатам съемок, подготовке специалистов и технике безопасности.

Данный документ устанавливает нормативно-технические требования к маркшейдерскому обеспечению производственной деятельности АО «Михайловский ГОК» фотограмметрическим методом с применением программно-аппаратного комплекса Luftera LQ-4. Предприятием было получено разрешение в Росавиации на использование БПЛА в воздушном пространстве Российской Федерации. Более подробная информация представлена в работах [12, 13].

Из приведенного материала видно, что сегодня на рынке специализированного ПО для картографии и геодезии уже имеется достаточно большое количество продуктов, которые оптимальным образом подходят для использования их вместе с беспилотниками. К этим ПО относятся Pix4DMapper (Швейцария), Maps Made Easy (США), Autodesk Civil 3D (США), Microstation (США), ReClouds (Россия), Micromine (Австралия), Кредо объемы (Россия) и др. Каждая из указанных программ обладает своими

преимуществами и недостатками, которые определяются разными факторами, такими как стоимость ПО, совместимость датчика и изображения, результат обработки (конечный продукт) и рядом других моментов.

Свои разработки в этом направлении эффективно ведет и Институт цифры ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». В работе [14] приведено подробное описание авторской методики измерения объема трехмерных объектов, проанализировано сравнение затрат времени на проведение расчетов авторской методикой относительно традиционной, сделана оценка результатов определения объема складов разными методами. Исходные данные для расчетов были получены с помощью «DJI Matrice 600 Pro» (производство – КНР) типа «гексакоптер» с бортовым приемником спутниковой системы навигации и воздушного лазерного сканера «АГМ-МС3.200» (производство – РФ), с частотой сканирования 600 кГц. В результате исследований было доказано, что представленная методика дает возможность по данным лазерного сканирования быстро и достаточно точно определять объем насыпных объектов, таких как склады угля, породные отвалы.

Однако, несмотря на достаточно убедительные результаты, полученные в приведенных выше работах, правовая легитимность их использования отсутствует: в Правилах осуществления маркшейдерской деятельности, утвержденных Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 19 мая 2023 г. № 186, не предусмотрена возможность применения методик (методов) измерений с применением средств измерений (СИ), включенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, основанных на технологиях аэросъемки и воздушного/наземного лазерного сканирования (Приложение № 1 к Правилам), в том числе с применением мобильных платформ и беспилотных воздушных судов (БВС).

В иных отраслях промышленности, отличных от горнодобывающей, в частности в строительной, нормативно-правовыми актами (НПА) предусмотрена возможность применения технологий аэросъемки и воздушного/наземного лазерного сканирования. Так, согласно п. 5.3.2.2 СП 317.1325800.2017 «Свод правил. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила производства работ» в том числе предусмотрены следующие методы выполнения топографической съемки:

- воздушного лазерного сканирования в сочетании с цифровой аэрофотосъемкой;
- наземного статического или мобильного лазерного сканирования;
- цифровой аэрофотосъемки, в том числе с применением беспилотных летательных аппаратов;
- стереотопографический;
- комбинированный аэрофототопографический, в том числе с применением результатов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

При этом п. 5.3.2.4 Правил установлена приоритетность применения методов воздушного и/или наземного лазер-

ного сканирования и цифровой аэрофотосъемки перед тахеометрическим методом (если это экономически целесообразно или технически возможно).

Отметим, что помимо создания нормативно-правовых основ для официального применения результатов БПЛА в маркшейдерской практике необходима и нормативно-техническая база, обеспечивающая достоверность и экспертное признание результатов измерений. Одним из признанных в мировой практике критериев оценки является стандарт.

Создание национального стандарта на методику применения БПЛА в маркшейдерских измерениях при открытых горных работах, созданную при совместном участии в разработке заинтересованных сторон, позволило бы сделать первый шаг в создании нормативно-технической базы с едиными правилами и общими стандартизованными принципами использования результатов работ. При этом организация работ по созданию стандартизированной методики применения БПЛА может быть организована в техническом комитете по стандартизации «Горное дело» (ТК 269), чья деятельность направлена на обеспечение технологического развития горной и угольной отраслей [15].

