

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова

Кафедра Маркшейдерское дело и геодезии

Сердалина Гульдана Саматовна

Анализ инновационных методов маркшейдерских съемок

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

7М07227 – Маркшейдерское дело

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова

УДК 622.270

На правах рукописи

Сердалина Гульдана Саматовна

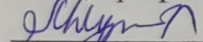
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации Анализ инновационных методов маркшейдерских съемок
Направление подготовки 7М07227 – Маркшейдерское дело

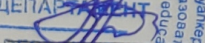
Научный руководитель

д.т.н., профессор

 М.Б.Нурпеисова
«20» 06 2025г.

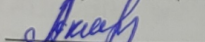
Рецензент

Ph.D., асс. профессор

 А.А.Алтаева
«27» 06 2025г.

Нормоконтроль

Ph.D., асс. профессор

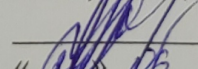
 Ш.К.Айтказинова
«24» 06 2025г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой МДиГ
к.т.н., асс. профессор

 Г.М.Мейрамбек
«24» 06 2025 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра Маркшейдерское дело и геодезии

7М07227 – Маркшейдерское дело

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Маркшейдерского дело и геодезии
к.т.н., асс.ц.профессор
Мейрамбек Г.
«19» июня 2025 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту: *Сердалиной Гульдана Саматовне*

Тема: *Анализ инновационных методов маркшейдерских съемок*

Утверждена приказом проректора по академическим вопросам №548- П/Ө от 04.12.2023 г.

Срок сдачи законченной диссертации «19» июня 2025 г.

Исходные данные к магистерской диссертации:

- а) *Нормативно-правовая и методическая база РК*
- б) *Маркшейдерские нормативы и стандарты РК*
- в) *Геологическая характеристика рудных тел исследуемого месторождения.*
- г) *Существующее маркшейдерское обеспечение на объектах Донского ГОКа.*

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) *Анализ инновационных методов маркшейдерских съемок и потребность в усовершенствовании на производстве.*
- б) *Общие сведения о объекте исследования.*
- в) *Внедрение инновационных методов и технологии.*

Перечень графического материала:

- а) *Схема вскрытия месторождения*
- б) *Обзорная геологическая карта Кемпирсайского массива*
- в) *Современные приборы и оборудования*

Рекомендуемая основная литература:

1 Нурпеисова М.Б., Рысбеков К.Б., Кыргызбаева Г.М. Инновационные методы ведения комплексного мониторинга на геодинамических полигонах (монография)- Алматы: КазНТУ, 2015. –266 с.

2 Нурпеисова М.Б., Рысбеков К.Б., Нурпеисова Т.Б. Инновационные технологии в маркшейдерском деле. - Алматы: КазНТУ, 2024. –250 с

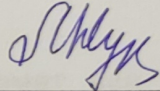
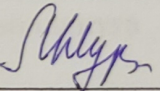
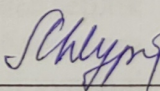
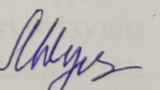
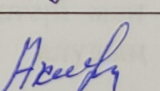
3 Проект промышленной разработки месторождений хромовых руд Хромтау, 2016. -

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

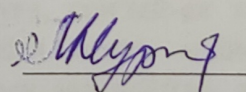
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Анализ инновационных методов и технологии в маркшейдерском деле	13.02.25-10.03.25	—
Внедрение инновационных методов и технологии маркшейдерских съемок на производстве	10.05.25-25.05.25	—

Подписи

консультантов и норм контролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

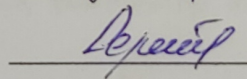
Наименование разделов	Консультанты И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Анализ инновационных методов и технологий в маркшейдерском деле	М.Б. Нурпеисова д.т.н., профессор	20.06.2025	
Инновационные методы съемок на земной поверхности	М.Б. Нурпеисова д.т.н., профессор	20.06.2025	
Инновационные методы съемок подземных выработок	М.Б. Нурпеисова д.т.н., профессор	20.06.2025	
Добыча и складирование хромовых руд шахты «10-летия НК»	М.Б. Нурпеисова д.т.н., профессор	20.06.2025	
Нормоконтролер	Ш.К.Айтказинова Ph.D., ассоц.профессор	24.06.25.	

Научный руководитель



Нурпеисова М.Б.

Задание принял к исполнению обучающийся



Сердалина Г.С.

Дата

« 1 » 10 2023г

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация посвящена использованию инновационных методов маркшейдерской съемки при освоении хромитовых месторождений на производстве Донского ГОКа.

Настоящая диссертационная работа посвящена комплексному анализу и оценке эффективности инновационных методов маркшейдерских съемок в условиях освоения хромитовых месторождений. Актуальность исследования обусловлена возрастающей потребностью горнодобывающей отрасли в повышении точности, скорости и безопасности маркшейдерского обеспечения, особенно на месторождениях со сложной геологической структурой, характерной для хромитовых руд. Традиционные методы маркшейдерии часто не способны в полной мере отвечать современным требованиям к оперативности получения данных и детализации мониторинга деформаций горного массива и сооружений.

Результаты диссертационной работы позволят выработать практические рекомендации по оптимизации маркшейдерского обеспечения при освоении хромитовых месторождений, направленные на повышение точности подсчета запасов, контроль устойчивости бортов карьеров и оперативное управление горнотехническими процессами.

АНДАТПА

Магистрлік диссертация Донской тау-кен байыту комбинатында хромит кен орындарын игеруде маркшейдерлік жұмыстың инновациялық әдістерін қолдануға арналған.

Бұл диссертация хромит кен орындарын игеру жағдайында маркшейдерлік жұмыстың инновациялық әдістерінің тиімділігін жан-жақты талдауға және бағалауға арналған. Зерттеудің өзектілігі тау-кен өнеркәсібінің, әсіресе хромит кендеріне тән күрделі геологиялық құрылымы бар кен орындарында маркшейдерлік жұмыстар жүргізудің дәлдігін, жылдамдығын және қауіпсіздігін арттыру қажеттілігінің артуына байланысты. Маркшейдерлік жұмыстың дәстүрлі әдістері көбінесе тау жыныстары массивтері мен құрылымдарының деформацияларын егжей-тегжейлі бақылау деректерін алудың тиімділігіне заманауи талаптарға толық жауап бере алмайды.

Диссертацияның нәтижелері қорларды есептеудің дәлдігін арттыруға, карьер қабырғалары мен тіректерінің тұрақтылығын бақылауға, сондай-ақ тау-кен процестерін жедел басқаруға бағытталған хромит кен орындарын игеру кезінде маркшейдерлік қамтамасыз етуді оңтайландыру бойынша практикалық ұсыныстар әзірлеуге мүмкіндік береді.

ANNOTATION

The master's thesis is devoted to the use of innovative methods of mine surveying in the development of chromite deposits at the Donskoy GOK.

This dissertation is devoted to a comprehensive analysis and evaluation of the effectiveness of innovative methods of mine surveying in the context of development of chromite deposits. The relevance of the study is due to the growing need of the mining industry to improve the accuracy, speed and safety of mine surveying, especially at deposits with a complex geological structure, typical for chromite ores. Traditional methods of mine surveying are often unable to fully meet modern requirements for the efficiency of data acquisition and detail monitoring of deformations of rock massifs and structures.

The results of the dissertation will allow us to develop practical recommendations for optimizing mine-surveying support during the development of chromite deposits, aimed at increasing the accuracy of reserve calculations, monitoring the stability of quarry walls and pillars, as well as operational management of mining processes.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Анализ инновационных методов и технологий в маркшейдерском деле	10
1.1 О роли инновации в маркшейдерской службе	10
1.2 Современные маркшейдерско-геодезические приборы	12
1.2.1 GPS технологии	12
1.2.2 Лазерные сканеры	13
1.2.3 Электронные тахеометры	15
1.2.4 Беспилотные летательные аппараты	15
1.2.5 ГИС технологии	18
1.3 Сведения об объекте исследований	19
1.3.1 Общие сведения месторождения	19
1.3.2 Геология и гидрогеология месторождения ш. «10-летия НК»	21
1.3.3 Вскрытие месторождения	24
1.3.4 Система разработки	26
1.4 Обеспечение маркшейдерских работ в Донском ГОКе инновационной технологии	27
Вывод по первому разделу	30
2 Инновационные методы съемок на земной поверхности	31
2.1 Создание опорной сети	31
2.1.1 Проект триангуляционной сети	31
2.1.2 Проект полигонометрической сети	32
2.1.3 Проект нивелирной сети	33
2.2 Маркшейдерское обеспечение съемки отвалов и складов товарной руды	35
2.2.1 Склады товарной руды и отвалы	35
2.2.3 Наземная лазерно-сканирующая съёмка	38
2.2.4 Методика съемки отвалов наземной лазерно-сканирующей системой	39
2.3 Результаты определения объема лазерным сканером	43
Вывод по второму разделу	55
3 Инновационные методы съемок подземных выработок	56
3.1 Прогрессивные методы в подземных съемочных работах	56
3.1.1 Съёмка подземных пустот	62
3.2 Добыча и складирование хромовых руд шахты «10-летия НК»	67
3.2.1 Съёмка рудных складов	68
3.2 Эффективность инноваций в горном деле	70
Вывод по третьему разделу	73
Список использованной литературы	75
Приложение А	76
Приложение Б	81
Приложение С	87

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие нормативные документы и сокращения:

КазННТУ - Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева

КарГТУ – Карагандинский государственный технический университет

ГОК – горно-обогатительный комбинат

ДГОК – Донской горно-обогатительный комбинат

СКО – Средне квадратическая ошибка

ГИС – Геоинформационные системы

КазНИИБТГ- Казахский научно-исследовательский институт биологической безопасности и технологий

ГНСС - Высокоточные глобальные навигационные спутниковые системы

БПЛА – Беспилотный летательный аппарат

НЛС – Наземный лазерный сканер

ПО – Программное обеспечение

АФС – аэрофотосъемки

GPS – глобальная спутниковая система

GSD – Ground Sample Distance

ИГДГиГ – Института горного дела, геологии и геотехнологий

СФУ – Сибирского федерального университета

Leica TCR 1201 – электронный тахеометр.

Leica NA730 – оптический нивелир.

Leica GPS 1230 GG – переносной GPS приемник (ровер)

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации. Диссертационная работа посвящена исследованию применения инновационных методов маркшейдерских съемок на шахте «10-летия НК» Донского ГОКа.

На Донском ГОКе с открытия месторождения до сегодняшнего дня решаются различные технологические вопросы, важнейшей задачей является маркшейдерское обеспечение ведения горных работ. В последние годы в маркшейдерско-геодезической практике работы шагнули, далеко вперед. В связи с этим перед инженерно-техническим персоналом встал задача, связанных с внедрением в производство высокоточных инновационных методов маркшейдерских съемок.

Создание и внедрение в практику маркшейдерских работ современных (цифровых, лазерных и GPS приборов) явилось значимым этапом развития инновационных технологий в маркшейдерии. Одним из реальных примеров является внедрение инновационных методов съемки при ведении наземных и подземных маркшейдерских работ.

Этому вопросу уделяется особое внимание в законах Республики Казахстан «О недрах и недропользовании», где горнодобывающим предприятиям обязывается: «Проведение топографических и маркшейдерских работ с применением современных геодезическо-маркшейдерских приборов».

Следовательно, данная диссертационная работа является наглядным доказательством того, что она посвящена актуальной научно-технической проблеме, предназначенной для применения современных маркшейдерско-геодезических приборов в недропользовании и создания трехмерных моделей объектов техногенных систем.

Цель работы связано с внедрением в производство высокотехнологических методов ведения маркшейдерских работ.

Идея состоит во внедрение методов высокотехнологических маркшейдерских съемок с использованием современного оборудования для получения высокой точности, детализации и высокой производительности труда.

Задачи исследования:

1. Выполнить анализ современного состояния обеспеченности горных предприятий современными маркшейдерско-геодезическими приборами и программными комплексами.
2. Проведение маркшейдерских съемок с использованием современных (цифровых, лазерных и GPS приборов) приборов, а также применение лазерного сканера
3. Внедрение инновационных технологий в производство.

Объектом исследований является ш. «10-летия НК» первой и второй очереди, Донского ГОКа.

Методы исследования. Для решение перечисленных задач, использован комплексный метод исследований, включая анализ литературных источников, маркшейдерских методов съемок, современных приборов включая лазерное сканирование, оценка точности и методов маркшейдерских измерений.

Защищаемые научные положения:

Внедрение инновационных технологий с использованием цифровых, GPS приборов в том числе лазерного сканирования в производство обеспечивает повышение точности, надежности измерений и производительности труда.

Научная новизна:

1. Обоснование применения инновационных методов маркшейдерских съемок, обеспечивающих безопасную добычу хромитов на шахте «10-летия НК» Донского ГОКа;

2. Разработка схемы взаимного положения установки лазерного сканера и объектов съёмки;

3. В результате проведения маркшейдерских съемок с использованием высокотехнологических приборов получен 3D модель горных выработок.

Практическая значимость работы состоит во внедрении усовершенствованных методов ведения маркшейдерских съемок в производстве.

Публикация работ. Основное содержание диссертации отражено опубликованных работах,

– статья в журнале «Маркшейдерия и недропользование», 2024 году (Приложение А);

– в участии международном форуме маршейдеров, посвященной к 90 летию кафедры (Приложение Б)

– акт внедрения результатов исследований в производстве(на шахте «10-летия НК» Донского ГОКа)

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех разделов и заключения, содержит 87 страниц, 48 рисунков, 6 таблиц, списка 15 использованных источников и 3 приложений.

1 Анализ инновационных методов и технологий в маркшейдерском деле

1.1 О роли инновации в маркшейдерской службе

Современная маркшейдерская служба, должна отвечать самым высоким требованиям в части своей оснащённости. Она должна иметь новые точные и высокопроизводительные приборы, такие как электронно-лазерный и без отражательных тахеометров, глобальный спутниковый приемник (GPS), сканирующие системы в виде 3D сканеров и геотомографов, геоинформационные системы и программные продукты, системы контроля и управления состоянием горного массива.

Маркшейдерской службе на горных предприятиях необходимо решать различные задачи, связанные с изучением формы залегания полезных ископаемых и распределением количественных и качественных его свойств; производством геодезических, маркшейдерских съемок на земной поверхности - в горных выработках с изображением их на планах горных работ, разрезах и других графических и электронных материалах; заданием направлений горных выработок и контролем правильности их проведения; планированием развития горных работ на ближайшую и проектную перспективу; контролем полноты выемки полезных ископаемых из недр, учетом и анализом движения запасов. В работе маркшейдерских служб на современном этапе существует целый ряд инновационных направлений:

1) широкое внедрение электронных и лазерных тахеометров при задании и съемке положения горных работ как на открытых, так и на подземных разработках, которые повышают производительность и качество съемочных работ, их оперативность, а также позволяют автоматизировать процесс обработки данных с целью получения результатов в цифровом виде

2) появление роботизированных электронных тахеометров, совмещенных с GPS измерениями позволяет создать на открытых разработках автоматизированные системы наблюдений за состоянием горного массива;

3) адаптация глобальных спутниковых систем (GPS), которые позволяют с высокой точностью находить координаты точек на земной поверхности. Полученная цифровая информация о положении характерных точек земной поверхности или снимаемого объекта служит основой создания электронных планов и карт. Широкое внедрение GPS технологий осуществляется на открытых разработках при выносе проектных данных в натуру, при съемке положения забоев, задании и контроле положения взрывааемых скважин, съемке рудных складов и получении топографии различных участков земной поверхности [1].

4) внедрение технологии лазерного сканирования, основанной на использовании 3D сканеров для пространственных моделей снимаемого объекта. Плотность сканирования точек зависит от дальности и может

достигать десятых долей миллиметра. Для производства работ необходима лишь прямая видимость сканируемой поверхности. В процессе обработки данных измерений получают трехмерную модель.

Большие возможности использования этой технологии открываются в шахтах для получения цифровых моделей горных выработок и выполнения основных маркшейдерских съемок: ориентировка шахты, съемка недоступных полостей забоев, определение объемов вынутой горной массы и учет потерь и разубоживания полезного ископаемого.

5) модернизация и адаптация современных геоинформационных систем: DATAMINE, GEMCOM, SURPAC, CAMARA, DESWIK, MICROMINE и др., которые позволяют на новом уровне вести работы по проектированию горных предприятий, планированию ведения горных работ и получению всей горно-геологической и маркшейдерской информации в цифровом виде. На сегодня практически все маркшейдерские службы крупных горнодобывающих предприятий оснащены программными продуктами для решения горных и геолого-маркшейдерских задач.

Выше приведенные инновации в маркшейдерском деле требуют дальнейшего внедрения их на горнодобывающих предприятиях, что позволяет решать производственные задачи на современном технологическом уровне, соответствующем Стратегии инновационного развития экономики Республики Казахстан. В связи активным развитием и внедрением новых приборов и методик измерений в маркшейдерском деле ВУЗы, ведущие подготовку маркшейдеров, должны находиться на соответствующем уровне. Флагманом подготовки маркшейдерских кадров в Казахстане на сегодня являются кафедры маркшейдерского дела и геодезии КазНITU им.К.И.Сатпаева и КарГТУ, которые имеют самую современную материально техническую базу с наличием электронных и роботизированных тахеометров, цифровых нивелиров, 3D сканера, томографа, глобальной спутниковой системы (GPS), включающей базовую станцию и ровер и лазерных рулеток. Это стало возможным благодаря тесным творческим контактам с фирмой «Leica Geosystems» (Швейцария). Для которой кафедра стала одной из экспериментальных площадок по изучению внедрению новых приборов и методик при обучении студентов и повышении квалификации маркшейдеров.

Создана уникальная учебная лаборатория: «Автоматизация маркшейдерско- геодезических измерений» с наличием цветного плоттера, цифрового видеопроектора и программных продуктов: CREDO, LISCAT, GEMCOM, CAMARA, компьютеров на 25 рабочих мест.

Приоритетами развития маркшейдерского дела в XXI веке должны стать следующие направления:

- внедрение в маркшейдерско-геодезическую практику инновационных технологий (современных приборов и оборудования, ГИС для обработки

результатов измерений, управления качеством полезного ископаемого и планирования горных работ);

- разработка современной нормативно-правовой базы работы маркшейдерской службы горных предприятий (положение о маркшейдерской службе, инструкции по производству маркшейдерских работ)

- изучение геомеханических процессов, происходящих при разработке месторождений полезных ископаемых и составление инструкции по обеспечению устойчивости карьерных откосов.

1.2 Современные маркшейдерско-геодезические приборы

1.2.1 GPS технологии

Глобальных спутниковых систем (GPS), которые позволяют с высокой точностью находить координаты точек на земной поверхности. Полученная цифровая информация о положении характерных точек земной поверхности или снимаемого объекта служит основой создания электронных планов и карт. Широкое внедрение GPS технологий осуществляется на открытых разработках при выносе проектных данных в натуру, при съемке положения забоев, задании и контроле положения взрывааемых скважин, съемке рудных складов и получении топографии различных участков земной поверхности [15].



Рисунок 1.1 – Виды GPS приемников

Спутниковые технологии благодаря своей высокой производительности позволили с высокой периодичностью получать информацию о деформациях земной поверхности на базах от первых метров до нескольких десятков километров, что было затруднительным при использовании традиционных методик измерений и, что очень важно, для обеспечения экологической промышленной безопасности освоения недр в соответствии с рисунком 1.2.



Рисунок 1.2 – GPS мониторинг на карьере

1.2.2 Лазерные сканеры

Внедрение технологии лазерного сканирования, основанной на использовании 3D сканеров для пространственных моделей снимаемого объекта. Для производства работ необходима лишь прямая видимость сканируемой поверхности. В настоящее время разработкой приборов для трёхмерного лазерного сканирования занимается множество фирм. Наиболее известные Trimble (США) и Leica Geosystems (Швейцария), а также Riegl (Австрия), I-Site (Австралия), Zoller+Frohlich (Германия) и др. Все эти фирмы выпускают сканеры для различных целей. Задачи, решаемые конкретной моделью НЛС, определяются его техническими характеристиками.

Производством и продажей НЛС занимается известная в геодезии компания Leica. Под маркой этой фирмы на рынке можно встретить сканеры: HDS 2500, HDS 3000, HDS 4500, ScanStation, HDS 6000 и ScanStation 2 в соответствии с рисунком 1.3.

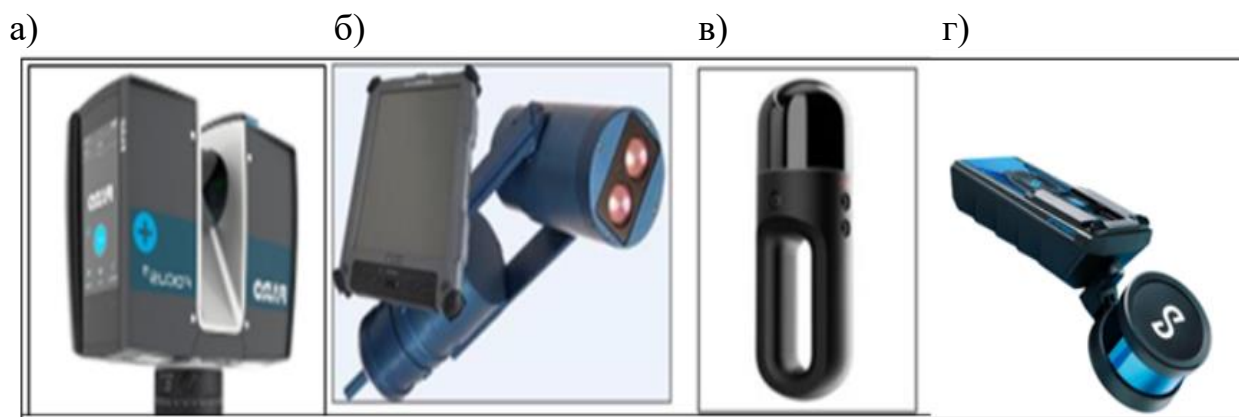


Рисунок 1.3 – Виды 3D лазерных сканеров:

а) Faro Focus 3D; б) сканер MINEI; в) 3D сканер 6DOF; г) сканер Hovermap

Фирма Trimble выпускает сканер Callidus 3D Laser Scanner в соответствии с рисунком 1.4.



