

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора кафедры информатики и вычислительной техники Степанова Юрия Александровича на диссертацию Коровина Дениса Сергеевича на тему: "Обоснование и разработка метода оценки объема угольного склада на основе аэрофотосъемки с применением беспилотных летательных аппаратов", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Актуальность выбранной темы диссертации определяется практической необходимостью использования оперативной информации о состоянии открытых складов полезного ископаемого на угледобывающих предприятиях, тепло- и энергогенерирующих компаниях. В расчетах остатков полезных ископаемых на складах используют данные маркшейдерской съемки, проводимой с помощью электронных тахеометров, наземных лазерных сканеров и геодезических GPS/ГЛОНАСС приемников или аэрофотосъемки с помощью пилотируемой авиации, применение которых трудоемко, не оперативно и не рентабельно. Вместе с тем, внедрение в практику хозяйственной деятельности предприятий беспилотных летательных комплексов для аэрофотосъемки, которые позволяют оперативно получать графическое отображение трехмерной модели земной поверхности, можно отнести к значительным технологическим новшествам в маркшейдерии и геодезии.

Однако способы фотограмметрической обработки результатов аэрофотосъемки очень чувствительны к ракурсным искажениям, повороту и масштабированию снимков. Анализ практического опыта применения программной реализации традиционных методов расчета объемов открытых складов по данным аэрофотосъемки с помощью беспилотных комплексов показал, что существующие подходы имеют погрешность измерения до 25 % и не могут применяться для корректной оценки остатков полезного ископаемого.

Поэтому актуальным является разработка подхода, позволяющего проводить независимые, достоверные и оперативные геометрические измерения пространственно-временных характеристик открытого угольного склада.

Таким образом, диссертационная работа Д.С. Коровина направленная на разработку метода оценки объема угольного склада на основе аэрофотосъемки с применением беспилотных летательных аппаратов является актуальной, и соответствует современным методам и техническим средствам маркшейдерского обеспечения.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Для решения поставленных в диссертационной работе задач использован комплекс методов, включающий систематизацию и научное обобщение известных методов фотограмметрической обработки данных аэрофотосъемки с учетом особенностей применения в горном деле; оценку объемов полезного ископаемого на открытых складах; методы нелинейного программирования при обработке экспериментальных данных.

Основные научные положения, выводы и рекомендации, выносимые на защиту, подтверждены корректным использованием математической модели для определения объема угольного склада на основе аэрофотосъемки, объектно-ориентированного подхода при разработке алгоритмического и программного обеспечения для решения поставленных в диссертации задач.

3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается согласованностью результатов численных экспериментов, выполненных на основе используемых автором теоретических положений, с результатами подобных исследований, выполненных другими авторами, большим числом научных публикаций по теме диссертации и апробацией на конференциях различного уровня.

Новизна полученных в диссертации результатов заключается в обосновании рациональных параметров аэрофотосъемки с применением беспилотных летательных аппаратов; адаптации способов фотограмметрической обработки для построения цифровой трехмерной модели рельефа открытого угольного склада; развитии способа определения объемов горной массы с помощью объемной палетки.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается

- удовлетворительным расхождением (не более 1 мм в масштабе плана, 0,4 м по высоте) пространственно-цифровых моделей открытых угольных складов, построенных по результатам маркшейдерской съемки и аэрофотосъемки с применением беспилотных летательных аппаратов;

- допустимой относительной погрешностью значений объема, найденного с помощью созданного автором алгоритмического и программного обеспечения (до 3%) и разностью с объемом, найденным методом вертикальных параллельных сечений (по данным маркшейдерской съемки до 5%) при экспериментальных измерениях открытых угольных складов с объемом до 50 тыс. м³.

4. Ценность для науки и практики полученных в диссертации результатов.