Вопросы документального подтверждения достоверности получаемых с помощью БПЛА данных при производстве маркшейдерских работ, а также признание правовой легитимности полученных на их основе результатов являются важнейшими задачами для горного производства и требуют комплексного и всестороннего подхода. С учетом видимых результатов, подкрепленных исследованиями и обширной информацией, все больше компаний стремятся интегрировать беспилотные технологии на своих объектах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровая трансформация горнодобывающих предприятий затрагивает не только маркшейдерскую, но и другие процессы, продвигаясь вперед стремительными шагами и, по мнению деловых изданий, опережая даже банковский сектор в этом аспекте. Предприятия активно используют специализированное программное обеспечение, основанное на данных, полученных с БПЛА, для построения трехмерной цифровой модели карьера, при подсчете объема объектов угольной промышленности и для других прикладных задач. Несмотря на популяризацию программных продуктов, направленных на упрощение и повышение точности маркшейдерских измерений, нормативные документы, регламентирующие их проведение с помощью специализированного программного обеспечения, основанного на данных БПЛА, и подтверждающие правомерность применения таких результатов при производстве маркшейдерских работ, на сегодняшний день отсутствуют.

Авторы статьи считают, что для более детального анализа проблематики применения мобильных платформ и беспилотных воздушных судов и изучения опыта изменения НПА целесообразна коллаборация с представителями профильных министерств, ведомств,

научно-образовательных учреждений и коммерческих организаций угледобывающей отрасли для определения путей решения таких вопросов, как:

возможность использования современных методик (методов) измерений с применением СИ, основанных на технологиях аэрофотосъемки и воздушного/наземного лазерного сканирования, в том числе с применением мобильных платформ и БВС, в маркшейдерской практике.

возможность внесения рекомендаций по усовершенствованию НПА (Правил осуществления маркшейдерской деятельности) в части возможности применения современных методик (методов) измерений с применением СИ, основанных на технологиях аэрофотосъемки и воздушного/наземного лазерного сканирования, в том числе с применением мобильных платформ и БВС, в маркшейдерской практике.

Положительная практика применения программного обеспечения совместно с данными БПЛА обосновывает необходимость создания нормативной базы, подтверждающей возможность правомерности применения результатов измерений, полученных в программном обеспечении по данным БПЛА, для решения маркшейдерских задач. Следовательно, необходимы разработка отдельных регламентов использования БПЛА и установление закрепленных требований к точности измерений БПЛА, используемых в маркшейдерской практике. При этом одним из главных приоритетов при определении путей решения вопросов создания необходимой нормативно-правовой базы для официального использования результатов вычислений специализированным программным обеспечением по полученным с помощью БПЛА исходным данным должны стать вопросы безопасности использования результатов таких вычислений.

Сегодня беспилотные летательные аппараты уже становятся почти стандартным оборудованием маркшейдерских служб на горнодобывающих предприятиях. Последовательное и систематическое решение задач по верификации данных, полученных с помощью беспилотных аппаратов «летающими» бригадами маркшейдеров, позволит значительно повысить безопасность и эффективность маркшейдерских работ, а также снизить их стоимость.

## Список литературы • Reference

1. Гусев В.Н., Блищенко А.А., Санникова А.П. Исследование комплекса факторов, оказывающих влияние на погрешность реализации маркшейдерской съемки горных объектов с применением геодезического квадрокоптера // Записки Горного института. 2022. Т. 254. С.173-179. DOI: 10.31897/PML2022.35. Gusev V.N., Blishchenko A.A., Sannikova A.P. Investigation of a complex of factors influencing the error in the implementation of surveying of mountain objects using a geodetic quadcopter. *Zapiski Gornogo instituta*. 2022; (254):173-179. (In Russ.). DOI: 10.31897/PML2022.35.
2. Горбунова Н.Н. Маркшейдерское обеспечение с высоты птичьего полета / Инженерные системы: Труды научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию Российского университета дружбы народов. В 2-х