Рисунок 1.4 – Наземный лазерный сканер Callidus 3D Laser Scanner

Конструктивной особенностью данного сканера является то, что внутри головки объединены: блок развёртки, цифровая видеокамера (с фокусным расстоянием от 4,1 до 73,8 мм и горизонтальным разрешением 460 линий на столбец скана), датчик наклона прибора (инклинометр), электронный компас и блок управления.

Инклинометр, который имеет диапазон действия $\pm 10^\circ$ и точность $\pm 0,025^\circ$, предназначен для устранения ошибок в измеренных координатах точек скана за наклон инструмента. НЛС оснащён системой, обеспечивающей внутренний контроль блоков прибора и автоматический ввод атмосферных поправок в измеренные расстояния [0].

1.2.3 Электронные тахеометры

Несмотря на бурное развитие новых областей геодезии, таких как спутниковые методы измерения и наземное лазерное сканирование, традиционные геодезические приборы – электронные тахеометры продолжают занимать не менее важное место среди геодезических приборов. Электронные тахеометры активно применяют для решения различных геодезических задач. В данной работе рассматривается применение электронных тахеометров для производства тахеометрической съемки в соответствии с рисунком 1.5.

Трехмерная цифровая модель карьера позволяет решать задачи: вычислять объемы вскрыши и добычи полезных ископаемых в процессе ведения горных работ; исследовать структуру прибортового массива с целью получения элементов залегания трещин, слоев и нарушений; вести мониторинг за деформированием прибортовых массивов путем сравнения цифровых моделей массивов во времени для определения величин смещений.



Рисунок 1.5 – Виды электронных тахеометров

Большие возможности использования этой технологии открываются в шахтах для получения цифровых моделей горных выработок и выполнения основных маркшейдерских съемок: ориентировка шахты, съемка недоступных полостей забоев, определение объемов вынудой горной массы и учет потерь и разубоживания полезного ископаемого [0].

1.2.4 Беспилотные летательные аппараты

В последние годы в связи с технологическим прогрессом для производства съёмок используют фотограмметрические методы с применением БПЛА, главным преимуществом которых является возможность выполнения оперативного контроля работы горного предприятия, определения объёмов складов и отвалов посредством получения

трёхмерной цифровой модели. Деятельность любого горнодобывающего предприятия невозможна без отлаженной маркшейдерской службы. Маркшейдерское обеспечение горных работ – процесс достаточно трудоемкий, требующий высоко квалифицированных кадров, дорогостоящего оборудования и специализированного ПО.

Для горнодобывающих предприятий большой мощности характерны высокая скорость продвижения забоев, быстрая изменчивость границ отвального комплекса и хвостового хозяйства, рудных складов и, зачастую, одновременное существование двух, трёх и более строительных площадок. Оперативный объективный контроль за такими объектами традиционными средствами затруднен. Как правило, для выполнения тахеометрической съёмки одного объекта горнодобывающего предприятия требуется усилия нескольких специалистов на продолжительный (до недели) период времени. Для повышения производительности возможно применение АФС с пилотируемых летательных аппаратов [0].

В настоящее время аэрофотосъемка с использованием БПЛА проводится в соответствии с рисунком 1.6 для создания топографической продукции масштабов 1:5000–1:500, в связи с чем была разработана технологическая схема выполнения маркшейдерских съёмочных работ на открытых разработках с применением DJI Phantom 4 RTK + D-RTK 2 Mobile Station Combo.



Рисунок 1.6 – Беспилотный летательный аппарат DJI Phantom 4 RTK

Для достижения эффективной и безопасной работы при открытой добыче месторождении, мониторинг проводится с привлечением специалистов различного профиля. Роль маркшейдера в этой системе неопределима, поскольку он должен предоставлять такие информации, как наблюдаемые параметры карьера, результаты наблюдений за сдвижением и деформациями массивов. При этом приходится контролировать геомеханические процессы в прибортовом массиве с учетом таких важных факторов, как геологического формирования региональной геодинамики района месторождения, тектонические разломы и структурные особенности

пород и др.

Характерные особенности тектонических движений нашли своё отражение в прибортовых массивах карьера Восточная Сарыоба. На изучаемом карьере на всем протяжении рабочего борта сформированы большие участки осыпей и обрушений, причиной которых является насыщение водой глинистых пород и несоответствие фактических параметров, рекомендуемым по условию устойчивости. В июне 2023 года была произведена съемка месторождения с помощью лазерного сканера и БПЛА Matrice 300.

Геодезической основой послужили пункты, выданные маркшейдерами на месторождении. Опознаки были обозначены на поверхности краской.

В июне 2023 года была произведена съемка месторождения с помощью лазерного сканера и БПЛА Matrice 300 Южный и Восточные борты подвержены осыпанию в реальном времени, сканирование производилось на безопасных участках осыпания бортов, а также на участках, которые способен снять наземный сканер STONEX300 в соответствии с рисунком 1.7, а.

При съемке была использована Модель MATRICE 300 RTK спроектирована на основе обновленной программно-аппаратной платформы и оснащена широким спектром функций на базе искусственного интеллекта в соответствии с рисунком 1.7, б. Дрон оснащен встроенным модулем RTK, который обеспечивает получение максимально точных данных о пункте для позиционирования. Кроме того, более точные данные о местоположении обеспечиваются, в том числе, и за счет использования совместно с летательным аппаратом высокоточной мобильной станции DJI D-RTK 2 спутниковых систем позиционирования.

Для регулярной съёмки участков местности площадью до 10 км² или при периодическом мониторинге ведения открытых горных работ, эффективным методом является аэрофотосъёмка с использованием легких БПЛА, массой менее 10 кг. В отличие от пилотируемой авиации, аппаратам данного класса не требуется специального аэродрома. Достаточным условием для взлета и посадки является открытая площадка размером 50м x 70м. Технические возможности современных БПЛА-комплексов (фотоаппаратура, системы навигации, управления и связи) обеспечивают большую оперативность получения результата в сравнении со спутниковой съёмкой, более высокую разрешающую способность (3 см на точку), а также минимальную зависимость от погодных условий.

С целью апробирования разработанной технологической схемы проведен комплекс работ на открытом складе. При работе с БПЛА от оператора не требуется специальных навыков пилотирования и длительного обучения, благодаря полной автоматизации управления комплексом. Для выполнения регулярной съёмки всех объектов горнодобывающего предприятия достаточно одного-двух сотрудников.

а)



б)



Рисунок 1.7 – Используемые приборы при проведении анализа
а) Сканер STONEX 300; б) Промышленная полетная платформа
MATRICE 300 RTK

Производительность комплекса последнего поколения, позволяет в течение одного светового дня выполнить аэрофотосъёмку площади до 70 км².

При проведении открытых горных работ БПЛА может использоваться для решения различных задач: мониторинга работ, картирования, а также оценки объёмов горных выработок и отвалов. Для задач мониторинга основным условием съёмки является достаточное пространственное разрешение получаемых фотоматериалов для визуального анализа и контроля техногенных и природных объектов. Съёмка с БПЛА для этих целей может производиться на малой высоте (200-600 м), что позволяет получать снимки с размером пиксела, соответствующим 3–7 см на местности, получаемые при этом материалы аналогичны классической АФС. Для решения задач картографирования и определения объёмов горных работ необходима высокая точность геодезической привязки фотоматериалов.

1.2.5 ГИС технологии

Модернизация и адаптация современных геоинформационных систем: DATAMINE, GEMCOM, SURPAC, CAMARA, Micromine, Deswik и др., которые позволяют на новом уровне вести работы по проектированию горных предприятий, планированию ведения горных работ и получению всей горно-геологической и маркшейдерской информации в цифровом виде. На сегодня практически все маркшейдерские службы крупных горнодобывающих предприятий оснащены программными продуктами для решения горных и геолого-маркшейдерских задач.

Современная ГИС – это автоматизированная система, имеющая большое количество графических и тематических баз данных, соединенная с модельными и расчетными функциями для выполнения

действий над ними и преобразования их в пространственную картографическую информацию для принятия на ее основе разнообразных решений и осуществления мониторинга.

Основными компонентами ГИС являются компьютер и компьютерная периферия со специальным программным обеспечением, геопространственные данные и ГИС – специалисты.

Геоинформационные технологии – бурно развивающееся направление современных информационных технологий. В связи с этим существует большое количество определений ГИС – технологий, предложенных разными авторами. Согласно современным представлениям, наиболее подходящим является следующая трактовка: ГИС – это комплекс технических, программных и информационных средств, которые обеспечивают ввод, хранение, обработку, математико-картографическое моделирование и визуальное интегрированное понимание географических и их атрибутивных данных с целью решения вопросов территориального планирования и управления [0].

ГИС – это понятие, имеющее очень много определений. Например, ГИС – это «комплекс аппаратно-программных средств и деятельности человека по хранению, манипулированию и отображению географических (пространственно соотнесенных) данных».

ГИС – это «система, состоящая из людей, а также технических и организационных средств, которые осуществляют сбор, передачу, ввод и обработку данных с целью выработки информации, удобной для дальнейшего использования в географическом исследовании и для ее практического применения».

1.3 Сведения об объекте исследований

1.3.1 Общие сведения месторождения

Месторождения хромовых руд, составляющие сырьевую базу Донского ГОКа расположены на землях Хромтауского района Актюбинской области. Расстояние между Хромтау и Актобе по автодороге составляет 93 км, а по прямой - 87 км в соответствии с рисунком 1.8.

Донской ГОК – филиал АО «ТНК «Казхром», входящего в ERG (Евразийская Группа).

Основан в 1938 году на базе Южно-Кемпирсайских месторождений хромитовых руд. С 1938 по 1977 гг. – Донское хромитовое рудоуправление. Это второе месторождение в мире по подтвержденным запасам. Хромовая руда, добываемая и перерабатываемая Донским комбинатом, не имеет аналогов в мире по качеству. Руда с высоким содержанием оксида хрома (до 62% Cr_2O_3) применяется для выплавки ферросплавов в металлургии,

изготовления огнеупоров и в химической промышленности для производства хромовых соединений.

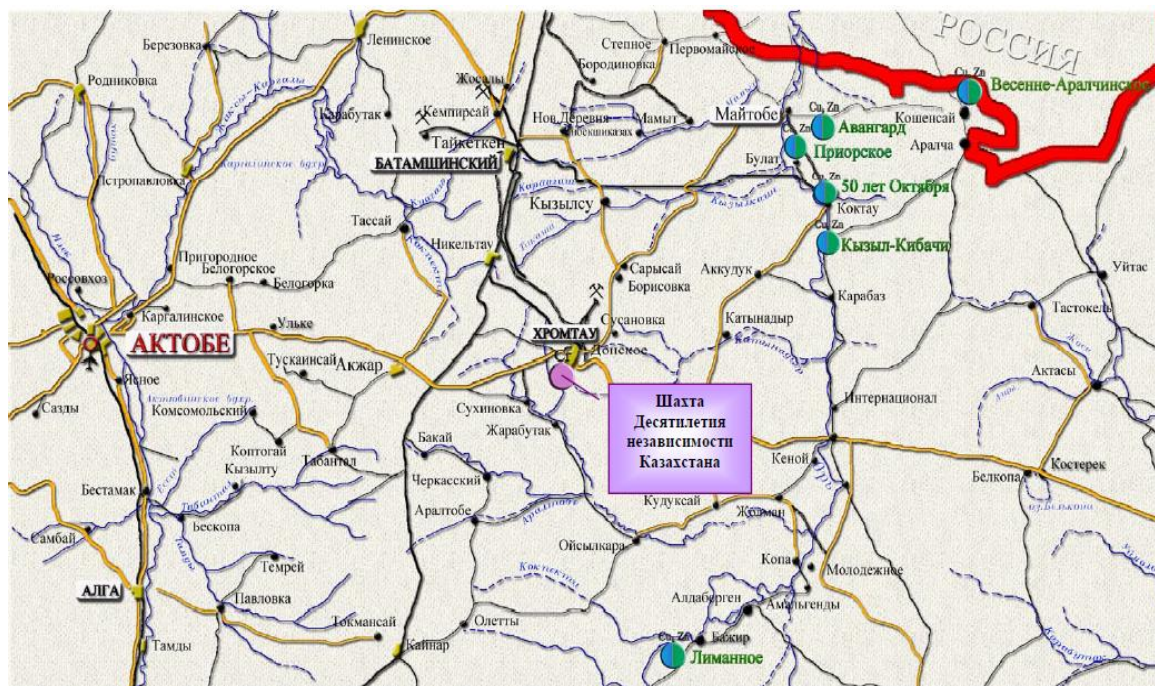


Рисунок 1.8 – Обзорная карта местоположения

Руда поставляется на ферросплавные заводы в Аксу и Актобе.

При добыче основной продукции – хромовой руды применяются следующие технологические процессы:

- добыча сырой руды
- подземным способом (на предприятии две шахты – шахта имени 10-летия независимости Казахстана и шахта «Молодежная») и открытым способом (рудник). Основной способ добычи – подземный.

В составе Донского ГОКа 27 структурных подразделений, численность сотрудников – более 8000 человек. Основные товаропроводящие цехи: шахты имени «10-летия независимости Казахстана» и «Молодежная», фабрика обогащения и окомкования руды и дробильно-обогажительная фабрика №1. Вспомогательные цехи – транспортные, ремонтные, цех автоматизации производства и связи, и другие подразделения.

В данное время Донской ГОК имеет карьер («Южный» (XX лет Казахской ССР)), две шахты (шахта «10-летия независимости Казахстана», шахта «Молодежная»), две установки для производства окатышей (№ 1 (УПО-1), № 2 (УПО-2)), две установки для переработки тонкодисперсных хвост (№ 1), две обогатительные фабрики (№ 1 (ДОФ-1), № 2(ФООР)).

К шахтному полю шахты «10-летия независимости Казахстана (ДНК)» относятся месторождения «Алмаз-Жемчужина», «Миллионное», «№21»,

«Первомайское», «Западная залежь», они расположены в непосредственной близости от города Хромтау.

1.3.2 Геология и гидрогеология месторождения ш. «10-летия НК»

В Кемпирсайском массиве существует несколько залежей хромовой руды, самой крупной и с высоким содержанием руды является залежи находящийся рядом с Хромтау.

Месторождение шахты имени «10-летия НК» расположена в юго-восточной части. Кемпирсайский массив гипербазитовый вытянута на 82 км в субмеридиональном направлении и имеет узко-вытянутую форму, ширина массива колеблется от 0,6 км на севере до 31,6 км на юге. По геофизическим данным примерная площадь массива составляет 1200 км².

Руда залегает купными линзо и жиллообразными телами на глубине от 300 м до 1500 м. Хромовая руда, расположенная в юго-восточной части Кемпирсайского массива объединены рудным полем, в ней отмечены две рудные зоны – восточная и западная. Зоны вытянуты субмеридианально на 25 км при ширине 7 км, с южным склонением.

Наиболее крупные из рудных залежей обладают столбообразную форму с отходящими жиллообразными апофизами. Средние и мелкие по размерам рудные тела большинство имеют линзообразную форму. С глубиной характерно общее упрощение формы рудных залежей и тенденция к слиянию их с усложнением конфигурации, что подтверждается данными эксплуатации.

Общее простирание рудных тел, как правило, субмеридиональное и совпадающее с простиранием рудоносных зон. Большинство рудных залежей погружается в южном направлении под углом 10-15°.

Ультраосновные породы ($\Sigma O-S$) представлены серпентинитами по перидотитам, лерцолитам, пироксеновым дунитам и дунитам, состоящим из серпентина, хромшпинелидов и реликтов оливина, пироксена. В разрезе этих пород выделяются надрудный, рудоносный и подрудный горизонты.

Подрудный горизонт представлен серпентинитами по гарцбургитам и дунитам.

В рудном горизонте развиты серпентиниты по дунитам, которые представлены темно-серой, почти черной, мелко - и тонкозернистой, массивной или трещиноватой породой в соответствии с рисунками 1.9 и 1.10. Мощность рудного горизонта 900 м.

По результатам исследований газоносности пород, на шахтных полях шахт Донского ГОКа значительных газовых скоплений и обычных газоносных осадочных или метаморфических отложений нет (угленосные формации, битуминозные породы и другие не имеются). Установлено, что в выработках может выделяться водород (с подтверждением проявлений на шахте «Молодежная»), который локализуется в трещинах и приурочен к

ограниченным участкам трещиноватых пород. Газ выделяется с низкой интенсивностью и имеет очень спокойный характер.

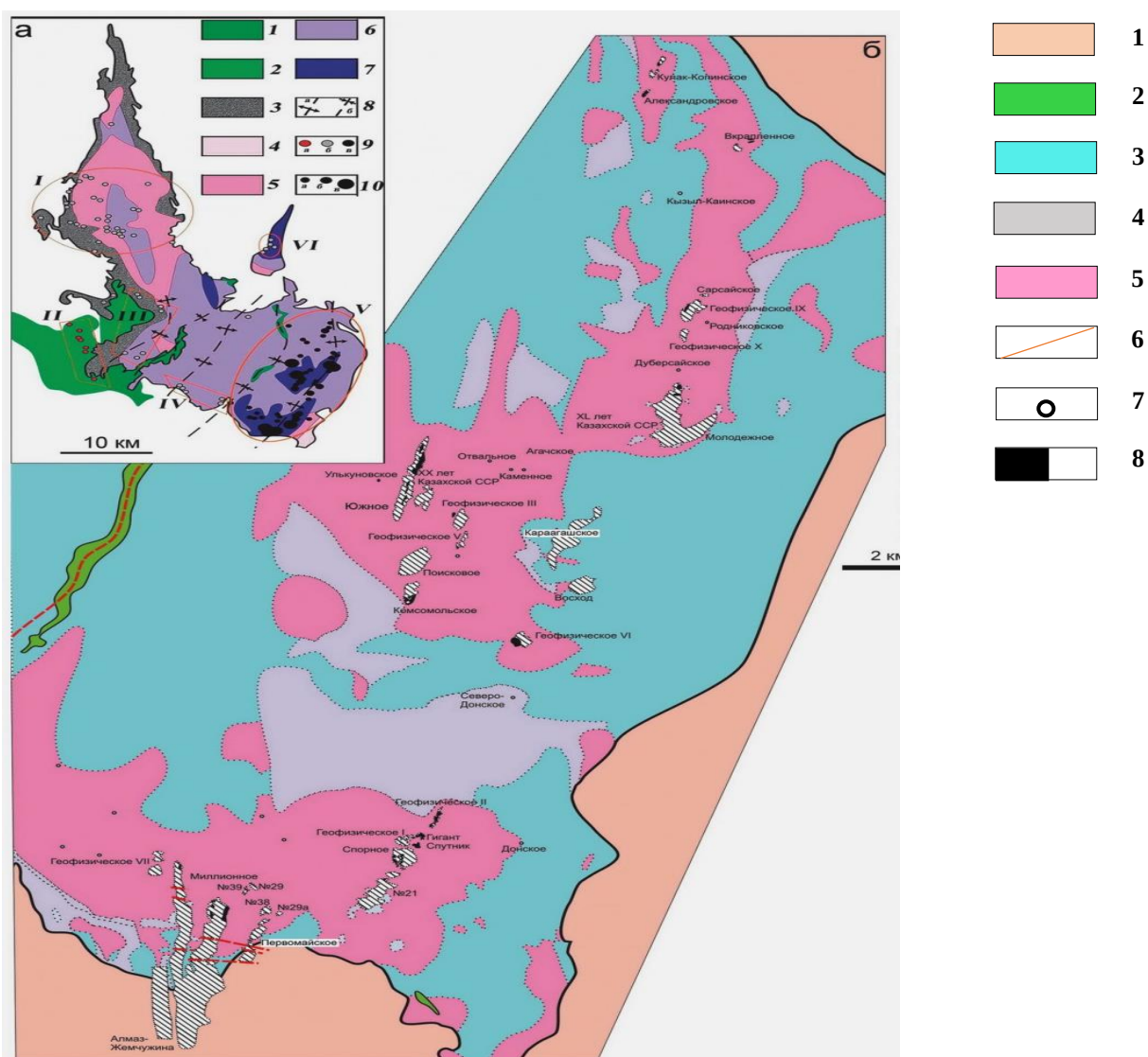


Рисунок 1.9 – Обзорная геологическая карта Кемпирсайского массива и Главного рудного поля

Составлена с использованием неопубликованных данных М.Ф.Шульгина (1985) и работ Н.В. Павлова, И.И. Григорьевой (1978), Л.И. Колотилова и др. (1979), Г.П. Самсонова, А.П. Бачина (1988)

Условные обозначения: 1- вмещающие породы, 2- амфиболиты, 3 – преимущественно гарцбургиты, 4-5 – дунит-гарцбургитовый комплекс, 4 – с преобладанием гарцбургитов; 5- с преобладанием дунитов, 6 – разрывные нарушения, 7 – рудные тела (а- выходящие на поверхность, б- слепые), 8- мелкие месторождения и рудопроявления.

Согласно «Специальных мероприятий по безопасному ведению горных работ в условиях выделения водорода на шахтах Донского ГОКа»,

разработанных КазНИИБТГ, проходка горных выработок должна производиться с бурением опережающих скважин.