Ценность результатов, полученных автором в диссертации, заключается в следующем:

1. Разработан подход к выбору рациональных параметров аэрофотосъемки с помощью беспилотного летательного аппарата поверхности угольного склада, основанный на решении оптимизационной задачи нелинейного программирования с ошибкой моделирования до 10%.

2. Установлено, что беспилотные летательные аппараты с размещенной на борту фотокамерой со светочувствительной матрицей с кроп-фактором не более 1,5 и объективом с фокусным расстоянием 16-50 мм, обеспечивают построение цифровой модели рельефа с погрешностью в плане менее 0,2 м и по высоте – 0,4 м.

3. Определено, что применение разработанного подхода к линейной коррекции цифровой модели рельефа территории открытого угольного склада на основе обработки данных об объектах с заданными геометрическими размерами, распознанными на снимках, уменьшает погрешность уравнивания на 0,05 м в плане и 0,1 м по высоте.

4. Показано, что применение комплексного метода, включающего выбор рациональных параметров аэрофотосъемки с помощью беспилотных летательных аппаратов и дополнительную фотограмметрическую обработку аэрофотоснимков, позволяет оперативно регистрировать пространственно-временные характеристики открытого угольного склада с погрешностью в плане и по высоте, соответствующей планам в масштабе до 1:500 с сечением рельефа 0,5 м.

5. Установлено, что цифровые модели поверхности открытых угольных складов, построенные по результатам маркшейдерской съемки и аэрофотосъемки с применением беспилотных летательных аппаратов, выполненной с использованием разработанных математических моделей, расходятся в плане не более, чем на 0,3 м и 0,4 м по высоте.

6. Представлено алгоритмическое и программное обеспечение для оценки остатков угля на открытых складах способом объемной палетки с шагом разделения основания, равным линейному размеру одного пикселя модели его поверхности, с относительной погрешностью не более 3 % и разностью с объемом, найденным методом вертикальных параллельных сечений, до 5 %.

5. Содержание диссертации, ее завершенность в целом.

Диссертация по структуре состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 111 наименований. Объем работы 126 страниц основного текста, в том числе 31 рисунков, 15 таблиц и 2 приложения.

Материалы диссертации имеют большое научное значение, поскольку вносят вклад в решение основополагающих вопросов, в области метода определения объемов открытых угольных складов на основе изучения способов

его геометризации и измерения пространственно-временных линейных характеристик его поверхности.

Результаты выполненных исследований применимы для геомоделирования остатков угля на открытых складах угольных предприятий посредством анализа временных витрин данных. При этом подход к определению рациональных параметров проведения аэрофотосъемки с помощью беспилотных летательных аппаратов и фотограмметрической обработки ее результатов может быть использован при создании пространственных цифровых моделей поверхности угольных складов.

6. Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати.

Все основные результаты, полученные в диссертации, опубликованы в научной печати, в том числе в журналах, рекомендованных ВАК.

По теме диссертационного исследования опубликовано 8 печатных работ, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 3 статьи в сборниках материалов всероссийских и международных конференций.

По результатам исследования были разработаны Методические рекомендации по оценке объемов открытых угольных складов на основе использования данных аэрофотосъемки с применением беспилотных летательных аппаратов

7. Личный вклад соискателя и репрезентативность эмпирического материала.

Личный вклад автора заключается в постановке задачи выбора высоты полета беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и прогнозирования погрешности цифровых моделей рельефа ЦМР, в разработке и апробации математической модели объема угольного склада на основе аэрофотосъемки с применением БПЛА для поддержки принятия решений при управлении складскими запасами, разработке инструментария (методики, алгоритмы, компьютерные программы), применение которого позволит рассчитывать остатки угля на открытых складах, моделировании поверхности угольного склада в виде цилиндра для расчета погрешности измерения объема, адаптации способа расчета объема «насыпи» с помощью объемной палетки для применения к цифровым моделям рельефа с использованием в качестве шага деления на фрагменты.