- томах, Москва, 14-16 октября 2020 года / Под общей редакцией М.Ю. Мальковой. Том 1. М.: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2020. С. 172-181.
3. Erdoğan A., Görken M., Kabadaş A. Study on the use of unmanned aerial vehicles in open mine sites: A case study of Ordu Province Mine Site. *Advanced UAV*. 2022;3(2):35-40.
  4. Kurniawan S., Cahyadi M.N. Utilization of unmanned aerial vehicle (uav) for measurement of surface coal mining situation. *Journal of Marine-Earth Science and Technology*. 2023;3(2):29-34. DOI: 10.12962/j27745449.v3i2.576.
  5. Mantey S., Aduah M.S. Comparative Analysis of Stockpile Volume Estimation using UAV and GPS Techniques. *Ghana Mining Journal*. 2021;21(1):1-10. DOI: 10.4314/gm.v21i1.1.
  6. Bamford T., Medinac F., Esmaili K. Continuous Monitoring and Improvement of the Blasting Process in Open Pit Mines Using Unmanned Aerial Vehicle Techniques. *Remote Sens*. 2020;2(17). DOI: 10.3390/rs12172801.
  7. Рада А.О., Петерс К.И., Кузнецов А.Д. Проектирование буровзрывных работ на основе 3D-модели выемочного блока // Уголь. 2024. № 6. С. 87-91. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-6-87-91. Rada A.O., Peters K.I., Kuznetsov A.D. Design of drilling and blasting operations based on a 3D model of a dredging block. *Ugol'*. 2024;(6):87-91. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-6-87-91.
  8. Коровин Д.С. Обоснование и разработка метода оценки объема угольного склада на основе аэрофотосъемки с применением беспилотных летательных аппаратов: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 25.00.16 / Коровин Денис Сергеевич; Кемерово, 2017. 21 с.
  9. Валидация БПЛА в решении маркшейдерских задач на руднике «Дукат» / В.В. Курбатова, А.М. Волин, Н.Е. Ломакина и др. // Горная промышленность. 2023. № 1. С. 47-50. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-1-47-50. Kurbatova V.V., Volin A.M., Lomakina N.E., Garifulina I.Yu., Kuzmenkov M.A. Validation of UAVs in solving surveying tasks at the Dukat mine. *Gornaya promyshlennost'*. 2023;(1):47-50. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2023-1-47-50.
  10. Волошина Е.А., Новоженин С.Ю., Келехсаев С.К. Обоснование применения беспилотных летательных аппаратов для определения объема складов полезного ископаемого // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 11-1. С. 305-321. DOI: 10.25018/0236-1493-2023-111-0-305. Voloshina E.A., Novozhenin S.Yu., Kelekhsaev S.K. Justification of the use of unmanned aerial vehicles to determine the volume of mineral deposits. *Gornyy informatsionno-analyticheskij zhurnal*. 2023; (11-1):305-321. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2023-111-0-305.
  11. Блищенко А.А. Формирование и обоснование методики применения геодезического квадрокоптера для маркшейдерских съемок на карьерах: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 25.00.16 / Блищенко Александр Александрович; Санкт-Петербург, 2022. 20 с.
  12. Внедрение беспилотных летательных аппаратов для оперативного решения научно-производственных задач в условиях Михайловского ГОКа им. А.В. Варичева / Р.И. Исмагилов, А.Г. Захаров, Б.П. Бадтиев и др. // Горная промышленность. 2020. № 3. С. 26-30. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-3-26-30. Ismagilov R.I., Zakharov A.G., Badtiev B.P., Senin N.V., Sharikov I.S. Introduction of unmanned aerial vehicles for the operational solution of scientific and production tasks in the conditions of Mikhailovsky GOK named after A.V. Varichev. *Gornaya promyshlennost'*. 2020;(3): 26-30. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2020-3-26-30.
  13. Маркшейдерия высокого полета // Горная промышленность. 2020. № 1. С. 14-16. URL: <https://mining-media.ru/ru/article/geoinformsys/15628-markshejderiya-vysokogo-poleta> (дата обращения: 15.07.2024). High-flying surveying. *Gornaya promyshlennost'*. 2020;(1):14-16. Available at: <https://mining-media.ru/ru/article/geoinformsys/15628-markshejderiya-vysokogo-poleta> (accessed 15.07.2024). (In Russ.).
  14. Совершенствование измерений объемных объектов по данным лазерного сканирования / А.О. Рада, А.Д. Кузнецов, И.Л. Непомнищев и др. // Уголь. 2023. № 12. С. 37-43. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-37-43. Rada A.O., Kuznetsov A.D., Nepomnishchev I.L., Konkov N.Yu. Improving measurements of volumetric objects in the coal industry using laser scanning data. *Ugol'*. 2023;(12):37-43. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-37-43.
  15. Малахов Ю.В. Стандартизация как инструмент развития технологий и инноваций в ТЭК / Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении (ТЭК-2017): сборник трудов Международной научно-практической конференции, Кемерово, 18-21 апреля 2017 года. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2017. С. 63-68.

#### Authors Information

**Semenov I.V.** – Chief Project Manager of the Analytics Department of the Digital Institute, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: sibist@mail.ru

**Malakhov Yu.V.** – PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Surface Mining, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, Senior Researcher, N.V. Melnikov Institute of Problems of Integrated Subsoil Development, Russian Academy of Sciences, Moscow, 111020, Russian Federation, e-mail: yv.malakhov@mail.ru

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 4.07.2024

Поступила после рецензирования: 15.07.2024

Принята к публикации: 26.07.2024

#### Paper info

Received July 4, 2024

Reviewed July 15, 2024

Accepted July 26, 2024