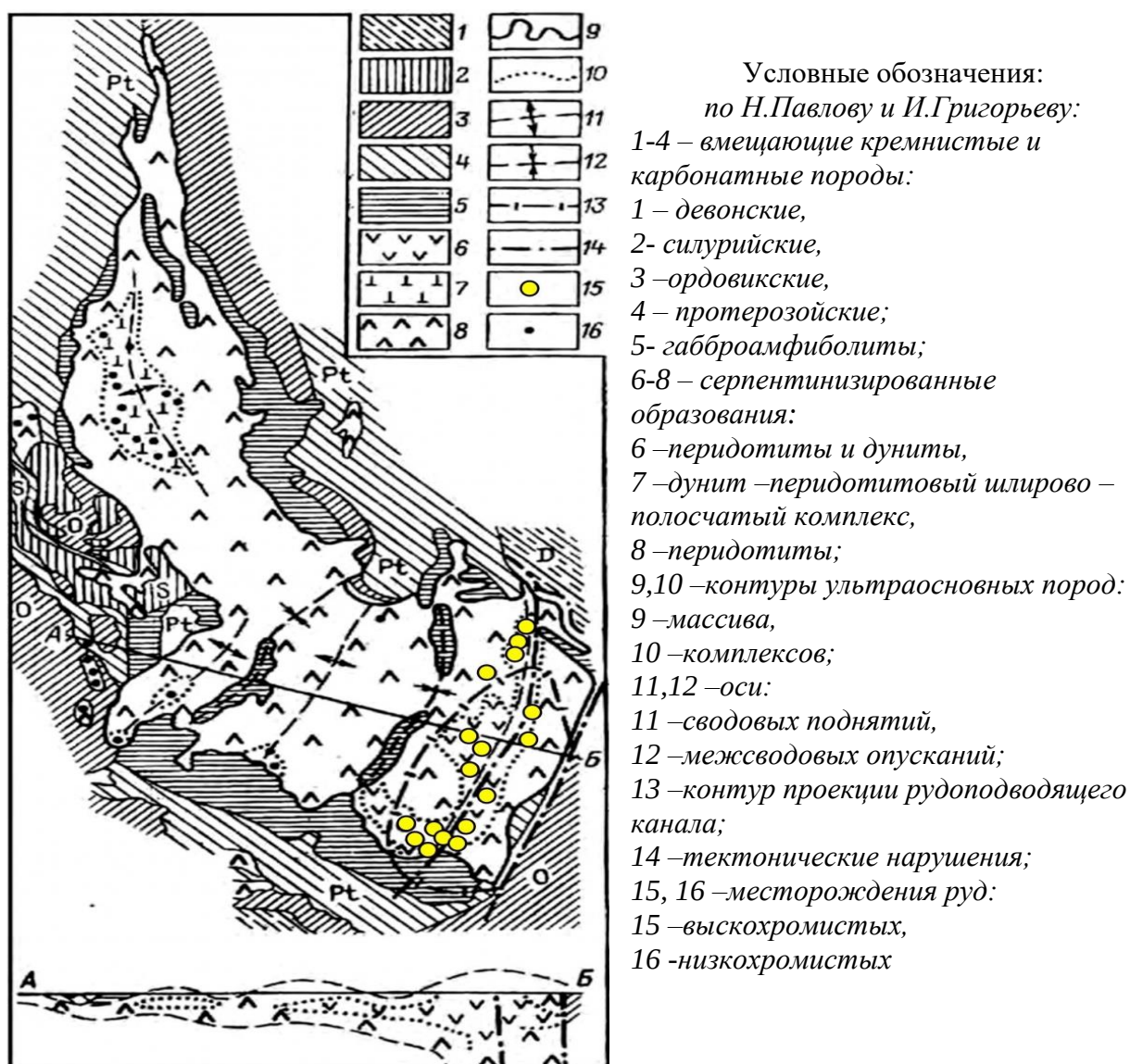


Рисунок 1.10 – Схема геологического строения хромитоносного Кемпирсайского массива

Важно также отметить, что устойчивость подземных горных выработок оказывает существенное влияние значительные остаточные напоры подземных вод, что может вызвать оплывание сыпучих разностей руд; размокание и суффозионный вынос заполнителя трещин; образование в зонах дробления интенсивных путей фильтрации; значительные (20-60 %) потери прочности пород при замачивании и интенсификации процессов выветривания. Допустимые остаточные напоры для сильнотрещиноватых разностей ультраосновных пород не должны превышать 100-150 м вод.ст. (1,0-1,5 МПа). В водной среде минералы группы серпентинита (заполнитель

трещин) растворяются, что снижает устойчивость как сильнотрещиноватых, так и слабо трещиноватых горных пород.

1.3.3 Вскрытие месторождения

Шахтное поле, включающего месторождения: «Миллионное», «Алмаз-Жемчужина», «Первомайское» и № 21, «Западная залежь» разделено на четыре очереди вскрытия:

- I очередью вскрываются и отрабатываются месторождения «Миллионное», «Алмаз-Жемчужина» и «Первомайское», «Западная залежь» в этаже горизонтов плюс 240 - минус 320 м;
- II очередью вскрываются и отрабатываются месторождения «Миллионное» и «Алмаз-Жемчужина» в этаже горизонтов минус 400 -560 м, а также месторождение № 21 от поверхности до горизонта 0 м;
- III очередью вскрываются и отрабатываются балансовые запасы месторождений «Миллионное» и «Алмаз-Жемчужина» до концентрационного горизонта минус 800 м;
- IV очередью вскрываются и отрабатываются глубинные запасы месторождения «Алмаз-Жемчужина» до концентрационного горизонта минус 1040 м для восполнения выбывающих мощностей.

В настоящее время Донским ГОКом разрабатываются запасы I очереди, II очереди. Вскрытие части балансовых запасов месторождения «ДНК» в настоящее время осуществлено тремя стволами, расположенными вкрест простирания месторождения. Выбор места заложения основных вскрывающих выработок выполнен на основании принятых ранее технических проектных решениях. Схема вскрытия показана на рисунке 1.11.

1.3.4 Система разработки

Выбор системы подземной разработки месторождений твердых полезных ископаемых осуществляется по важнейшим критериями оценки возможности и целесообразности их применения в условиях разработки данного месторождения.

Предварительный выбор системы осуществляется методом единичной оценки, а окончательный выбор - методом сравнительной оценки систем разработки с учетом совокупности критериев. Основными критериями при этом являются постоянные геологические и горнотехнические факторы. При этом критерием оптимальности для выбора системы разработки могут служить:

- производительность блока, забойного рабочего;
- участковая себестоимость добычи руды;
- коэффициенты извлечения и разубоживания;
- ценность добытой руды; экономический ущерб от потерь и разубоживания;
- суммарные технологические затраты на добычу, транспорт и переработку руды;
- удельные приведенные капитальные затраты;
- рентабельность использования руды;
- коэффициент эффективности системы разработки и др.

Для обзора и применение ШДНК рассматриваются следующие системы:

1. Система этажного самообрушения
2. Система подэтажного самообрушения
3. Система подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды
4. Система с закладкой выработанного пространства

Отработки запасов месторождения «Миллионное» на горизонтах 0 м, минус 80 м, минус 160 м, минус 240 м, запасов месторождения «Алмаз-Жемчужина» на горизонте плюс 160- минус 320 м, для отработки запасов месторождений «Миллионное» и «Алмаз-Жемчужина» в этаже горизонтов минус 320 м - минус 640 м по второй и третьей очередям строительства принимаются в основном системы этажного и подэтажного самообрушения с применением переносного оборудования и в меньшей части система горизонтальных нисходящих слоев с твердеющей закладкой и применением самоходного оборудования (мест. «Первомайское»).

Применение систем этажного и подэтажного самообрушения со скреперной доставкой руды для загрузки в электровозный транспорт через погрузочные полки дает возможность повысить эффективность, производительность труда и снизить себестоимость добываемой руды.

Применяемая система горизонтальных нисходящих слоев с твердеющей закладкой уменьшает опорное давление на откаточные выработки по линии орта и достигается сохранность при добыче руды на нижележащих горизонтах.

Для отработки хромовой руды на месторождение № 21 принята система разработки подэтажного самообрушения с высотой блоков 20 м, 30 м. которая проявила себя как высоко - производительная с объемом добычи до 60 тыс. тн. руды и экономически выгодная система разработки по сравнению с другими участками добычи руды подкарьерных запасов автотранспортом эксплуатируемых месторождений Донского ГОКа.

На основании данных по углам залегания рудных тел предусматриваются две подсистемы разработки подэтажного самообрушения:

- для отработки пологих рудных тел;
- для отработки наклонных рудных тел.

1.4 Обеспечение маркшейдерских работ в Донском ГОКе инновационной технологии

Вопросы маркшейдерского обеспечения сложных (вертикальных стволов, пластов, поперечных, пластовых) и подготовительно-очистных (камерных, блоковых и т.п.) горных работ широко освещаются в современной научно-технической литературе. К этим раскопкам предъявляются очень строгие требования с точки зрения точности. Однако вопросы маркшейдерского обеспечения проведения подготовительных выработок и очистных пространств, а также маркшейдерский учет добычи (съемка товарной продукции) практически не затрагиваются, особенно отсутствуют исследования точности маркшейдерских работ в блоках и камерах.

Я знаю, что особенность этих работ в том, что поскольку срок службы очистных выработок короткий, длина и высота также незначительны, проведение здесь маркшейдерских работ требует применения высокоточных, высокопроизводительных современных приборов. Это, в свою очередь, требует разработки методики применения современных приборов, маркшейдерских съемок. Следовательно, эта работа является убедительным доказательством того, что она посвящена актуальной научно-технической проблеме, которая обеспечивает высокий уровень маркшейдера горных работ при разработке полезных ископаемых.

Форма реализации работ - шахта Донского ГОКа. Целью проводимой работы станет разработка методики применения современных инструментов в маркшейдерском обеспечении горных работ на ш. «10-летия НК»

Основные маркшейдерские работы при разработке месторождений можно разделить на две группы: *наземные* и *подземные*.

Наземные работы:

- работы по созданию маркшейдерско-геодезических опорных систем;
- определение объемов добычи и съемка отвалов.

Подземные работы:

- задание направления выработкам
- съемки подземных выработок.

Эти маркшейдерские работы можно проводить при помощи технических теодолитов, тахеометров, фототеодолитов и др. Но в настоящее время с внедрением в науки производство современных высокоточных технологий (GPS, лазерных, БПЛА и др.), приборы технической точности уходят во второй план.

Поэтому при внедрении в производство инновационных технологий и программных продуктов будет обеспечено повышение точности маркшейдерских съемок и повышение безопасности их проведения. Следовательно, безопасность горных работ требует проведения маркшейдерских съемок с использованием высокоточных средств измерений, общий состав работ, которого приведен на рисунке 1.12.

В маркшейдерском обеспечении работ по проведению горных выработок использованы комплексные методы, включающие анализ достижений науки и техники в стране и за рубежом; систематическую экспертизу современных маркшейдерских приборов и методов съемки; проведение исследований в рамках производства, технико-экономический анализ полученных результатов исследований.



Рисунок 1.12 – Состав маркшейдерских работ и применяемые при этом современные приборы

Маркшейдерское обеспечение разработки уникального хромитового месторождения включает ряд геодезическо-маркшейдерских методов съемки, таких как: высокоточное, тахеометрическая съемка, GNSS-наблюдения, наземное и подземное лазерное сканирование, а также комбинированные съемки и др. Все перечисленные методы дополняют друг друга и вместе позволяют получить более детальную и достоверную информацию о состоянии горных выработок.

Именно с этих позиций поставлена цель, обоснована идея, сформулированы задачи исследований и структура диссертационной работы. Таким образом, на основании анализа существующего состояния теории и практики маркшейдерско-геодезических измерений, а также данных о разрабатываемом месторождении была поставлена цель и было выполнено внедрение в производство.

Цель исследования заключается во внедрении в производство высокотехнологических методов ведения маркшейдерских работ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить *следующие задачи*:

а) выполнить анализ современного состояния обеспеченности горных предприятий современными маркшейдерско-геодезическими приборами и программными комплексами;

б) проведение маркшейдерских съемок с использованием современных (цифровых, лазерных и GPS приборов) приборов, а также применение лазерного сканера;

в) внедрение инновационных технологий в производство.

Вывод по первому разделу

Маркшейдерское дело переживает цифровую трансформацию. Оно уходит от ручных измерений старой школы к всеобъемлющим цифровым решениям. Этот сдвиг происходит благодаря новым и улучшенным технологиям, таким как:

- Наземное лазерное сканирование (НЛС)
- Дроны (БПЛА) для фотограмметрии
- Высокоточные глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС)

Эти инструменты обеспечивают непревзойденную скорость, точность и детализацию при сборе пространственных данных.

Эти инновационные методы позволяют маркшейдерам выполнять крупномасштабные исследования гораздо быстрее. Например, сканирование всего карьера или большой подземной шахты с использованием НЛС или дронов занимает всего несколько часов, вместо дней или недель, которые раньше требовались при использовании традиционного оборудования. Такая скорость имеет решающее значение для принятия своевременных управленческих и инженерных решений.

Короче говоря, эти инновационные методы и технологии теперь являются жизненно важной частью современной маркшейдерии. Они делают поле более эффективным, точным, безопасным и лучше интегрированным с другими производственными процессами. Их принятие – это не просто техническая модернизация; это стратегический шаг, который определяет, насколько конкурентоспособными будут компании в сегодняшней цифровой экономике.

2 Инновационные методы съемок на земной поверхности

2.1 Создание опорной сети

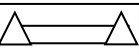
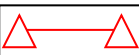
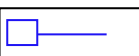
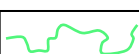
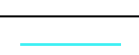
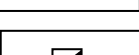
2.1.1 Проект триангуляционной сети

Триангуляция – геодезическое построение на территории, состоящая из нескольких треугольников, у которых измерены все внутренние углы. Способ триангуляции состоит в создании несложных геометрических форм на плоскости земли - треугольников, находящихся в конкретном порядке, форма которых близка равносторонней. В треугольниках измеряются все углы, и что гарантирует точный и надежный контроль полевых угловых измерений. Чтобы узнать линейные размеры треугольника, понадобится измерить одну из сторон сетки треугольников. Государственная триангуляционная сеть состоит из четырех классов:

- 1 – класс (20-25 км);
- 2 – класс (15-20 км);
- 3 – класс (10-15 км);
- 4 – класс (5-10 км);

От увеличения класса, повышается точность измерительного инструмента. Для проектирования триангуляционной сети проводят рекогносцировку. Главная задача состоит в том, чтобы выбрать конечное положение в местности определенных точек триангуляции и уточнить высоты геодезических знаков.

Условные обозначения:

	Триангуляция 3 кл.
	Планир. триангуляция 4 кл.
	Планир. полигонометрия
	Нивелирование III кл.
	Нивелирование IV кл.
	Горный хребет
	ш. ДНК

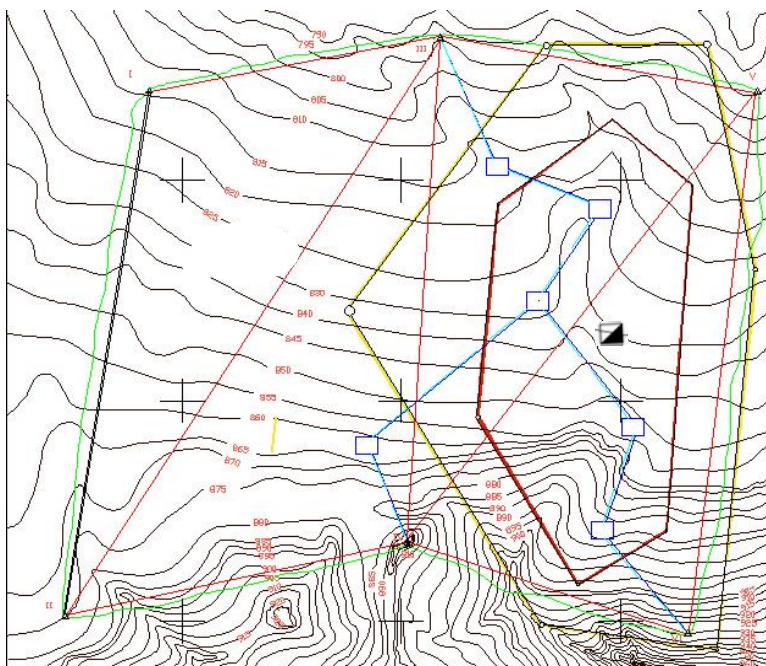


Рисунок 2.1 – Опорные геодезические сети

2.1.2 Проект полигонометрической сети

Полигонометрия – это геодезический метод определения взаимного положения точек на земной поверхности путём измерения длин линий, соединяющих эти точки, и горизонтальных углов между ними. Для определения координат ряда последовательных точек используются одиночные полигонометрические ходы (продолженные линии) и объединённые полигонометрические сети, охватывающие территорию и привязанные к опорным пунктам с известными координатами.

Пункты полигонометрии закрепляются на местности закладкой подземных бетонных монолитов или металлических труб с якорями и установкой наземных знаков в виде деревянных или металлических пирамид. Углы в полигонометрии измеряют теодолитами и электронными тахеометрами, причём объектами визирования, как правило, служат специальные марки (или отражатели), устанавливаемые на наблюдаемых пунктах. В случае использования теодолита длины сторон полигонометрических ходов и сетей измеряют стальными или инварными мерными лентами, а также светодальномерами.

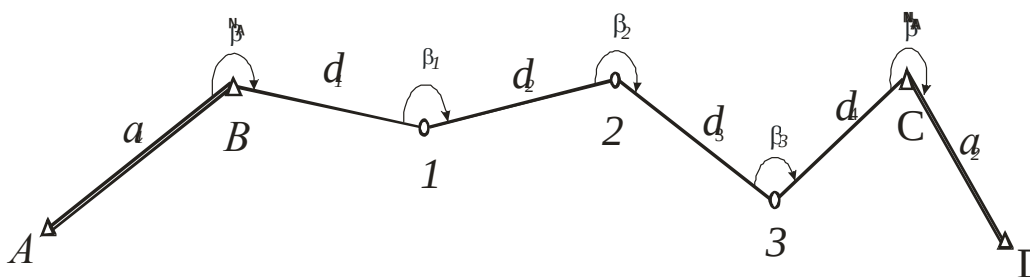


Рисунок 2.2 – Полигонометрический ход

Полигонометрические сети выстраиваются по классическому принципу «от общего к частному». Поэтому изначально полигонометрия первого класса ведется построением в виде замкнутых многоугольников. Сети второго класса встраиваются внутри триангуляции первого класса замкнутыми полигонами. Сети третьего и четвертого классов формируются прокладыванием системы одиночных ходов, связывающихся узловыми точками. Разрядные сети сгущают и регулируют необходимое количество геодезических пунктов для полноценных инженерных изысканий (топографических съемок) и обеспечения пунктами ГГС городской полигонометрии.

Проектируются одиночные полигонометрические ходы, в том случае, когда опираются на два исходных пункта и две стороны старших классов (разрядов). В случае обеспечения геодезическими пунктами больших площадей проектируют геодезические сети. Во многих случаях стремятся построить вытянутые ходы полигонометрии. Вначале на карте намечают

общую схему проектируемых сетей, задаются точностью угловых и линейных измерений и рассчитывают ожидаемые ошибки в ходах полигонометрии.

2.1.3 Проект нивелирной сети

Нивелирование - это геодезическое измерение, с помощью которой определяют превышения точек (разность высот) и их высоты над принятой горизонтальной поверхностью. Результаты выравнивания изображают рельеф на картах и планах, строят профили поверхности земли. Виды нивелирования делятся на несколько:

- геометрическое
- тригонометрическое
- барометрическое
- гидростатическое
- механическое.

Геометрическое нивелирование является основным видом. Геометрическое нивелирование точности и по технике работы разделяется на I, II, III и IV классы.

Таблица 2.1 – Классы геометрического нивелирования

Класс нивелирования	Предельный периметр полигона (длина хода), км	Допустимая невязка полигона (хода), мм
Государственная геодезическая сеть		
I	-	Выполняется с наивысшей точностью
II	500-600	$5\sqrt{L}$
III	60*, 150-200	$10\sqrt{L}$
IV	25**	$20\sqrt{L}$
Геодезическая сеть местного значения		
Техническое нивелирование	-	$50\sqrt{L}$

Для производства нивелирования можно пользоваться рейками трех типов:

1. Трехметровыми двусторонними с пашечными сантиметровыми делениями на каждой стороне, красного цвета на одной стороне и черного на другой;
2. Трехметровыми двусторонними с черными сантиметровыми делениями на одной и с красными делениями, равными 11/10 см, на другой стороне;
3. Трехметровыми односторонними или двусторонними штриховыми с

полу сантиметровыми делениями.

Рейки первого типа оцифрованы в дециметрах и на черной стороне нуль совпадает с пяткой, а на красной стороне с пяткой совпадает отсчет, превышающий 40 дециметров; на одной рейке он равен 4687, а на другой комплектной 4787, отличающийся на 100 мм. Случайные ошибки дециметровых делений не должны быть больше 0,5 мм.

Для создания съемочного обоснования по средствам GPS комплектом база – ровер, были привязаны и уравнены триангуляционные пункты геодезической государственной сети.

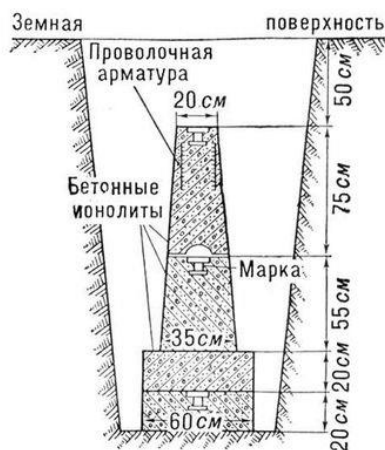


Рисунок 2.3 – Пункты и сигналы полигонометрии

Для анализа точности измерений, выполненных спутниковыми приемниками Leica GPS 1230 GG представлен на рисунок 2.4, а, были проведены измерения электронным тахеометром Leica TSR 1201 представлен на рисунок 2.4, б.

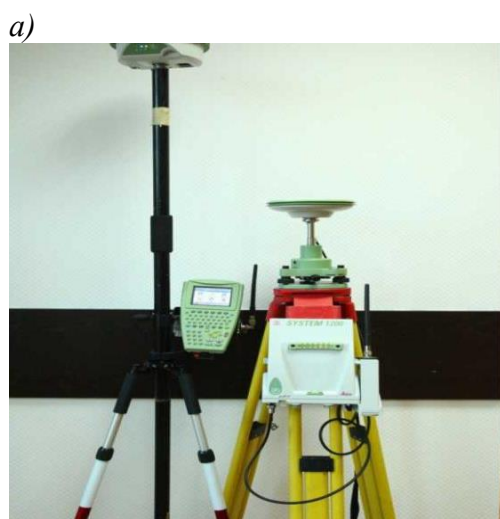


Рисунок 2.4 – Применяемые приборы при создании сетей
а) GNSS приемник Leica 1230 GG; б) LEICA TCR 1201

По мере возрастания точности и оперативности геодезических измерений расширяется круг проблем, в решение которых существенный вклад может внести современная геодезия. Одной из таких проблем является мониторинг земной поверхности с использованием приборов нового поколения.

Геодезические наблюдения проводились электронными тахеометрами фирмы Leica TCR 1201, TCR 06. Обработка спутниковых наблюдений в г. Алматы выполнялась по стандартной программе SKI (фирмы «Leica» Швейцария), а также применялись GPS-приемники, в результате получены плановые координаты всех пунктов сети и высотные отметки реперов.