Диссертантом разработаны модели и алгоритмы компьютерного моделирования, выполнены расчеты, проведен анализ полученных результатов и их сравнение с экспериментальными данными, предложены технологические решения. Выводы и рекомендации автора подкреплены эмпирическим материалом.

8. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации.

Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации.

9. По содержанию работы необходимо высказать и отдельные замечания:

1. В работе не приведен сравнительный анализ цифровых фотограмметрических станций, поэтому выбор программного обеспечения PhotoMod для обработки результатов аэрофотосъемки не является обоснованным.

2. На стр. 38 приводится система уравнений математической модели описания цифровой модели рельефа 2.16, однако на самом деле представлена система ограничений, а не матмодель.

3. На стр. 39 сказано, что «сформулирована задача оптимизации, позволяющая определить рациональную высоту полета ...», однако из не совсем понятно по какому критерию и каким методом эта задача решается.

4. В главе 3 диссертации не приведена структура программного обеспечения в связи, с чем не понятно, в каком модуле размещен предлагаемый автором псевдокод основного блока? А есть еще и вспомогательный блок?

5. В тексте диссертации не отражен способ хранения полученных результатов по каждому складу. Используется распределенная база данных? Как сопоставить цифровые модели разных территорий на единой карте?

6. В исследовании не представлен экономический эффект от внедрения, предлагаемого автором метода в производственно-хозяйственную деятельность предприятия.

7. На протяжении всей работе единицей измерения линейных характеристик показан метр. В таблицах 2.1, 2.3 разрешение снимка на местности представлено в сантиметрах.

8. При определении объема угольного склада на стр 68 не дана формула координаты высоты объекта z_i . Известно, что с увеличением количества сечений увеличивается точность получаемого результата, однако при этом уменьшается производительность работы информационной системы, так сколько циклов должен отработать псевдокод на странице 72 для получения результата с заданной точностью?

9. В тексте диссертационной работе присутствуют опечатки и стилистические неточности. Например, на стр. 41, 42, 56, 57 не пронумерованы формулы.

10. В формуле 2.19 на стр. 55 не хватает скобок, так как должен быть квадрат произведения показателей x и y .

10. Общее заключение

Диссертация Коровина Д.С. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором

исследований решен комплекс задач, имеющих большое значение для повышения эффективности маркшейдерского обеспечения угледобывающих предприятий. Новые научные результаты вносят существенный вклад в решение задачи достоверной оценки остатков угля на открытых складах.

Указанные в настоящем отзыве замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, которая выполнена на актуальную, особенно для Кузбасса, тему, обладает научной новизной и практической значимостью. Текст диссертации соответствует следующим пунктам паспорта специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»: п.1 – «Разработка технических средств, технологий и методик производства геометрических измерений пространственно-временных характеристик состояния земной поверхности, недр, подземного пространства городов и графического отображения информации в различных видах», п.7 – «Разработка методов маркшейдерского обеспечения решения горнотехнических, горно-экологических задач и правовых отношений, возникающих в процессе разведки полезных ископаемых, проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации (консервации) горнодобывающих предприятий иметрополитенов».

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Министерства образования и науки РФ, утвержденного Постановлением Правительства РФ. Автор работы Коровин Денис Сергеевич по своей квалификации заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Официальный оппонент,
Степанов Юрий Александрович,
доктор технических наук, профессор кафедры информатики и
вычислительной техники им. В.К. Буторина НФИ КемГУ.

Подпись д.т.н., профессора каф. ИВТ Ю.А.Степанова подтверждаю и
заверяю. Начальник кадровой службы Е.А.Гардер

ФГБОУ ВО Новокузнецкий институт (филиал)
«Кемеровский государственный университет» (НФИ КемГУ),
654041, Кемеровская область, г. Новокузнецк, ул. Циолковского, д. 23
Тел.: +7 (3843) 77-60-54
шифр и наименование научной специальности,
по которой защищена диссертация, 25.00.35 - Геоинформатика