2.2 Маркшейдерское обеспечение съемки отвалов и складов товарной руды

2.2.1 Склады товарной руды и отвалы

Вся продукция, остатки руды и незавершенного производства до отгрузки потребителю находится на складах, емкостях и др.устройств в соответствии с рисунком 2.5.



Рисунок 2.5 – Внешний вид отвалов и штабелей на рудниках ДГОКа

Определение объема полезного ископаемого в бункерах, штабелях и отвалах производится с целью контроля правильности оперативного учета добычи. Маркшейдерские замеры, как правило, производятся один раз в месяц (по состоянию на конец месяца).

На решение задач маркшейдерского обслуживания на горнодобывающих предприятиях технический прогресс оказал за последнее десятилетие значительное воздействие. Внедрение электронных тахеометров

упростило работу маркшейдера, многократно увеличив скорость и точность производимой съёмки и упростив процесс обработки результатов [0].

Сначала ознакомились с условиями расположения 30 складов приведенный в таблице 2.2. На самом деле количество фактических складов (временных, промежуточных и др.) составило: закрытых – 11; открытых – более 90 складов и внутри каждого их них расположены отдельные штабеля.

Таблица 2.2 – Склады товарной продукции на промплощадке ДГОКа

№ п/п	Наименование склада	Площадь, м ²
ФООР		
1	Закрытый склад	7 000
2	Казхром	16 300
3	Шестой путь	2 200
4	Межпутье	14 700
5	Котлован	7 000
6	рудный склад ШМ	1 400
7	Брикетирование	7 800
8	Подрешетный продукт	24 000
9	БШК концентрат 5-10 мм	1 000
10	Концентрат 0-5 мм в емкостях	310
11	ОМК концентрат 0-5 мм в 2-х местах	300
12	УПО-1	1 400
13	УПО-2	1 600
14	Байпас в 2-х местах	100
15	Концентрат 10-160 мм	4 700
	Всего по ФООР	89 810
ДОФ-1		
1	3-5 участки	6 400
2	Отвал	5 120
3	Отвал 6 путь	5 060
4	ЦРС	7 200
5	Руда 10-160 мм	5 500
6	Руда 100-300 мм	1 800
7	Концентрат 10-160 мм	2 500

18 мая 2020 года нами совместно с работниками ДГОКа была произведена экспериментальная маркшейдерская съёмка одного и того же отвала рудного концентрата 10-160мм оптическим (ЗТ5К), электронным (TS-09) тахеометрами, фотокамерой (LG 360) и лазерным сканером (Faro), результаты которых приведены ниже на рисунке 2.7.

а)



б)



Рисунок 2.6 – Съемка складов электронным тахеометром TS-09:
а – открытый рудный склад; б – закрытый рудный склад

2.2.2 Электронный тахеометр

ДГОКе была произведена экспериментальная маркшейдерская съемка одного и того же отвала рудного концентрата 10-160мм оптическим (ЗТ5К), электронным (TS-09) тахеометрами, фотокамерой (LG 360) и лазерным сканером Faro Focus 3D (США). Результаты съемки электронным тахеометром приведены ниже: план расположения концентрата 10-160 мм, масштаб 1:300 и вертикальные сечения по профилям в соответствии с рисунком 2.7 и определение объема склада приведен в таблице 2.3.

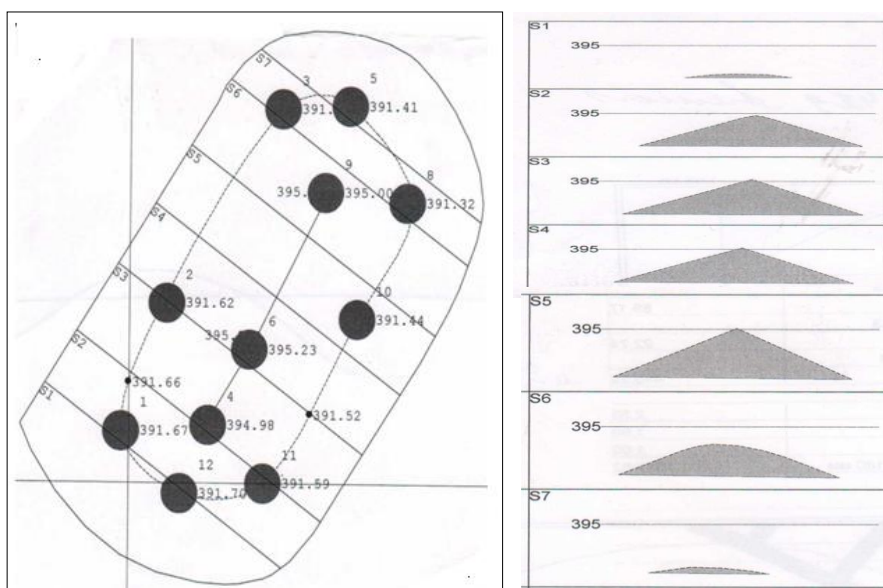


Рисунок 2.7 – План расположения концентрата

Съемку электронным тахеометром вела уч. маркшейдер Медведева Т.А. и объем отвала составил 447.29 м³.

Таблица 2.3 – Результаты съемки отвалов ФООР (дата 18.05.2023г.)

Сечение	Расстояние, м	Площадь, м ²	Объем, м ³
S1		1.37	
	3.88		38.76
S2		18.61	
	5.00		101.63
S3		22.04	
	4.50		99.02
S4		21.97	
	4.33		93.98
S5		21.44	
	4.85		89.17
S6		15.33	
	2.68		234.74
S7		1.64	
Итого			447.29

2.2.3 Наземная лазерно-сканирующая съёмка

Наряду с различными технологическими вопросами, важнейшей задачей при строительстве и эксплуатации горнорудного предприятия является маркшейдерское обеспечение ведения работ. В последние годы в маркшейдерско-геодезической практике и технологии производства работ шагнули далеко вперёд. При постоянном стремлении к повышению производительности и сокращению штата маркшейдерского отдела, требования к скорости и качеству, а также безопасному ведению измерительных работ возрастают. В связи с этим перед инженерно-техническим персоналом встала задача, связанных с внедрением в производство высокотехнологичных методов ведения маркшейдерских работ.

Одним из реальных примеров внедрения лазерного сканирования является опыт внедрения его на рудниках «Казхром» Донского ГОКа при маркшейдерском контроле учета добычи.

При добыче полезного ископаемого производится контроль ведения горных работ в соответствии с утвержденным проектом. Способом такого контроля является производство ежемесячных замеров горных работ с последующим подсчётом объёмов добычи, для чего проводится съёмка складов полезного ископаемого и отвалов породы различными способами.

Внедрение в практику наземных лазерно-сканирующих систем можно назвать наиболее значительным технологическим новшеством в начале XXI века в маркшейдерии, геодезии и ряде смежных отраслей. Технологии

лазерного сканирования решили вопрос дискретности съёмки за счёт крайне высокой плотности снимаемых точек, количество которых может составлять десятки миллионов. Подобная плотность позволяет получать «естественную» трёхмерную модель, объекта, причём ещё на стадии» производства, съёмки.

Мгновенная трёхмерная визуализация, высокая точность и степень детализации, высокая производительность труда, комфортные условия полевых работ, получение результата при любых условиях освещения, обеспечение безопасности при съёмке труднодоступных и опасных объектов – вот главные из многочисленных преимуществ» метода перед тахеометрической съёмкой и другими наземными видами съёмки [2].

Исходя из объёмов получаемой во время лазерно-сканирующей съёмки информации можно говорить, о необходимости, оптимизировать данный процесс в целях достижения максимальных результатов при «минимальных временных затратах: как непосредственно в процессе съёмки, так и во время обработки. Излишняя информация об объекте значительно усложняет процедуру создания, трёхмерной модели объекта, так как: «перегружает» её многочисленными точками лазерных отражений; не имеющих отношения к объекту.

При добыче полезного ископаемого производится контроль ведения горных работ в соответствии с утвержденным проектом. Способом такого контроля является производство ежемесячных замеров горных работ с последующим подсчётом объёмов добычи, для чего проводится съёмка складов полезного ископаемого и отвалов породы.

Зачастую отвалы, склады и хранилища труднодоступны или имеют сложную форму, что далеко не всегда учитывается и приводит к погрешностям определения объёмов.

Отсутствие приемлемых методик оптимизации- измерительного процесса лазерно-сканирующими системами и способов создания цифровых моделей складов и отвалов снижает эффективность их использования на практике; что делает необходимость разработки данных методик актуальной проблемой.

2.2.4 Методика съёмки отвалов наземной лазерно-сканирующей системой

При использовании для съёмки лазерно-сканирующих систем (ЛСС) сложилась следующая практика проведения этих работ:

- 1) классификация отвалов и складов;
- 2) перед началом собственно съёмки ориентировочно намечаются позиции установок сканера (скан-позиции) относительно снимаемого объекта из расчёта охвата съёмкой всего объекта;

3) в зависимости от намеченных положений скан-позиций проектируется сеть основного планово-высотного обоснования (ПВО) из расчёта удобства передачи координат проекта съёмки на марки внешнего ориентирования.

Для оптимизации съёмочных работ лазерным сканером условно были взяты навалы полезного ископаемого на складе в виде правильных геометрических форм: усечённый конус и призма с трапециевидным сечением, ограниченная с двух сторон усечёнными конусами в соответствии рисунком 2.8, *а* и *б*

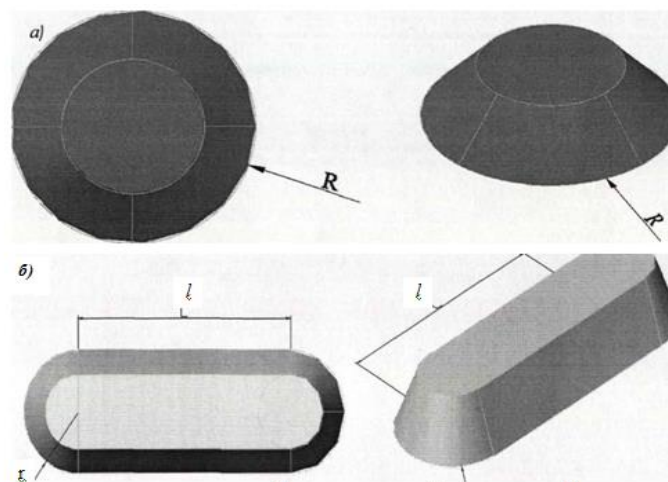


Рисунок 2.8 – Изучаемые объекты: конус *а* и призма *б*

При съёмке сканером в обзорном режиме зона сканирования представляет собой полусферу с радиусом r , равном максимальной измеряемой дальности. Для лазерных сканеров, имеющих фазовый дальномер, $r=50-80$ м, а для имеющих импульсный дальномер $r=300-1500$ м. Измеряемая максимальная дальность фазовых сканеров меньше, чем у импульсных, но производительность и точность съёмки на порядок выше. Поэтому способ оптимизации лазерно-сканирующей съёмки разрабатывался в первую очередь для фазовых лазерно-сканирующих систем [2].

На рисунке 2.8 показано, как взаимно расположены объект (склад, отвал) радиусом R и сканерные станции с радиусом съёмки r .

Установка сканера относительно снимаемого объекта определяется параметром $-l$, расстоянием до нижнего контура снимаемого объекта (отвала). Допустимое значение этого параметра составляет $r_{min} < l < r$, где r_{min} - минимальное измеряемое расстояние лазерным сканером. Оно приблизительно одинаково для разных сканеров и составляет примерно 1,0 м (для Leica HDS6100 - 1,0 м, для FARO LS880 - 0,6 м).

Конкретные значения l выбираются, исходя из высоты снимаемого объекта, с учётом угла падения лазерного луча к сканируемой поверхности откоса отвала.

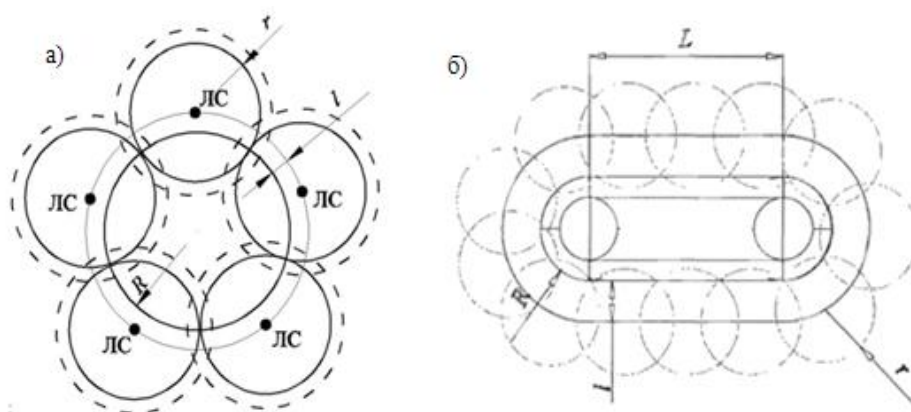


Рисунок 2.9 – Расстановка сканерных станций вокруг объекта:
а – усеченного конуса, б – прямоугольника и двух полуокружностей

Принципиальное отличие технологии лазерного сканирования от традиционных методов геодезических измерений заключается в том, что она позволяет собирать огромный объем информации за очень короткий интервал времени. Путем 3D сканирования получить облако точек с координатами высокой точностью, по скану строится каркасная модель данного объекта, по которым можно быстро и оперативно рассчитать объемы площади.

Снимаемый лазерным сканером Faro Focus 3D (США), отвал на территории ДГОКа имел форму призмы в соответствии с рисунком 2.9.



Рисунок 2.10 – Момент сканирования объекта



Faro Focus 3D – высокоскоростной стационарный лазерный 3D-сканер. Габариты устройства без штатива составляют всего 204x200x100мм, что делает его одним из наиболее компактных сканеров в своем классе. Расстояние до объекта может составлять 120 метров, при этом точность сканирования достигает 0,015мм. Сканеры Focus3D – это самые компактные и легкие сканеры из всех доступных на рынке, что делает их идеальными инструментами для выполнения геодезических и маркшейдерских работ [14].

Рисунок 2.11 – НЛС Faro Focus

Основные преимущества прибора:

- Эффективность: большой диапазон измерений - до 120 метров, компактность, автоматическое сохранение результатов, экономия до 50% времени при сканировании и 3D обработке по сравнению с другими лазерными сканерами.
- Точность и скорость: Focus3D создает точную виртуальную копию со скоростью до 976000 точек в секунду.
- Компактность и легкость: имея размеры 24x20x10 см и вес 5.0 кг, Focus3D является самым маленьким, когда-либо созданным, 3D сканером.
- Экономичность: непревзойденное соотношение цена/качество - по сравнению с предыдущей моделью цена снижена в 2 раза.
- Простота использования: сенсорный дисплей и интуитивно-понятный интерфейс позволяют управлять всеми функциями сканера.

В результате выполнения лазерного сканирования получается облако точек лазерных отражений, - тех точек, до которых были выполнены измерения с помощью лазерного излучения. Облако точек содержит информацию о пространственных координатах каждой измеренной точки, принадлежащей какому-либо объекту в зоне работы сканера – зданию, мачте уличного освещения, дереву, памятнику архитектуры и т.п. В дальнейшем, работа с результатами измерений лазерных сканеров производится в специальном программном обеспечении, которое является неотъемлемой частью технологического решения. По облакам точек можно решать множество задач, среди которых:

- построение трехмерных цифровых моделей поверхности измеренных объектов;
- построение различных чертежей – планов, профилей, сечений;
- оценка текущего состояния различных конструкций по сравнению с проектной моделью;

- определение деформаций объекта в результате сравнения последовательно выполненных измерений;
- выполнение «виртуальной» топографической съемки местности в офисе.

Огромными достоинствами технологии являются скорость съемки и ее детальность. В результате можно оперативно получать информацию о текущем состоянии объекта и, в случае необходимости, отслеживать все изменения почти в реальном времени. Кроме того, ничто не останется незамеченным, т.е. к результатам измерений можно вернуться в любой момент, когда потребуется какая-либо дополнительная информация об измеренном объекте.

Результаты лазерного сканирования Faro Focus 3D обрабатываются программным комплексом Trimble RealWorks. ПО Trimble RealWorks - это мощное офисное программное обеспечение для получения данных от инструментов Trimble Spatial Imaging (лазерного сканера Faro Focus 3D), и их представления в трехмерном виде.

Программа Trimble RealWorks используется для быстрого расчета для повышения производительности строительных и горных работах, где рассчитывается объемы (рудных отвалов, грунтов, балласта и строительных материалов в виде отвалов и куч) на основе высокоточного интегрального метода, эффективно работающего даже при низкой плотности облака точек.

2.3 Результаты определения объема лазерным сканером

Результаты лазерного сканирования Faro Focus 3D обрабатывались программным комплексом Trimble RealWorks. ПО Trimble RealWorks - это мощное офисное программное обеспечение для получения данных от лазерного сканера Faro Focus 3D и их представления в трехмерном виде.

Из отсканированного объекта (в нашем случае отвалы концентратов и руды) строится 3D модель с соответствии с рисунком 2.12, *а* и *б*.

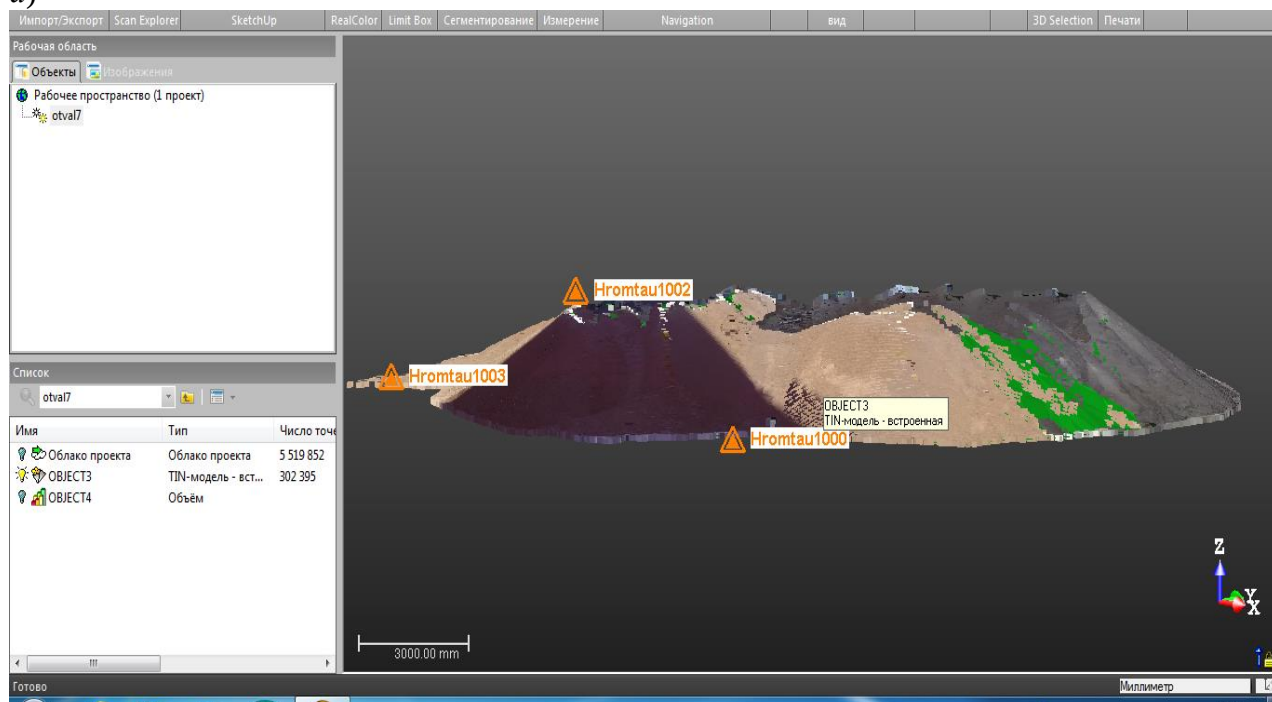
При создании модели имеется возможность визуализировать и редактировать её в 3D. Это позволяет оценить качество созданной модели.

Подсчет объемов отвалов разной фигуры выполняется путем построения сетки квадратов и вычисления высот поверхности в узловых точках. Эти высоты интерполируются из плоскостей треугольников, поэтому так важна конфигурация треугольников в модели рельефа.

При создании модели имеется возможность визуализировать и редактировать её в 3D. Это позволяет оценить качество созданной модели. Подсчет объемов отвалов разной фигуры выполняется путем построения сетки квадратов и вычисления высот поверхности в узловых точках. Эти высоты интерполируются из плоскостей треугольников, поэтому так важна

конфигурация треугольников в модели рельефа. Результат вычислений площади поверхности и объема сразу отображается на экране, в окошке сверху, где показано красной стрелкой в соответствии с рисунком 2.13, а, а результат определения объема показан на рисунке 2.13, б синим цветом.

а)



б)

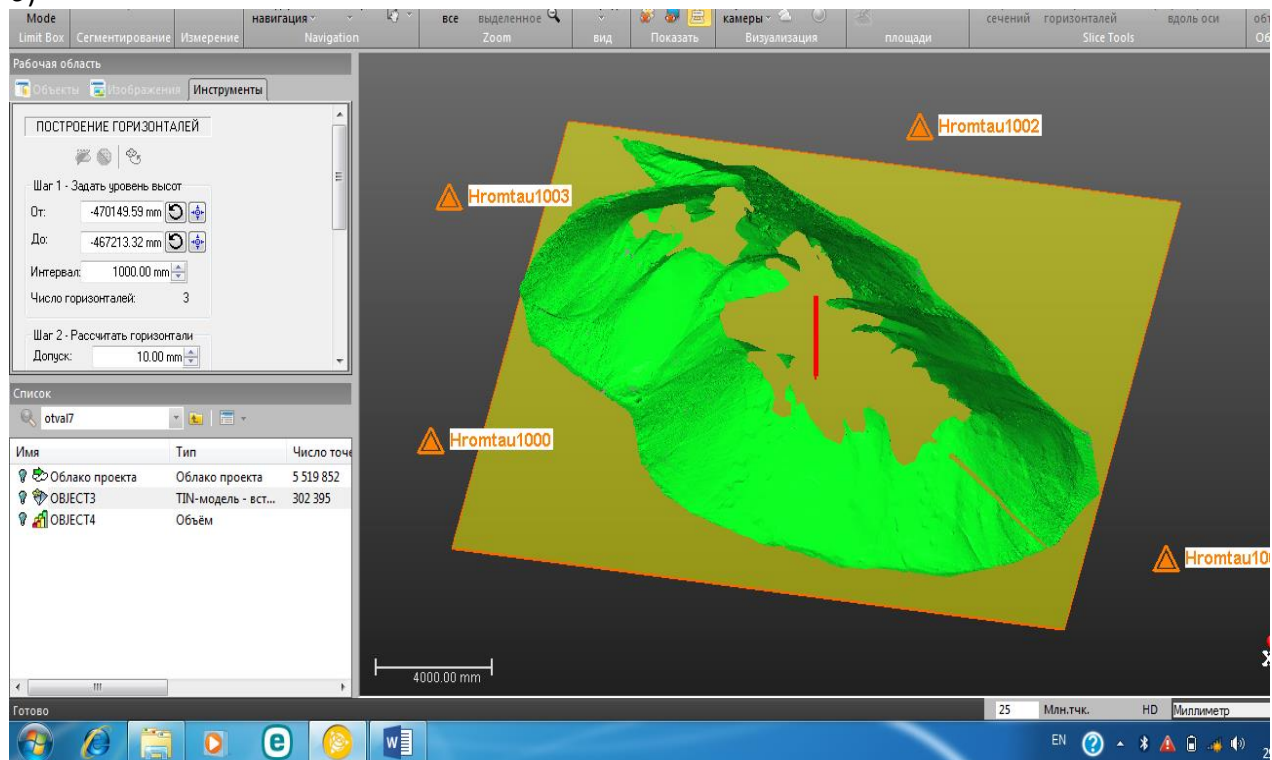
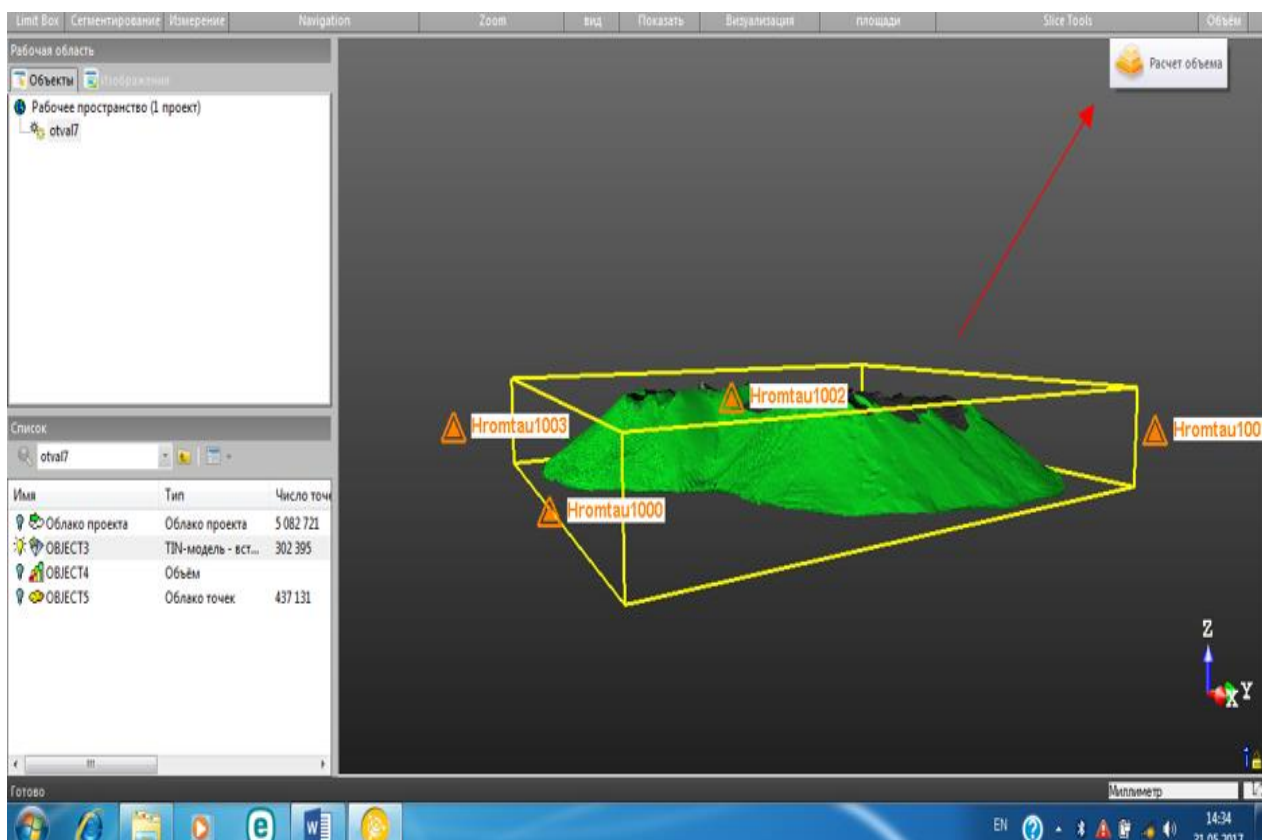


Рисунок 2.12 – 3D модель отсканированного объекта

а)



б)

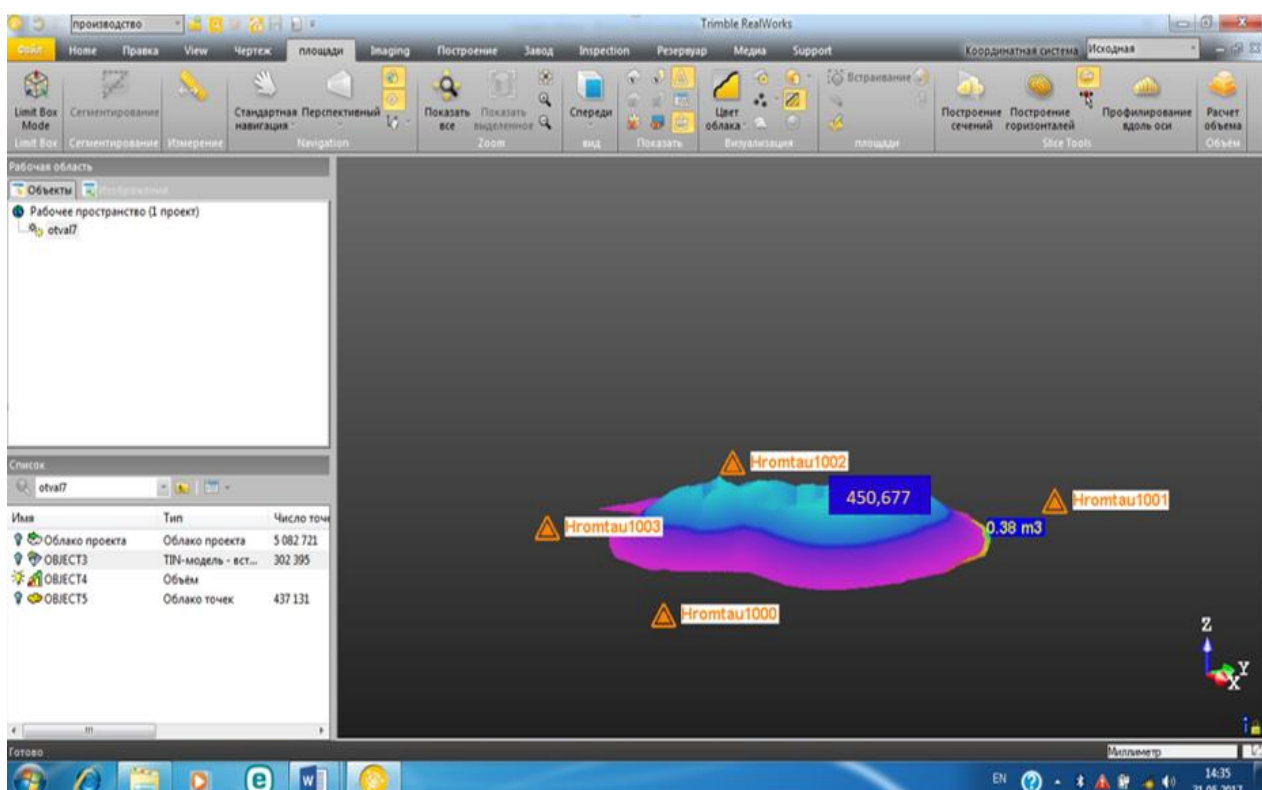


Рисунок 2.13 – Результат подсчета объема объекта

Таким образом, по результатам лазерного сканирования получен объем – 450,677м³

Независимо от применяемой измерительной техники, определение объема разбивается на два процесса:

- собственно, съемка объекта, объем которого надо определить, и моделирование снятой поверхности;
- определение объема путем вписывания элементарных объемов в пространство, ограниченное этой поверхностью.

Отсюда общая погрешность должна определяться с учетом закономерностей накопления погрешностей измерений внутри каждого из приведенных процессов. Закономерности накопления погрешностей анализировались на модели маркшейдерско-геодезических измерительных процессов традиционной съемки, с дискретным получением точек при съемке склада.

На основе выполненных исследований:

1. Проведен анализ состояния современной технологии по маркшейдерскому обслуживанию горнодобывающих предприятий
2. Рассмотрена методика определения объема отвалов оптико-механических и электронных тахеометров. Проведена экспериментальная съемка склада различными способами.
3. Рассмотрена возможность применения технологий лазерного сканирования, проведена классификация складов и отвалов, основанная на параметрах, имеющих значение при съёмке наземными лазерными сканерами.
4. Остатки товарной продукции на фабриках, незавершенного производства на рудных складах ДГОКа не приведены определенной геометрической форме к маркшейдерскому замеру. При этом маркшейдер, на основании имеющихся директивных указаний, имеет право потребовать от руководства привести отвалы в состояние, удобное для производства замеров.
5. Объемы с высокой точностью, можно определить методом лазерного сканирования. Технологии лазерного сканирования позволяет получать трёхмерную модель объекта. Мгновенная трёхмерная визуализация, высокая точность и степень детализации, высокая производительность труда, получение результата при любых условиях освещения, обеспечение безопасности при съёмке труднодоступных объектов вот главные из многочисленных преимуществ метода перед тахеометрической съемкой и другими наземными видами съёмки [6].

Деятельность любого горнодобывающего предприятия невозможна без отлаженной маркшейдерской службы. Маркшейдерское обеспечение горных работ – процесс достаточно трудоемкий, требующий высоко квалифицированных кадров, дорогостоящего оборудования и специализированного ПО.

Для горнодобывающих предприятий большой мощности характерны высокая скорость продвижения забоев, быстрая изменчивость границ

отвального комплекса и хвостового хозяйства, рудных складов и, зачастую, одновременное существование двух, трёх и более строительных площадок.

Оперативный объективный контроль за такими объектами традиционными средствами затруднен. Как правило, для выполнения тахеометрической съёмки одного объекта горнодобывающего предприятия требуется усилия нескольких специалистов на продолжительный (до недели) период времени. Для повышения производительности возможно применение АФС с пилотируемых летательных аппаратов.

Для регулярной съёмки участков местности площадью до 10 км² или при периодическом мониторинге ведения открытых горных работ, эффективным методом является аэрофотосъёмка с использованием легких БПЛА, массой менее 10 кг. В отличие от пилотируемой авиации, аппаратам данного класса не требуется специального аэродрома. Достаточным условием для взлета и посадки является открытая площадка размером 50м x 70м.

Технические возможности современных БПЛА - комплексов (фотоаппаратура, системы навигации, управления и связи) обеспечивают большую оперативность получения результата в сравнении со спутниковой съёмкой, более высокую разрешающую способность (3 см на точку), а также минимальную зависимость от погодных условий.



Рисунок 2.13 – Беспилотный летательный аппарат DJI Phantom 4 RTK

В настоящее время аэрофотосъёмка с использованием БПЛА проводится для создания топографической продукции масштабов 1:5000–1:500, в связи с чем была разработана технологическая схема выполнения маркшейдерских съёмочных работ на открытых разработках с применением DJI Phantom 4 RTK + D-RTK 2 Mobile Station Combo в соответствии с рисунком 2.13.

Phantom 4 RTK – компактный и точный дрон DJI для создания крупномасштабных планов и карт, работающий на небольших высотах. В дрон встроен модуль RTK, который обеспечивает получение данных позиционирования в режиме реального времени с точностью до сантиметра и с минимальной абсолютной погрешностью метаданных изображения.

Под приемником RTK расположен модуль спутниковых систем позиционирования, обеспечивающий стабильность полета в местности даже со слабым сигналом, например, в крупных городах или на промышленных площадках предприятий.

Технологическая схема разработана на основании инструкций и с учетом требований к точности планов масштабов 1:500–1:5000, в которых составляются основные маркшейдерские чертежи.

Технологическая схема

1. Подготовительные работы

1.1. Закладка пунктов планово-высотного обоснования (ПВО)

1.2. Планирование аэрофотосъемки.

2. Полевые работы

2.1. Геодезические - определение координат ПВО и контроль их положения

2.2. Аэросъемочные

– подготовка БПЛА

– создание полетного задания

– выполнение съемки

3. Обработка результатов полевых работ

3.1. Вычисление координат ПВО

3.2. Создание цифровой модели объекта (ЦМО)

С целью апробирования разработанной технологической схемы проведен комплекс работ на открытом складе в соответствии с рисунком 2.14. При работе с БПЛА от оператора не требуется специальных навыков пилотирования и длительного обучения, благодаря полной автоматизации управления комплексом. Для выполнения регулярной съёмки всех объектов горнодобывающего предприятия достаточно одного-двух сотрудников. Производительность комплекса последнего поколения, позволяет в течение одного светового дня выполнить аэрофотосъёмку площади до 70 км².

При проведении открытых горных работ БПЛА может использоваться для решения различных задач: мониторинга работ, картирования, а также оценки объёмов горных выработок и отвалов. Для задач мониторинга основным условием съёмки является достаточное пространственное разрешение получаемых фотоматериалов для визуального анализа и контроля техногенных и природных объектов. Съёмка с БПЛА для этих целей может производиться на малой высоте (200-600 м), что позволяет получать снимки с размером пиксела, соответствующим 3–7 см на местности, получаемые при этом материалы аналогичны классической АФС. Для решения задач

картографирования и определения объёмов горных работ необходима высокая точность геодезической привязки фотоматериалов.

Компания ООО НПП «АВАКС-Гео Сервис» при поддержке группы компаний «Прогноз» и содействии ИГДГиГ, СФУ с 2010 года активно развивает технологию аэрофотосъёмки с применением БПЛА серии DELTA собственной разработки для решения горно-геологических задач. Первый опыт применения технологии аэрофотосъёмочных работ с беспилотных летательных аппаратов в горном деле был изложен авторами в журнале «Золото и технологии» №1(15) 2012 г.

Накопленный опыт работ по эксплуатации комплекса DELTA лёг в основу создания БПЛА нового поколения, специализированного для решения задач геодезии и картографии. Аппарат DELTA-M по своим техническим характеристикам не имеет аналогов среди других лёгких российских БПЛА гражданского назначения и, по существу, представляет собой самостоятельный картографический инструмент. В последние годы в связи с технологическим прогрессом для производства съёмок используют фотограмметрические методы с применением БПЛА, главным преимуществом которых является возможность выполнения оперативного контроля работы горного предприятия, определения объёмов складов и отвалов посредством получения трёхмерной цифровой модели.

С целью апробирования разработанной технологической схемы проведен комплекс работ на открытом складе в соответствии с рисунком 2.14.



Рисунок 2.14 – Открытый рудный склад

Было запланировано несколько полетов с высот 75, 100 и 125 м над складом. На подготовительном этапе работ были определены границы аэрофотосъёмки, точка взлёта и посадки. Было создано планово-высотное обоснование (ПВО), включающее 5 замаркированных опознаков в соответствии с рисунком 2.15, их расположение представлено на рисунке 2.16.

Это позволило в дальнейшем получить избыточность информации, которая использовалась для оценки технологической схемы.



Рисунок 2.15 – Внешний вид опознаков

В процессе полевых работ было выполнено определение координат опознаков и базы. Для этого использовался метод спутниковых определений в режиме кинематики (с фиксированным решением) относительно пунктов МОС предприятия.



Рисунок 2.16 – Расположение опознаков и базовой станции (базы): 10, 14, 16, 21, 23 – опознаки; склад – месторасположение базовой станции

После проведения подготовительных полевых работ происходит сборка БПЛА и подготовка его к полёту в соответствии с рисунком 2.17. Для

построения полётного задания используется приложение GS RTK. В данном приложении осуществляется управление Phantom 4 RTK, составляется маршрут, регулируется степень наложения кадров, скорость, параметры камеры и т. д.



Рисунок 2.17 – Процесс подготовки к полёту БПЛА

Выполнение полетного задания происходит в автоматическом режиме и требует только наблюдения за выполнением на экране, а также наблюдения за сигналом приема данных с БПЛА. На последнем этапе проведена камеральная обработка результатов аэрофотосъемки (АФС) в программном продукте Agisoft Photoscan Metashape. После обработки результатов проведено сравнение точности определения координат опознаков и базы, полученных по результатам аналитической фототриангуляции и геодезических работ.

В таблице 2.4 представлены расхождения и средние квадратические ошибки (СКО) планового положения (ошибка в плане) и высот (ошибка по высоте) опознаков и базы.

На основе сравнительного анализа данных, приведенных в таблице 2.4 установлено, что все результаты фототриангуляции отвечают требованиям к точности создания планов масштаба 1:500 с сечением рельефа 0,5–1 м. Однако при высоте полета 75 м требуются значительно большие временные затраты на съемку и обработку снимков, так как значительно увеличивается количество изображений. Поэтому оптимальными для аэрофотосъемки склада являются высоты 100 и 125 м. Определение максимальной высоты полета произведем с учетом технических характеристик используемой фотокамеры. При использовании цифровых камер в качестве параметра, отвечающего за точность получаемой продукции, используется соотношение единицы

растрового изображения с его линейным размером на земной поверхности (GSD).

Таблица 2.4 – Погрешности фототриангуляции, полученные по снимкам различных высот

Имя точки	Высота 125 м		Высота 100 м		Высота 75 м	
	Ошибка в плане, см	Ошибка по высоте, см	Ошибка в плане, см	Ошибка по высоте, см	Ошибка в плане, см	Ошибка по высоте, см
Склад (база)	0,1	0,1	0,2	-0,2	0,5	0,5
10	1,5	-0,9	1,5	-0,8	2,1	-1,9
14	3,4	-0,9	3,4	-0,1	7,8	-1,1
16	3,4	-0,1	6,0	-0,1	10,0	-0,9
21	0,9	-0,4	1,6	0,0	2,2	-0,3
23	0,6	-0,2	0,3	-0,3	0,8	-1,1

Максимальная высота аэрофотосъемки для составления плана требуемого масштаба определяется из формулы [7]:

$$GSD = (S_w * H * 100) / (F_r * imW), \quad (1)$$

где GSD – размер пикселя на местности, см/пиксель;

S_w – ширина сенсора фотокамеры, мм;

H – высота полета, м;

F_r – фокусное расстояние фотокамеры, мм;

imW – ширина кадра, пикс.

В зависимости от масштаба плана была определена максимальная высота полёта, результаты представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Максимальная высота полета в зависимости от масштаба плана.

Масштаб плана	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
Максимальная высота полета, м	117,04	234,08	468,16	1 170,4

Согласно проведенному расчету, максимальная высота для получения плана масштаба 1:500 получилась 117,04 м, в связи с этим для условий склада оптимальной для съемки является высота 100 м.

После проведения оценки точности фото триангуляции в программном продукте Agisoft Photoscan Metashape построена цифровая модель рельефа склада в соответствии с рисунком 2.18, используемая в дальнейшем при создании топографического плана масштаба 1:500. На рисунке 2.19 представлено плотное облако точек, используемое в дальнейшем при создании каркасной модели объекта.

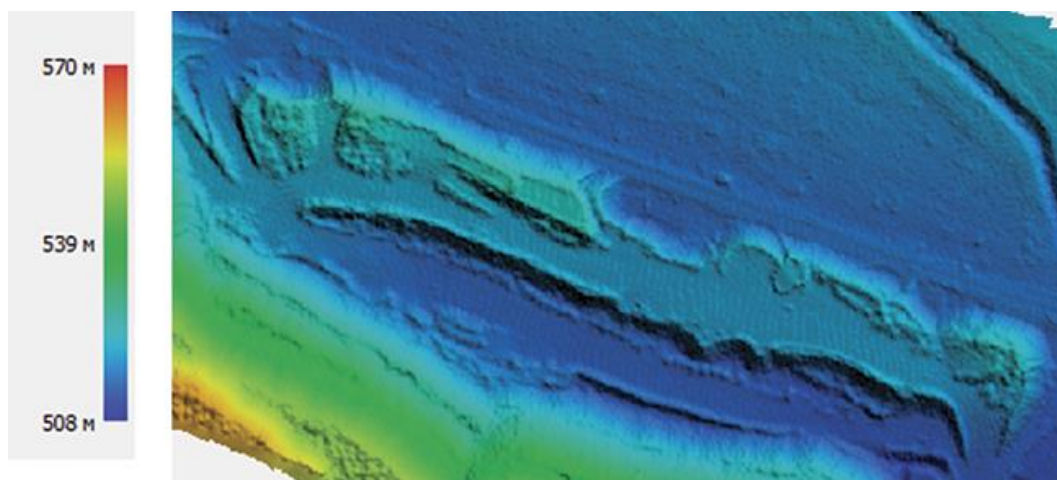


Рисунок 2.18 – Цифровая модель рельефа склада



Рисунок 2.19 – Плотное облако точек

Таким образом, в соответствии с представленной технологической схемой были выполнены работы по созданию цифровой модели склада с применением квадрокоптера DJI Phantom 4 RTK + D-RTK 2 Mobile Station Combo.

В результате экспериментальной проверки технологической схемы создания цифровой модели поверхности складов с использованием БПЛА выявлены следующие особенности проведения работ:

- 1) необходимость использования замаркированных опознаков для контроля модели;
- 2) цифровые модели объектов, полученные с применением БПЛА, объективны (так как предоставляется изображение местности, а не векторные данные), их можно использовать для определения объемов;
- 3) использование БПЛА при проведении маркшейдерских работ позволяет выполнять их в кратчайшие сроки и обеспечивать требуемую точность выходных материалов.

Вывод по второму разделу

Современные технологии, такие как НЛС и дроны с фотограмметрией, радикально сокращают время, необходимое для обследования больших территорий по сравнению с традиционными методами. То, что раньше занимало дни или даже недели для обследования карьера, теперь можно сделать за часы с помощью БПЛА, в то время как НЛС быстро предоставляет высоко детализированные модели конкретных объектов или участков.

Проанализировав использование как БПЛА, так и НЛС, мы пришли к выводу, что НЛС более экономически эффективен для задач по маркшейдерскому контролю на производстве. Кроме того, он не требует постоянных запросов на разрешение для обследования наземных сооружений, отвалов или складов на поверхности.

НЛС генерирует облака точек с помощью миллионов измерений, предлагая невероятную детализацию рельефа местности, бортов карьеров, отвалов и инженерных сооружений.

Одним из самых важных выводов является существенное снижение риска для персонала. маркшейдерам больше не нужно находиться в опасных зонах для проведения измерений. Вся работа выполняется удаленно, что значительно снижает вероятность несчастных случаев.

Несмотря на большие первоначальные инвестиции в новое оборудование и программное обеспечение, эти затраты окупаются в долгосрочной перспективе. Вы увидите:

- повышение производительности
 - снижение эксплуатационных расходов
 - меньше ошибок
 - более точное планирование и управление производством
- Все это в конечном итоге приводит к увеличению прибыли.

3 Инновационные методы съемок подземных выработок

3.1 Прогрессивные методы в подземных съемочных работах

Стремительное развитие технологий в горнодобывающей отрасли обуславливает рост добычи полезных ископаемых, что, в свою очередь, приводит к необходимости создания более совершенных технологий обслуживания производства горных работ, повышения безопасности производства съёмок. Ведение подземных горных работ невозможно без маркшейдерского обеспечения, залогом качества и эффективности которого является использование маркшейдерско-геодезических приборов, обеспечивающих необходимый уровень и повышение точности с оперативностью представления результатов измерений, а также безопасному ведению измерительных работ.

Подземная топоъемка – один из видов работ, на который технический прогресс оказал за последнее десятилетие значительное воздействие. С внедрением без отражательных тахеометров упростился процесс управления и слежения за строительной техникой, вынос проекта в натуру, стал более точным и сбор данных. Но что касается использования этих тахеометров для проверки соответствия реальных размеров и формы горных выработок их проектным значениям, то они оказывались менее эффективными, нежели традиционные методы измерения, такие как механические системы для измерения профиля, которые давали большую точность.

На решение задач маркшейдерского обслуживания горнодобывающих предприятий технический прогресс оказал за последнее десятилетие значительное воздействие. Внедрение электронных тахеометров упростило работу маркшейдера, многократно увеличив скорость и точность производимой съёмки и упростив процесс обработки результатов.

В основе тахеометрического способа съемки используется возможность получения планово-высотного положения точки одним визированием зрительной трубы тахеометра. Это достигается путем определения расстояния от инструмента на съемочном пункте - станции до определяемой точки и превышения пикетной точки относительно станции. Наклонное расстояние определяют дальномером, а направление - с помощью горизонтального круга теодолита. Для получения превышения осуществляют нивелирование наклонным лучом, т. е. измерением угла наклона.

Электронный тахеометр - это многофункциональный геодезический прибор, представляющий собой комбинацию-кодового теодолита, встроенного светодальномера или лазера и специализированного мини-компьютера, который производит любые угломерные измерения одновременно с измерением расстояний и по полученным данным проводит инженерные вычисления, сохраняя всю полученную информацию.

К настоящему времени разработано и производится большое число - типов электронных тахеометров, различающихся конструктивными особенностями, точностью и назначением. Электронные тахеометры, могут работать как в отражательном режиме (наблюдатель ведет измерения на специальные устройства - отражатели, призмы, отражающие марки), так и в безотражательном режиме (наблюдения ведутся непосредственно на наблюдаемый объект).

Простейшие электронные тахеометры. Это самые простые по выполняемым функциям электронные тахеометры. Запись данных производится, как правило, во внутреннюю память или на внешний накопитель. Производят самые простые функции измерений и вычисления (горизонтальное проложение, превышение). Угловая точность таких приборов находится в пределах 5" - 6", линейная – около 3 - 5 мм.

Ко второму типу электронных тахеометров относятся приборы среднего класса (электронные тахеометры Leica, Nikon, Trimble). Эти тахеометры несколько дороже, но получили наиболее широкое, распространение. Угловая точность у таких приборов может быть от 1" до 5" в зависимости от класса точности.

К третьему типу можно отнести электронные тахеометры - оснащенные сервоприводом, что позволяет выполнять роботизированные измерения. Эти приборы могут самостоятельно наводиться на специальный активный отражатель и производить измерения.

В дополнение прибор с сервоприводом может оснащаться специальной системой управления; по радио, при этом съемку может производить только один человек, находясь непосредственно на измеряемой точке. Подобная схема съемки увеличивает производительность проведения съемочных работ примерно на 80% процентов.

Необходимо отметить, что маркшейдерская служба ДГОКа полностью укомплектована и использует современные маркшейдерские приборы такие как: тахеометры Leica TS-07, TS-09, TS-10, GPS приемники Trimble R-10, нивелиры производства Bosch. Маркшейдерская служба использует программное обеспечение Компас, AutoCAD и ПО Micromine.

Внедрение электронных тахеометров и лазерного сканера упростило работу маркшейдера, многократно увеличив скорость и точность производимой съёмки и упростив процесс обработки результатов.

Основным видом маркшейдерских работ при подземном способе разработки месторождения является подземная маркшейдерская съемка. Результаты подземной маркшейдерской съемки служат основой для составления маркшейдерско-геологической документации месторождения, которая используется при решении горнотехнических задач, возникающих перед горным предприятием. В современных условиях рыночной экономики научно-технический прогресс в горнодобывающей промышленности во многом связан с автоматизацией геолого-маркшейдерского информационного

обеспечения горных работ на всех стадиях промышленного освоения месторождения.

С выпуском новых измерительных приборов и технологии требует перед инженерно-техническим персоналом внедрение их в производство. В связи с этим, одним из реальных примеров внедрения лазерного сканирования является опыт работы маркшейдерской службы ш. «Молодежная» и ш. «10-летия НК». В своей работе я подробнее остановлюсь на опыте работы внедрения ш. «10-летия НК»

В настоящее время практически во всех отраслях применяются новые технологии для выполнения топографо-геодезических работ. При постоянном стремлении к повышению производительности и сокращению штата маркшейдерского отдела, требования к скорости и качеству, а также безопасному ведению измерительных работ возрастают [6].

Одним из реальных примеров внедрения лазерного сканирования является опыт работы на руднике ТОО «Nova – Цинк» сканером CMS MINEi (GeoSight, Канада) при исследовании НДС массива в вертикальных, горизонтальных и очистных горных выработках. MINEi – это быстрая и надёжная беспроводная система, которая позволяет точно измерять подземные пустоты, даже в труднодоступных и опасных местах. Она помогает обезопасить шахтёров и увеличить эффективность работы, быстро создавая 3D-модели и рассчитывая объёмы.

Принципиальное отличие технологии лазерного сканирования, интегрированной в систему MINEi от GeoSight, от классических методов геодезических измерений заключается в её способности к высокоскоростной и объёмной регистрации пространственных данных [5].

Используя метод 3D-лазерного сканирования, система формирует высокоточное облако точек (point cloud) с геореференцированными координатами. На основе этого облака оперативно строится полигональная или каркасная 3D-модель объекта, что позволяет выполнять точные расчёты объёмов и площадей с минимальными временными затратами.

Разработанная GeoSight универсальная система мониторинга замкнутых пространств (CMS) MINEi предназначена для автономного сбора данных в недоступных и потенциально опасных подземных выработках, обеспечивая критически важную информацию для картографирования, анализа устойчивости и оптимизации горнодобывающих процессов.

Лазерный сканер MINEi оснащен двумя марками для привязки сканирующей головки к координатной сетке рудника. В случае использования штангового метода они располагаются на штанге, а при измерениях со штатива – непосредственно на сканирующей головке. Привязка была выполнена безотражательным электронным тахеометром. В ходе геомониторинга были опробованы методы: «сканирование транспортного штрека штативным методом», «короткие сканерные ходы в орты» и «заглядывание в очистное пространство штанговыми методами. Различия этих

методов состоят в основном в условиях обзора с пунктов, в которых устанавливается прибор и в способах установки самого сканирующего прибора в соответствии с рисунком 3.1.



Рисунок 3.1 – Методы привязки сканирующей головки к координатной сетке рудника

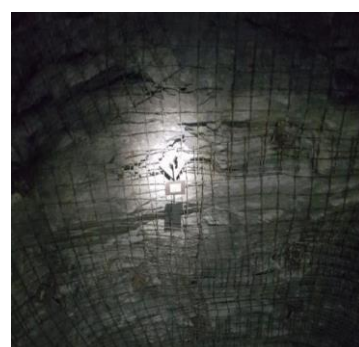
На наблюдаемых реперах были закреплены контрольные (светящиеся) марки в соответствии с рисунком 3.2, по которым производились наблюдения за деформационными процессами. Тахеометрическая съемка производилась высокоточным электронным тахеометром TS06 Plus (LeicaGeosystems), позволяющий непосредственно производить компьютерную обработку данных. Точность измерений соответствует требованиям «Инструкции по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений».



а) общий вид



б) момент установки марок



в) установленные светящиеся марки на кровле

Рисунок 3.2 – Установленные светящиеся марки

Первоначальная обработка данных до получения облака точек выполнялась нами в программе SURPAC. Каркасные модели транспортного штрека по данным 3D-сканирования, полученные штативным способом со 2-стойки приведены на рисунке 3.3. Далее проводился экспорт облака точек в открытый текстовый формат.

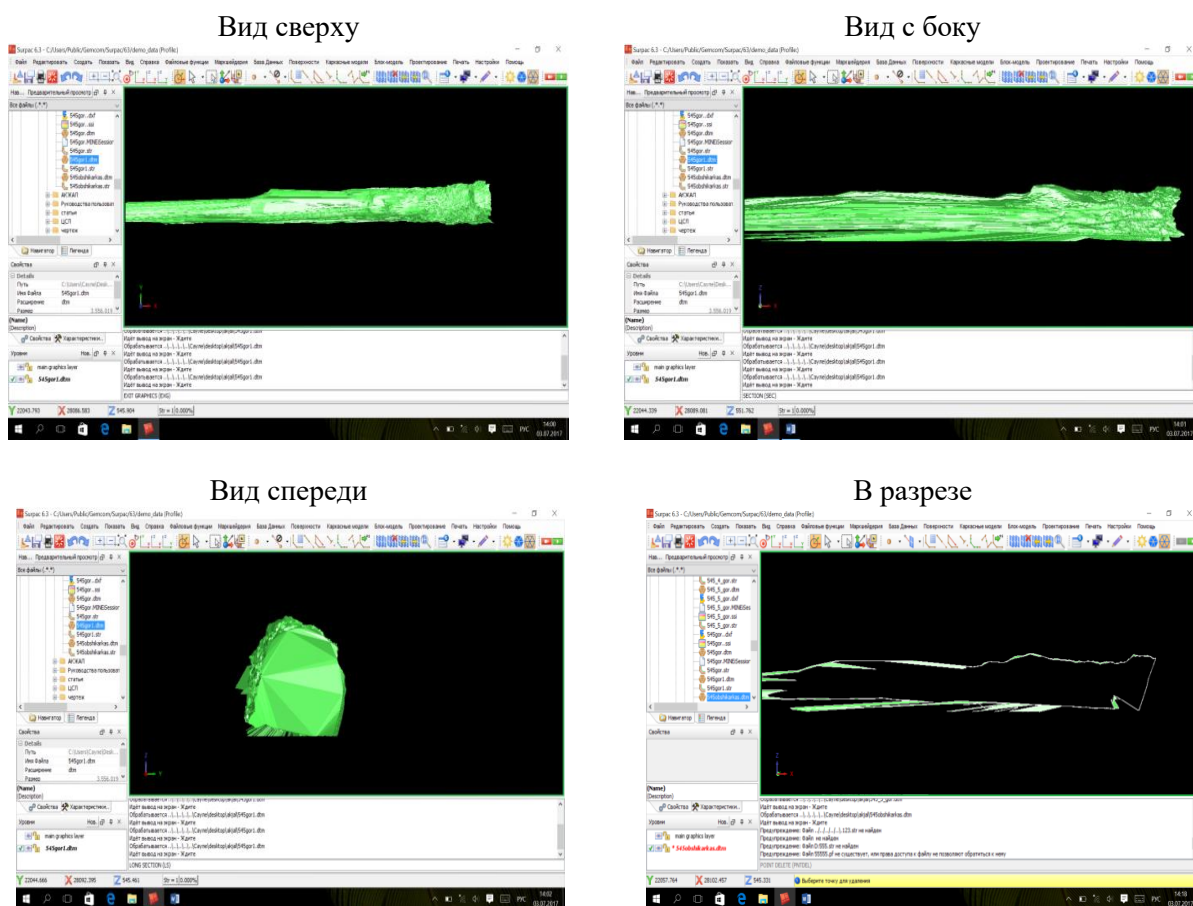


Рисунок 3.3 – Выстроенные каркасные модели транспортного штрека по данным 3D-сканирования

Для оценки параметров деформационных процессов в горных выработках, закрепленных анкерной крепью и произведен анализ исходной горно-геологической и горнотехнической информации в горных выработках. С целью установления закономерностей деформирования приконтурного массива вблизи выработок закрепленных анкерной крепью на руднике заложена подземная наблюдательная станция, состоящая из 17 реперов.

Анализ результативного облака точек 3D-модели выполнялся путем построения серии сечений изучаемой полости и формирования документов этих сечений (обычно в форматах Surpac).

Выбор локальной системы координат для оптимального вида проекции выполняется интерактивно путем поворотов и визуального анализа 3D-модели объекта в соответствии рисунком 3.4.

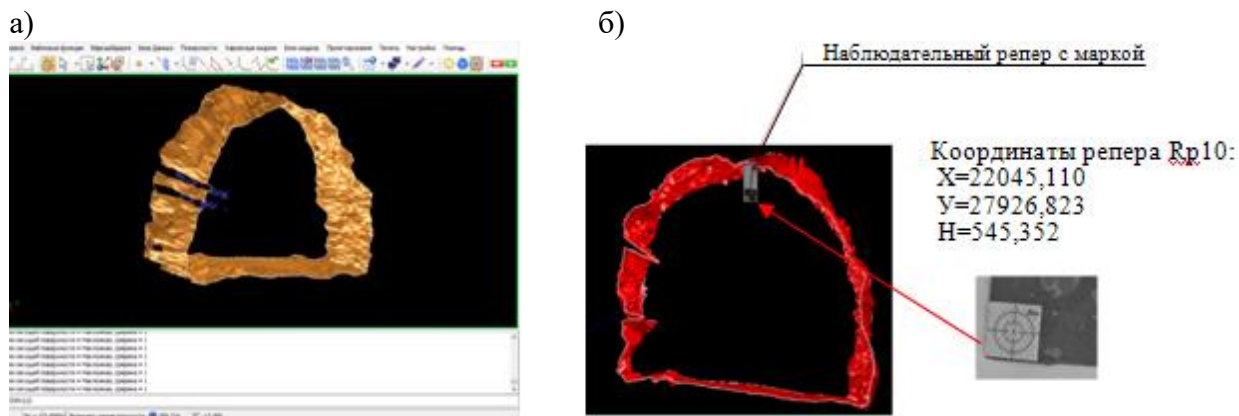


Рисунок 3.4 – Виды проекции 3D модели
а – поворот сечения штрека; *б* – сечение с координатами наблюдательной марки

Кроме построения сечений и обмеров выполнялась оценка состояния горных выработок путем фотографирования в соответствии с рисунком 3.5. Основными видами деформаций горных пород в подготовительных выработках являются: обрушение, выпадание, выдавливание, куполение и пучение пород кровли [4].

Опыт работы в глубоких горизонтах рудников показывает, что одной из проблем, требующей решения, является проблема обеспечения устойчивости горных выработок. Для оценки параметров деформационных процессов в горных выработках, закрепленных анкерной крепью нами произведен анализ исходной горно-геологической и горнотехнической информации о горных выработках. В дальнейшем, с целью установления закономерностей деформирования приконтурного массива вблизи выработок закрепленных анкерной крепью, на руднике будут продолжены маркшейдерские наблюдения инновационными методами съемки.



Рисунок 3.5 – Репера со светящимися марками (*а, б*), *в* - состояние потолочины 4-орта рудника ТОО «Nova –Цинк»

Основными видами деформаций горных пород в подготовительных выработках являются: обрушение, высыпание, выдавливание, куполение и пучение пород кровли.

Главные преимущества системы CMS MINEi (GeoSight) по сравнению с традиционными методами – это точность, качество съёмки, производительность, значительное сокращение времени, затрачиваемое на проведение измерений. Оперативность получения первых результатов измерений непосредственно в поле, даёт возможность исправлять недоделанные области выработки. 100% покрытие подземных полостей методом лазерного сканирования, позволяет сделать более точный и глубокий экономический анализ проектируемого подземного объекта. Это даёт значительную экономию в материалах, времени, людских и материальных ресурсах.

На основе выполненных исследований:

- проведен первый этап геомеханического мониторинга за состоянием массива горных пород (закладка подземной станции) путем использования инновационных методов (электронная тахеометрия и лазерно-сканирующая технология) съёмки с получением 3D моделей объектов.

- обоснованы геомеханические особенности формирования нагрузок на крепь, коэффициент запаса прочности, дифференцированный подход к выбору способа крепления горизонтальных горных выработок различного технологического назначения, что позволило рекомендовать высокоподатливые крепи, формирующие конструкцию «крепь-забутовка-вмещающие породы».

3.1.1 Съёмка подземных пустот

Наземное лазерное сканирование – на сегодняшний день самый оперативный и производительный способ получения точной и наиболее полной информации о пространственном объекте. Для съёмки пустот на руднике «Молодежный» использовалась портативный лазерный 3D сканер с 6DOF производства Leica Geosystems в соответствии с рисунком 1.3, в. Leica BLK2Go – это портативный беспроводной 3D-сканер с компактными габаритами, предназначенный для сканирования окружающего пространства в режиме реального времени с шестью степенями [13].

Сканирование проводилось на руднике Молодежный. Измерение проводится с очень высокой скоростью, 1000 измерений в секунду и более, в зависимости от моделей. При проведении съёмки специалист может перемещаться по объекту без остановок, для качественного результата не требуется стационарная установка или перерывы. Скорость работы Leica BLK2GO - 420000 точек в секунду.

Результаты съёмки обработаны в Micromine, выводим скан в разрез и получаем четкое сканирование горных выработок в соответствии с рисунком

3.6. На рисунке хорошо видны уклоны/ подъемы, целики, почва, т.е. маркшейдер может четко наблюдать за состоянием горных выработок.

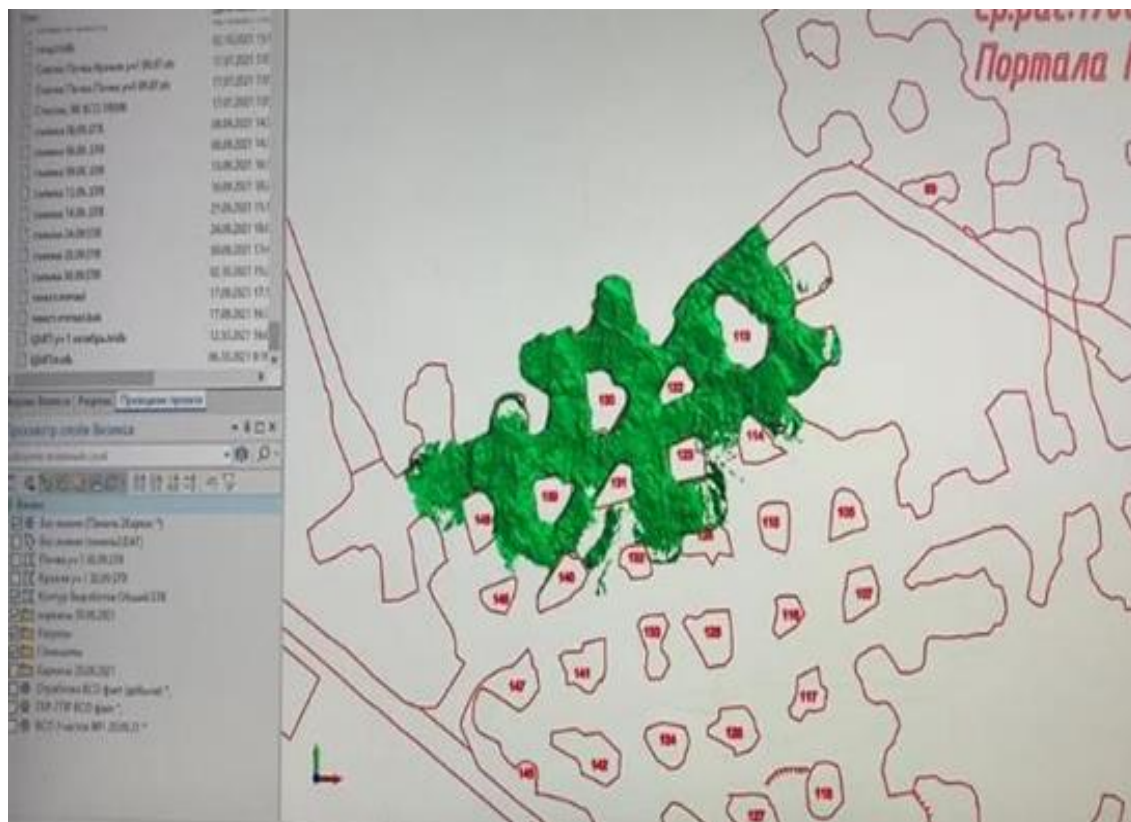


Рисунок 3.6 – Результаты сканирования рудника «Молодежный»

Также существует опыт работы сканером LiDAR Emesent Hovermap ST на ш. «10-летия НК». Диапазон датчика LiDAR Hovermap ST в 300 м (984 фута) позволяет летать выше и быстрее, чтобы расширить покрытие трансекты и обеспечить более быстрый сбор данных на больших территориях. Для покрытия территории требуется меньше полетов, что сокращает время, потерянное во время настройки, упаковки и перемещения, а также объединения сканирований. Hovermap ST передает облако точек в режиме реального времени на ваш планшет управления, позволяя просматривать полученные данные в режиме реального времени. Приставка Emesent Long Range Radio (опционально) обеспечивает потоковую передачу и управление устройством в 20 раз дальше, позволяя просматривать данные в режиме реального времени и устанавливать интеллектуальные путевые точки для управляемого исследования с еще больших расстояний. Пыле- и брызгозащищенный, устойчивый к погодным условиям Hovermap ST подходит для использования в пыльных или других неблагоприятных условиях и местах. Для мобильного картографирования на основе SLAM механизм быстрого отсоединения Hovermap ST позволяет легко переходить от дрона к ручному сканированию или креплению на рюкзаке, транспортном

средстве или защитной клетке для сканирования. Hovermap использует новейшую технологию зондирования LiDAR, чтобы обеспечить облака точек высокой плотности с исключительным покрытием. Обладая диапазоном зондирования до 300 метров и более миллиона точек в секунду, Hovermap быстро собирает подробные, точные данные по большой площади, ускоряя время получения информации. Оперативное получение данных даёт возможность вовремя и точно определять геометрические параметры складов с наименьшими рисками. Высокая детализация склада позволяет получать точные данные, на основе которых в программах можно быстро построить каркас и создать цифровую модель для расчёта объёма. Координатная привязка происходит по известным координатам точек (тахеометрическим), которые фиксируются в процессе сканирования.

Благодаря вращению сканирующей головке под углом к горизонтали, LiDAR Emesent Hovermap ST обладает круговой диаграммой направленности лазерного излучения и также хорошо подходит для оцифровки замкнутых объемов пещер/шахт и производственных помещений. В таких условиях точность сканирования будет еще выше, позволяя создавать 3D-модели с погрешностью не более 5-10 мм, подходящих, например, для точной оценки проведенного объема работ при прокладке туннелей или выработке породы в рудниках.

Данный сканер даёт огромное преимущество при съёмке не только на поверхности но и в подземных выработках для изучения вывалов, пустот, вертикальных выработок где невозможно находиться в связи с опасностью либо нет доступа человеку.

Режимы автономности, разработанные с учетом ваших потребностей, с помощью пилота, позволяющими избегать столкновений во всех направлениях или исследовать пространство за пределами прямой видимости.

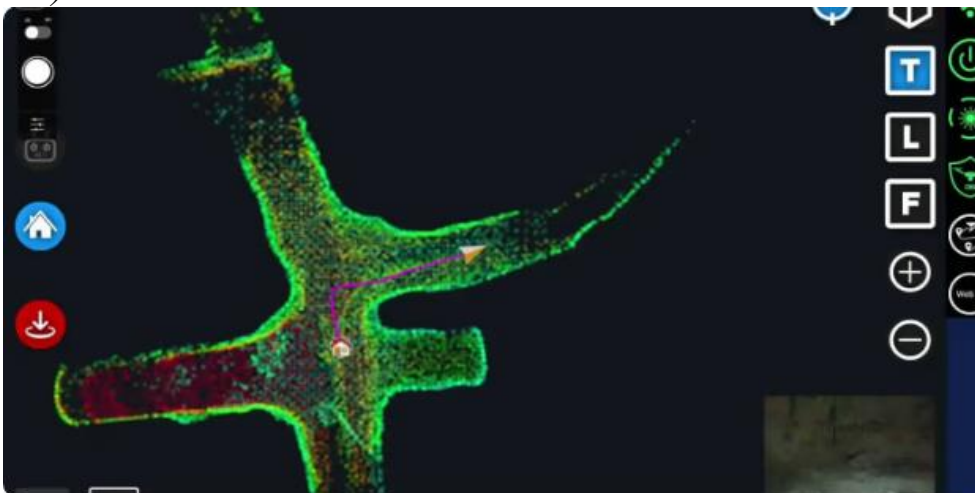
Emesent Commander делает картографирование, помощь пилоту и автономное планирование, и управление миссией легкими. Разработанное с удобными подсказками рабочего процесса и встроенными отказоустойчивыми функциями, приложение Commander обеспечивает вам отзывчивое управление, простоту навигации и доступ к ведущим на рынке автономным возможностям Emesent через интерфейс с сенсорным экраном.

Данный сканер применялся для съёмки подземных выработок месторождения «Миллионное» и «Алмаз-Жемчужина». На данном отчете в соответствии с рисунком 3.8, а и б, представлен результат сканирования РС-0, на гор плюс 40м. После обработки данных, были выявлены отклонения по РС – 0, т.е. устья РС – 0 до участка дефекта с ориентировочной длиной 6,97м смещения обсадного кольца. Образование пустоты на левой и правой стороны рудоспуска с размером высоты – 5,71м; ширина – 1,52м. Данный сканер в частности применяется для съёмки рудоспусков для выявления отклонения проходки и их обсадки, для получения полной информации о пространственном объекте и выявление пустот.

а)



б)



в)

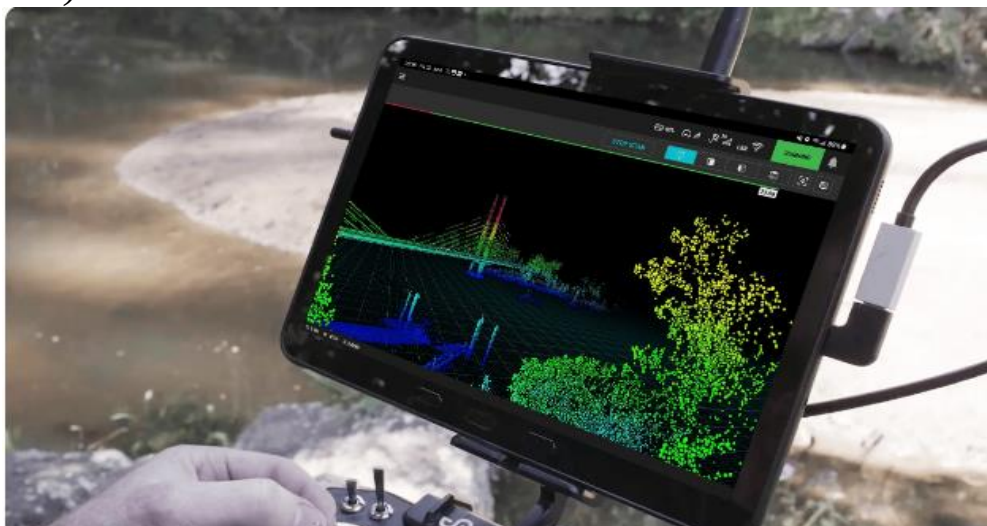


Рисунок 3.7 – Преимущества лазерного сканера LiDAR Emesent Hovermap ST: а) надежная автономная способность, б) прямая трансляция облаков точек, в) автоматизированное управление

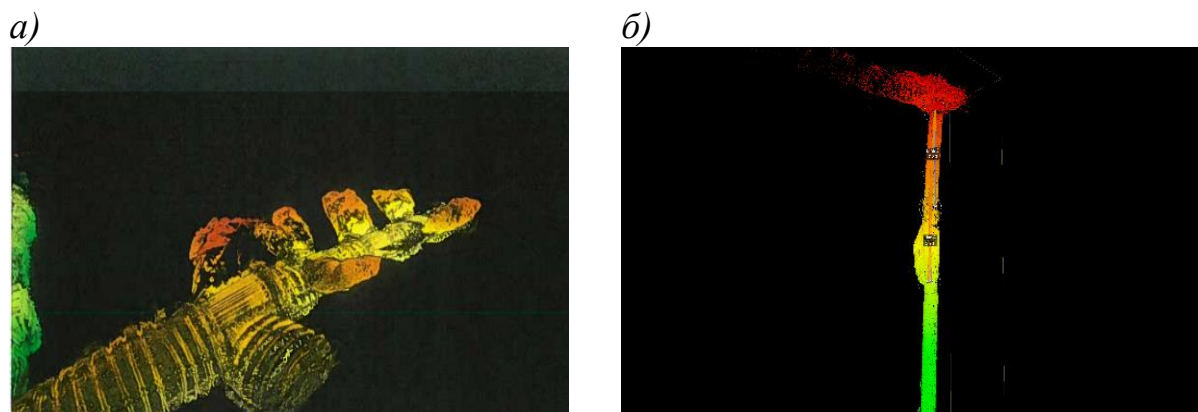


Рисунок 3.8 – результаты сканирования объектов в 3D

Также данным сканером производилась оценка состояния горизонтальных горных выработок на наличие соответствия проходимости при транспортировке бурового оборудования до места бурения на горизонте -160м/-210м ш. «10-летия НК». Произвели анализ состояние горных выработок т.е. анализ отклонения фактического сечения горных выработок от проектного.

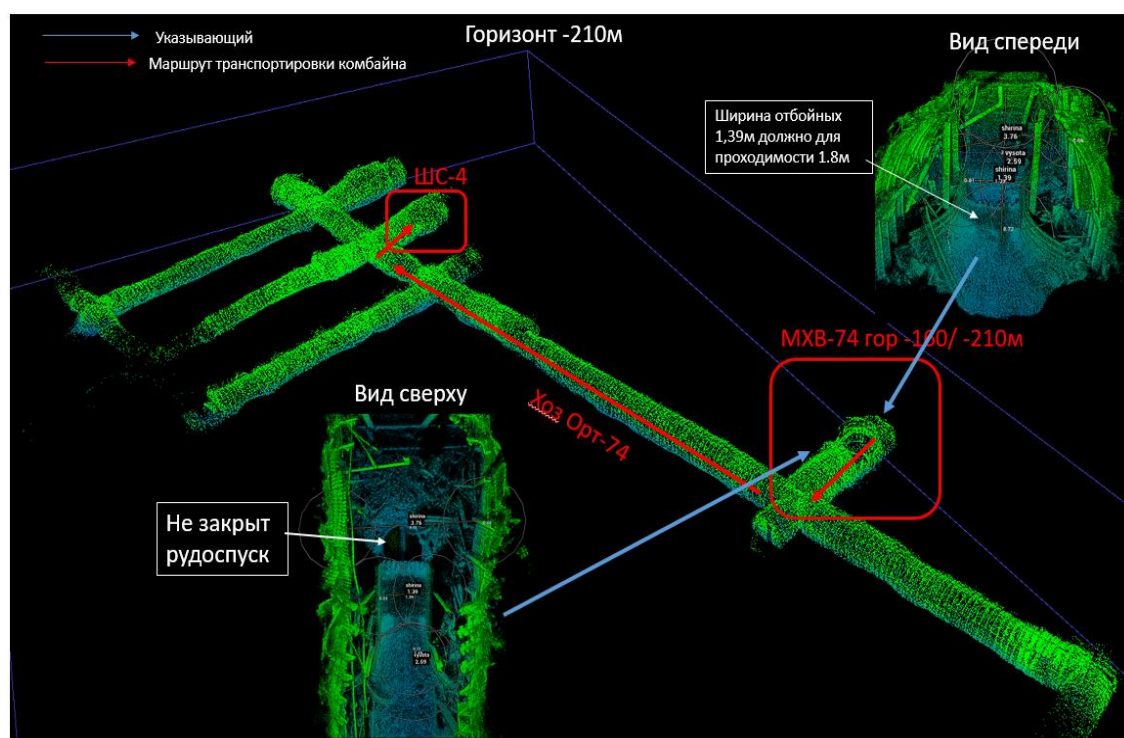


Рисунок 3.9 – 3D модель горных выработок на гор-160м./-210м.

Данная работа позволило сократить время производство съемок и обработки данных, т.е. позволило увеличить производительность на 70-80%. Если бы данная работа производилась бы вручную т.е. с применением

рулетки, то на эту работу ушло бы около недели, что является основным преимуществом лазерного сканирования [3].

3.2 Добыча и складирование хромовых руд шахты «10-летия НК»

Шахта имени «10-летия Независимости Казахстана» на данный момент является самым большим развивающимся предприятием по сравнению с Рудником Донской и шахты «Молодёжная». Последние два предприятия ведут работы на затухание производства, тем временем шахта «10-летия независимости Казахстана» с мощностью в 6000 тыс.т, в т.ч. 1-ая очередь - 3000 тыс.т (ожидаемый факт за 2025г.- 4194.5 тыс.т, освоение –119% по 1-ой очереди, 15% по 2-ой очереди). Шахта «Молодежная» с мощностью в 2500 тыс.т, в т.ч. мощность по отработке подкарьерных запасов 500 тыс.т (ожидаемый факт за 2025г. – 1730.1 тыс.т, освоение – 55% в связи с уменьшение запасов руды по шахте). Рудник «Донской» с открытой добычей в составе карьера «Южный» (на мощность 400 т.т. сырой руды в год), введенного в эксплуатацию в 4 кв.2021г. В 2025 году ожидаемая добыча по открытым горным работам 18 тыс.т. Подземная добыча подкарьерных запасов (м-ие «Геофизическое VII", месторождении Месторождение №39, мощность 500 т.т. сырой руды в год), ожидаемый факт за 2025г.- 496 тыс.т.

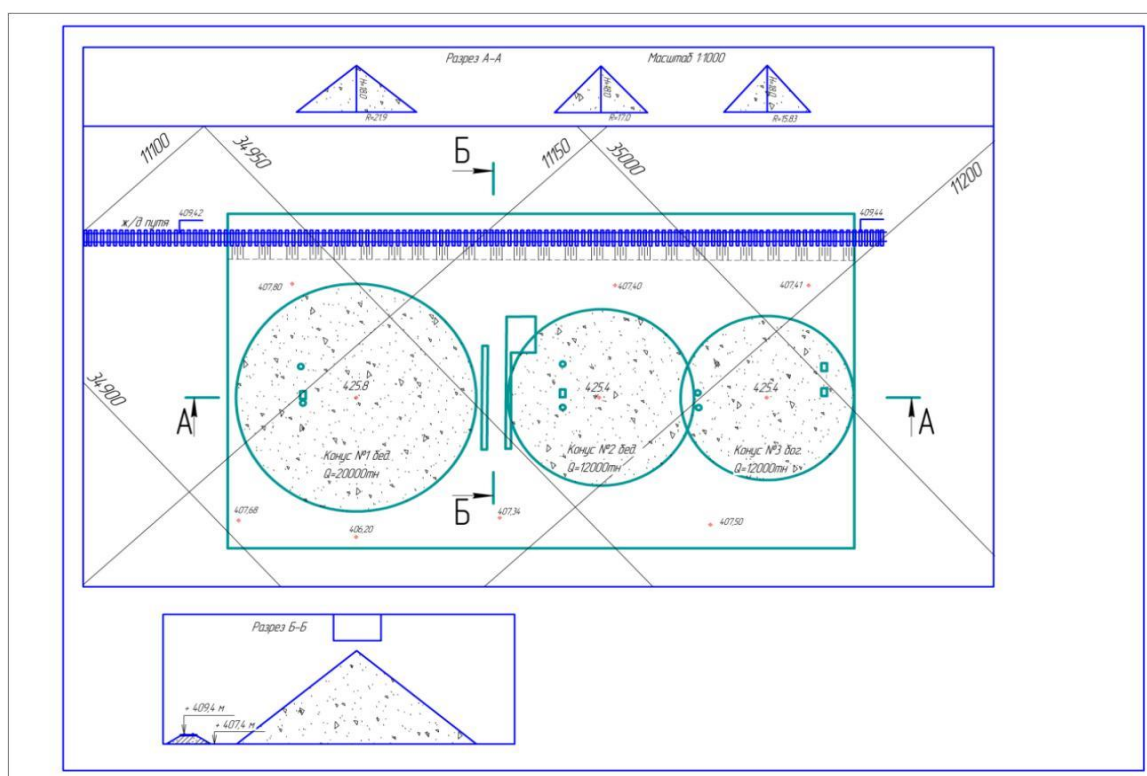


Рисунок 3.10 – Графическая часть паспорта рудного склада

По итогу 2025 года добыча руды по ДГОКу составляет 6435 тыс.т.

В настоящее время на ш. «10-летия НК» существует 8 рудных складов. Из них два в карьере, один закрытый склад и остальные на поверхности. Для каждого рудного склада разрабатывается паспорт с топографическими данными. Внизу приведён пример паспорта закрытого склада, разделённый на богатую и бедную часть, называемыми конус [6].

Маркшейдерская служба производит замеры 2 раза в месяц. Рабочие разбиваются на три группы по месторождениям. После обработки съёмки заполняется форма и идёт сравнение с оперативными данными диспетчеров. Оперативные данные берутся от весов, установленных непосредственно перед штольной в подкарьерных запасах. Объёмный вес руды, а также влажность берутся с отдела товарного контроля, после отгрузки на фабрики дробления и обогащения где делается анализ на состав добытой руды. В случае больших расхождений делается анализ и корректировки в программу. Степень допустимых погрешности прописан в нормативном документе и зависит от общего объёма [9]. В нашем случае до 20 тыс. тонн руды в одном складе разделённый на богатую и бедную часть допускается 5 % расхождений.

Таблица 3.1 – Степень допустимых погрешностей на складах

	Объем склада, тыс. м ³			
	<20	20-50	50-200	>200
Допустимая относительная погрешность, %	5	4	3	2
Допустимая разность двух независимых определений объема, %	7	6	4	3

В случае превышения допустимой разности между контрольными и отчётными данными, привлекаются специалисты от управляющей компаний для выяснения причин отклонения, и недопущения в будущем подобных случаев. Ниже представлен форма для заполнения маркшейдерской съёмки для сравнения с оперативными данными.

3.2.1 Съёмка рудных складов

Для разных задач маркшейдерский отдел шахты “10-летия НК” имеет в наличии тахеометры компаний Leica TS-07, Leica TS-09, Leica TS-10, GPS приемники Trimble R-10, лазерный сканер Emesent Hovermap ST. В качестве ГГИС применяется ПО Micromine, Aura. Рудные склады в карьере, а также на поверхности измеряют GPS приемниками, а закрытый склад где есть помехи

сигнала используют тахеометр с без отражательного режима и лазерный сканер.

Привязка происходит по опорным точкам. После измерения, данные импортируются в ПО Micromine в виде измеренных точек. На основе точек строится каркас и идет наложение на каркас почвы. Через функцию объединение каркасов высчитывается объем руды. У каждого прибора есть свои преимущества и недостатки перед другими. В данном случае GPS преемник зависим от сигнала базы и спутника, а также рабочему приходится ходить по всем контурам рудного склада для максимального качества съёмки. Это в свою очередь подразумевает ходьбу по рудному складу, где в местах может быть скользкими и неустойчивыми при подъёме и спуске на высотные точки.

Но использование в данной работе лазерного сканера LiDAR Emesent Novemtar ST позволила мгновенно получить трехмерную визуализацию, высокую детализацию склада, получать точные данные, на основе которых в программах можно быстро построить каркас и создать цифровую модель для расчёта объёма. Координатная привязка происходит по известным координатам точек (тахеометрическим), которые фиксируются в процессе сканирования. Облако точек загружается в ПО предприятия с целью дальнейшей обработки облака точек таких как, AURA, к примеру, на съёмку и привязку склада к местной системе координат протяжённостью 150 метров уходит около 15 минут. На обработку и получение объёмов менее 1 часа.

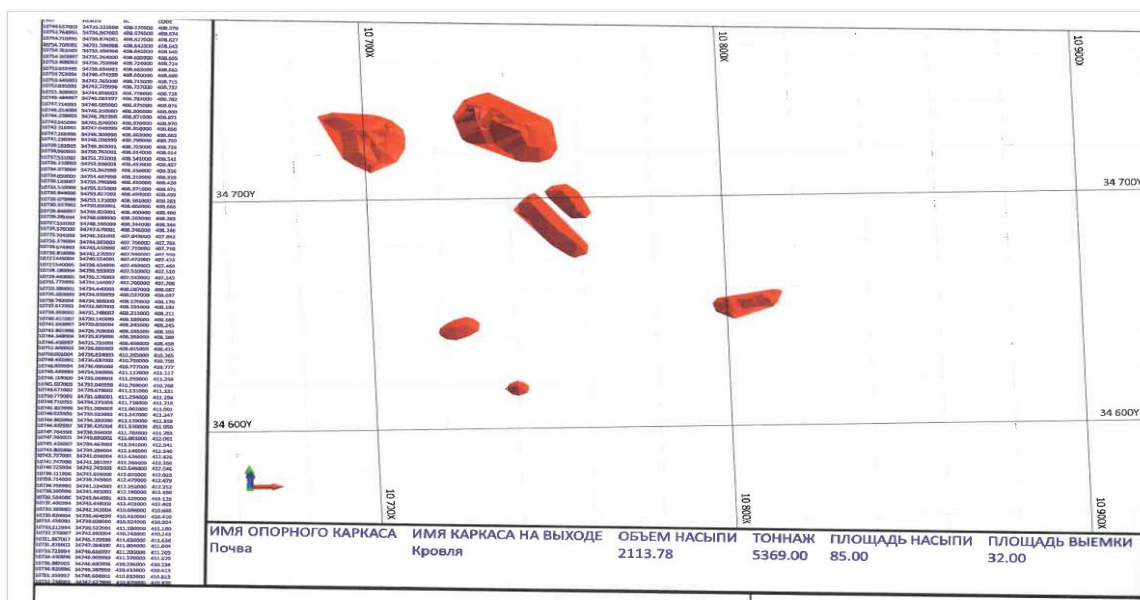


Рисунок 3.11 – Результаты съёмки GPS приемника «Trimble-10» на рудном складе «Гошкалев» в ПО Майкромайн

Все это позволит точно в краткие сроки рассчитать объём и получить информацию в виде планов, цифровых моделей рельефа, картограммы работ.

Ещё одно немаловажное преимущество лазерных сканеров заключается в возможности установки сканера в дрон и синхронизироваться с его ПО для предотвращения столкновения с препятствиями на основе съёмки со сканера. А также с помощью специального крепления на транспорт можно измерить склад ещё быстрее. Ниже приведён пример съёмки с помощью лазерного сканера в соответствии с рисунком 3.12.

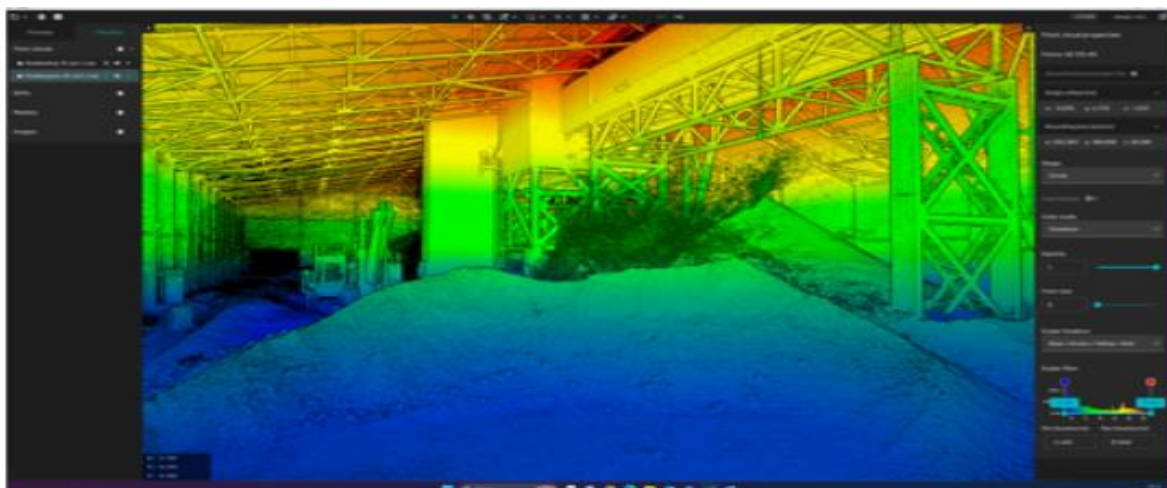


Рисунок 3.12 – 3D модель крытого рудного склада ш. «10-летия НК»

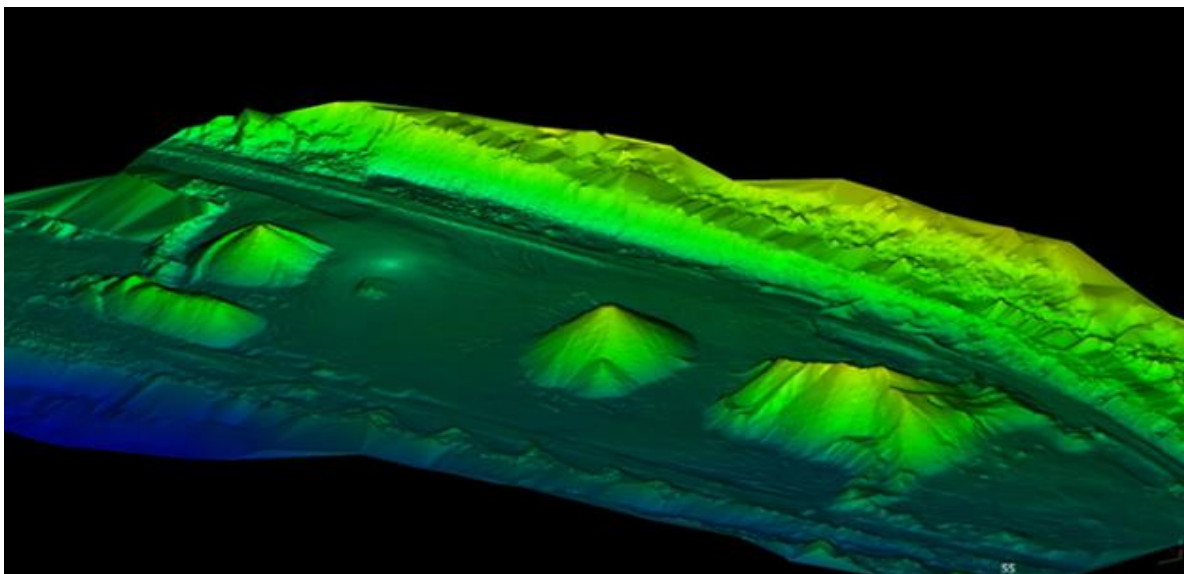


Рисунок 3.13 – Каркас, созданный из облака точек в ПО ГГИС

3.2 Эффективность инноваций в горном деле

Сейчас, когда компании конкурируют друг с другом, чтобы расти и зарабатывать больше, им просто необходимо постоянно внедрять что-то новое. Это значит, что нужно искать свежие, более удобные и эффективные

способы работы и управления. Правительство Казахстана это понимает, поэтому до 2015 года действовала специальная стратегия, которая помогала компаниям развиваться и внедрять инновации.

Горнодобывающая промышленность очень важна для Казахстана, у неё уже есть много необходимого для работы. Все изменения, которые происходят в этой сфере, влияют и на управление, и на то, какое оборудование используется. Эти изменения помогают решать многие задачи в добыче полезных ископаемых. Любое новое внедрение на предприятии, которое приносит изменения, мы называем инновацией. Учёные сегодня активно изучают, как новые идеи превращаются в реальные улучшения на предприятиях.

Многие фирмы создают специальные отделы, которые занимаются поиском и внедрением современных технологий. Например, в горной промышленности это может быть:

- Изучение и разработка новых проектов.
- Создание новых методов добычи.
- Покупка и использование современной техники.
- Обучение сотрудников работе с новыми технологиями.
- Приобретение нового оборудования.

Есть несколько важных моментов внутри самих компаний, которые влияют на успех инноваций:

- Наличие учёных и инженеров: Чтобы заниматься научными исследованиями и разработками, нужны специалисты. Но такие отделы могут себе позволить только крупные компании с хорошими кадрами и ресурсами.

- Глубина переработки сырья: Чем больше компания превращает добытое сырьё (например, руду) в готовый продукт (например, металл), тем больше она зарабатывает.

- Время производства и непрерывность: Если можно ускорить работу и сделать её бесперебойной (например, с помощью нового оборудования или автоматизации), это очень хорошо.

- Затраты на энергию и оборудование: При разработке месторождений нужно стараться тратить меньше энергии и использовать больше автоматизированных машин, чтобы повысить производительность при меньших трудозатратах.

- Современность технологий: Производство должно быть на уровне мировых достижений – использовать новейшую технику, научные разработки и патенты.

Каждую новую идею, которая внедряется на предприятии, тщательно изучают и оценивают на всех этапах, чтобы понять, принесёт ли она пользу и экономическую выгоду. В горном деле новые идеи оценивают по таким важным показателям, как:

- Повышение производительности труда.

- Снижение стоимости производства.
- Улучшение условий для работников.
- Уменьшение вреда для окружающей среды.
- Рост доходов и прибыли.

Сегодня компании соревнуются не только по качеству, но и по тому, насколько дёшево они могут производить товар и сколько прибыли он приносит. Поэтому очень важно заранее просчитывать, будет ли инновация эффективной.

В Казахстане основные направления для инноваций прописаны в Стратегии индустриально-инновационного развития. Она направлена на развитие новых и существующих производств. Иногда бывает, что вкладывать деньги в науку и внедрение её результатов невыгодно для инвесторов. Это происходит из-за нехватки денег, высокой инфляции, роста цен и других причин.

Мы считаем, что внедрение новых разработок может давать три вида выгоды:

1. Прямая экономическая выгода: Например, меньше денег тратится на измерения и обработку информации при разработке месторождений.

2. Косвенная экономическая выгода (социальная): Улучшение безопасности и условий труда, повышение комфорта на рабочем месте благодаря автоматизации и предотвращению аварий.

3. Выгода для всей страны: Результаты научных исследований влияют на то, как хорошо разрабатываются проекты, как управляется добыча и используется сырьё. Учесть это влияние на всех этапах очень сложно, и такой методики пока нет.

Поэтому пока экономическая выгода часто считается только на основе начальных затрат (например, покупка нового оборудования, зарплата и амортизация, то есть себестоимость продукции).

Сейчас результаты таких исследований помогают создавать базы данных по нефтяным месторождениям в Казахстане, а также системы для прогнозирования опасных ситуаций. Использование этих данных при планировании новых проектов помогает принимать более правильные решения и делает информацию надёжнее.

В итоге, эффективность инноваций в горном деле – это компас, который помогает компаниям понять, движутся ли они в правильном направлении, инвестируя в новые идеи и технологии. Если инновация эффективна, значит, она делает производство лучше, прибыльнее и безопаснее.

Вывод по третьему разделу

Инновационные подходы к геомеханическому мониторингу помогают предотвращать промышленные катастрофы на горнодобывающих объектах. Внедряя системы, контролирующие устойчивость призабойных массивов и подземных горных выработок, горнодобывающие компании могут:

- повысить эффективность как открытых, так и подземных горных работ.
- обеспечить более безопасные условия труда для сотрудников.
- поддерживать бесперебойную работу.

Эти инновации преобразуют маркшейдерское дело из дисциплины, ориентированной исключительно на измерения, в высокотехнологичную область управления информацией. Они не просто улучшают существующие процессы, они создают совершенно новый способ:

- собирать пространственные данные
- обработка пространственных данных
- анализ пространственных данных
- предоставлять пространственные данные

Это имеет решающее значение для повышения эффективности, безопасности и конкурентоспособности промышленных предприятий в современной цифровой экономике.

Современные технологии позволяют нам собирать огромные объемы пространственной информации за очень короткое время. Например, НЛС генерирует плотные облака точек (сотни тысяч или даже миллионы точек). Это означает, что мы можем быстро фиксировать текущее состояние горной выработки, тогда как ручные измерения заняли бы гораздо больше времени и усилий для сбора значительно меньшего количества данных. Такая скорость жизненно важна для:

- мониторинг хода раскопок в режиме реального времени.
- оценка объема взорванной породы.
- отслеживание деформаций.

Благодаря плотному сканированию и высокоточному позиционированию эти инновационные методы позволяют создавать невероятно подробные и точные 3D-цифровые модели подземных выработок. Эти модели точно показывают:

- фактическое сечение выработок
- форму камер
- наличие обнаженной руды и окружающей породы
- любые деформации

Такого уровня детализации невозможно было бы достичь традиционными методами без значительных временных и ресурсных затрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение, инновационные методы и технологии являются неотъемлемой частью современного маркшейдерского дела, обеспечивая его развитие в направлении большей эффективности, точности, безопасности и интеграции с другими производственными процессами. Их внедрение – это не просто техническое обновление, а стратегическое направление, определяющее конкурентоспособность предприятий в условиях цифровой экономики.

Один из важнейших выводов – это значительное снижение рисков для персонала. Маркшейдерам больше не нужно находиться в опасных зонах для выполнения измерений. Все работы выполняются дистанционно, что минимизирует вероятность несчастных случаев.

В диссертационной работе рассмотрено использование лазерных сканеров на исследуемом объекте, таких как, сканеры LiDAR Emesent Hovermap ST, Faro Focus 3D, CMS MINEi (GeoSight, Канада). На данный момент на производстве используют лазерный сканер LiDAR Emesent Hovermap ST, который определяет пустоты, и в целом состояние горных выработок и производят съемки рудных складов ш. «10-летия НК». Технологии лазерного сканирования позволяет получать трёхмерную модель объекта. Мгновенная трёхмерная визуализация, высокая точность и степень детализации, высокая производительность труда, получение результата при любых условиях освещения, обеспечение безопасности при съёмке труднодоступных объектов вот главные из многочисленных преимуществ метода перед тахеометрической съемкой и другими наземными видами съёмки.

К шахтному полю шахты «10-летия независимости Казахстана» первой и второй очереди отработки, относятся месторождения «Миллионное», «Алмаз-Жемчужина», «№ 21», «Первомайское», «Западная залежь».

Изучены гидрогеологические, геологические характеристики, вскрытие месторождения, система разработки, использование инновационных методов при маркшейдерских задачах.

Рассмотрела информацию о рудных складах и о том, как в данное время проводят съемку (замер) рудного склада, описаны преимущества работы с лазерным сканером, и обработка их в ГГИС.

Считаю, что несмотря на значительные первоначальные инвестиции в приобретение инновационного оборудования и программного обеспечения, в долгосрочной перспективе эти вложения оправдываются за счет повышения производительности труда, сокращения операционных расходов, минимизации ошибок, а также за счет более точного планирования и управления производством, что в конечном итоге ведет к увеличению прибыли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Нурпеисова М.Б., Рысбеков К.Б., Кыргызбаева Г.М. «Инновационные методы ведения комплексного мониторинга на геодинамических полигонах» – Алматы: КазННТУ, 2015г. –266 с.2
- 2 Нурпеисова М.Б., Рысбеков К.Б. «Основы лазерного сканирования» (учебник) - Алматы: КазННТУ, 2021г. – 248
- 3 Нурпеисова М.Б., Солтабаева С.Т., Кожаев Ж.Т. «Инновационные методы съемки подземных полостей» //Горный журнал Казахстана, №8. – с.25-30
- 4 Нурпеисова М.Б., Кыргызбаева Д.М. «Лазерная съемка трещиноватости горных пород и создание 3D моделей» // Сб. Научн. Статей межд. НПК «Проблемы и пути инновационного развития ГМК», -Ташкент, 2014г. С. -55-60
- 5 Наземное лазерное сканирование: монография / В.А. Середович, А.В.
- 6 Комиссаров, Д.В. Комиссаров, Т.А. Широкова «Трехмерное наземное лазерное сканирование в решении задач геоинформационного обеспечения инфраструктуры горнодобывающих предприятиях» - Новосибирск: СГГА, 2009
- 7 Проект промышленной разработки месторождений хромовых руд. - Хромтау, 2016. –С.116
- 8 Производственно-технологическая структура обогатительного производства Донского ГОКа.- Хромтау, 2016. – С.22
- 9 Отчет договора 16-11/4/5/2863 от 04.11.2016г. по теме №4 «Научное обоснование допустимых корректировок контрольно-измерительных приборов и маркшейдерских замеров на ДГОКе» (Нурпеисова М.Б., Сержанова Н.Х., Кыргызбаева Г.М., Бек А.А.- Алматы: КазННТУ, 2017.-108 с.
- 10 Широкова Т.А. Перспективы развития и внедрения трехмерных ГИС/Т.А. Широкова, Д.В. Комиссаров // ГЕО-СИБИРЬ-2006. - Новосибирск: СГГА, 2006 г.
- 11 Ворошилов, А. П. Спутниковые системы и электронные тахеометры в обеспечении строительных работ: Учебное пособие. /Ворошилов А. П. – Челябинск: АКСВЕЛЛ, 2007. – 163 с.
- 12 Середович В.А., Комиссаров А.В. Наземное лазерное сканирование: Монография / – Новосибирск: СГГА, 2009. – С.261
- 13 Овчаренко А.В. Сканирование подземных пустот и полостей 3D сканированием «Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей» ГИ УрО РАН, ПГНИУ, Пермь, 2015. –С. 161-163
- 14 Паспорт лазерного сканера FARO® Laser Scanner Focus3D, 2014
- 15 Описание программного обеспечения Trimble RealWorks, 2015.
- 16 Нурпеисова М.Б., Сердалина Г.С., Бородина И.М., Калабаев Ф.А. Инновационные методы маркшейдерских съемок при освоении хромитовых месторождений// Маркшейдерия и недропользование. -2024.- №2. С. 20-24.

Приложение А

ISSN 2079–3332



№2(130)

март-апрель 2024 г.



Учредитель журнала
Общество с ограниченной
ответственностью
«Издательский дом
«Недропользование и горные науки»

Редакционный совет

Г. И. Айнбиндер – ООО «АГЭЦ», Москва
И. И. Айнбиндер – ИПКОН РАН, Москва
А. А. Барях – ПФИЦ УрО РАН, Пермь
В. М. Вернигор – АО «Технологии контроля безопасности», Москва
В. И. Голик – ФГБОУ ВО «СКГМИ (ГТУ)», Владикавказ
В. А. Гордеев – ООО «Союз маркшейдеров России», Москва
В. В. Грицков – ООО «Союз маркшейдеров России», Москва
В. А. Дрибан – РАНИМИ, Донецк
А. А. Добрынин – ИПКОН РАН, Москва
В. Н. Захаров – ИПКОН РАН, Москва
В. А. Игнаткина – НИТУ «МИСиС», Москва
Г. В. Калабин – ИПКОН РАН, Москва
Д. Р. Каплунов – ИПКОН РАН, Москва
Н. М. Качурин – ТулГУ, Тула
Р. В. Ключев – СКГМИ (ГТУ), Владикавказ
С. Б. Кулибаба – ИПКОН РАН, Москва
В. В. Куликов – МГРИ, Москва
Л. Ш. Махмудова – ФГБОУ ВО «ГТНТУ им. акад. М.Д. Миллион-
щикова», Грозный
Н. В. Милетенко – Минприроды РФ, Москва
М. Б. Носырев – Екатеринбург
В. Н. Одиенцев – ИПКОН РАН, Москва
В. Д. Пропп – ФГБОУ ВО «УГТУ», Екатеринбург
И. А. Пыталева – МГТУ им. Г.И. Носова, Магнитогорск
Х. Э. Таймасханов – ФГБОУ ВО «ГТНТУ им. акад. М.Д. Миллион-
щикова», Грозный
К. Н. Трубенкой – ИПКОН РАН, Москва
М. А. Тилленев – КузГТУ, Кемерово
А. А. Хорешок – КузГТУ, Кемерово
В. А. Чангурия – ИПКОН РАН, Москва

Издатель:

ООО «Издательский дом «Недропользование и горные науки»
Адрес редакции и издателя:
117647, ул. Академика Катицы, д. 26, 1.
Тел.: +7(915) 111 0386
E-mail: office@n-gn.ru, articles@n-gn.ru
http://www.n-gn.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере
массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-83630 от 26.07.2022 г.

По решению ВАК журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий, в которых могут быть опубликованы
основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени
кандидата и доктора наук по разработке месторождений
полезных ископаемых и по наукам о Земле

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИННИТИ
и в Российский индекс научного цитирования.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной
справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям
«Ulrich's Periodicals Directory»

© Маркшейдерия и недропользование

Научно-технический и производственный журнал

Scientific, Technological and Production Journal



В ЭТОМ НОМЕРЕ:

90 ЛЕТ КАФЕДРЕ «МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА И ГЕОДЕЗИИ» КазНИТУ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

Журнал издается с 2001 года

Редакция:

Главный редактор
Ю. В. Дмитриак
Заместитель главного редактора
В. Н. Хетагуров
Ведущий редактор
Н. А. Федотенко
Ученый секретарь
Н. А. Милетенко
Верстка и дизайн
Н. Р. Аджиевич
Помощник главного редактора
Б. Н. Пашечев

Подписной индекс издания
в каталоге «Урал-Пресс»,
в объединенном каталоге АРЗН
«Пресса России» – 88016

В течение года можно произвести
подписку на журнал непосредственно в редакции

За точность приведенных сведений
и содержание данных, не подлежащих открытой публикации,
несут ответственность авторы

При перепечатке ссылка на журнал
«Маркшейдерия и недропользование» обязательна

Журнал отпечатан в типографии
«CLUB PRINT»
тел.: +7(495) 669 5009

ISSN 2079-3332



24 0 0 2



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

90 лет кафедре «Маркшейдерского дела и геодезии»
КазНУТУ имени К. И. Сатпаева

90 years of the Department of Mine Surveying and Geodesy of
KazNRTU named after K. I. Satpayev

<i>М. М. Бегентаев</i> Семь великих свершений Сатпаева <i>M. M. Begentayev</i> Seven great things Satpayev	4
<i>М. Б. Нурпеисова</i> Во всех сферах деятельности кафедры – космическая точность <i>M. B. Nurpeisova</i> In all fields of activity of the department – cosmic precision	7
<i>К. Б. Рысбеков, С. Б. Касенова, К. Б. Аuesхан, А. Б. Тойшы</i> Составление карты динамики растительного покрова по данным дистанционного зондирования Земли <i>K. B. Rysbekov, S. B. Kasenova, K. B. Aueskhan, A. B. Toishy</i> Drawing up a map of vegetation dynamics based on Earth remote sensing data	10
<i>Т. Б. Нурпеисова, А. Е. Орманбекова, Т. С. Сагит, М. Е. Бертис</i> Обработка результатов GPS-мониторинга при интенсивных движениях земной коры в сейсмоактивных регионах Казахстана <i>T. B. Nurpeisova, A. E. Ormanbekova, T. S. Sagit, M. E. Bertis</i> Processing of GPS-monitoring results during intensive movements of the earth's crust in seismically active regions of Kazakhstan	14
<i>М. Б. Нурпеисова, Г. С. Сердалина, И. М. Бородин, Ф. А. Калабаев</i> Инновационные методы маркшейдерских съемок при освоении хромитовых месторождений <i>M. B. Nurpeisova, G. S. Sirdalina, I. M. Borodina, F. A. Kalabaev</i> Innovative methods of surveying surveys during the development of chromite deposits	20
<i>Г. М. Кыргызбаева, М. Д. Исагазы, Д. М. Кыргызбаева,</i> <i>А. Ж. Санатова</i> Исследование физико-механических свойств горного массива при освоении недр <i>G. M. Kirgizbayeva, M. D. Isagazy, D. M. Kirgizbayeva,</i> <i>A. Zh. Sanatova</i> Investigation of the physical and mechanical properties of the mountain massif during the development of the subsoil	29
<i>М. Б. Нурпеисова, Ж. М. Нукарбекова, Н. Д. Торехан,</i> <i>Б. А. Елеусинова</i> Совершенствование геодезических методов мониторинга земной поверхности при освоении недр <i>M. B. Nurpeisova, Zh. M. Nukarbekova, N. D. Torekhan,</i> <i>B. A. Eleusinova</i> Improvement of geodesic methods monitoring the earth's surface during subsoil development	35

<i>С. Т. Салтабаева, А. М. Абдыбек, Н. Б. Ахмет, А. Н. Амангелди</i> Мониторинг подземных рельсовых путей Алматинского метрополитена <i>S. T. Saltabaeva, A. M. Abdybek, N. B. Akhmet, A. N. Amangeldi</i> Monitoring of underground rail tracks of the Almaty metro	40
<i>А. Т. Салкынов</i> Знание, опыт, ответственность за порученное дело – залог успеха работы компании <i>A. T. Sakunov</i> Knowledge, experience, responsibility for the assigned task is the key to the success of the company's work	46
<i>Г. С. Мадимарова, Т. Нурланкызы, Д. Н. Сулейменова,</i> <i>Ш. А. Жантуева</i> Изучение физико-механических свойств пород месторождения бассейна Каратау <i>G. S. Madimarova, T. Nurlankazy, D. N. Suleimenova,</i> <i>Sh. A. Zhanitueva</i> Study of physical and mechanical properties of rocks of deposits of the Karatau basin	50
<i>Х. М. Касымжанова, С. Б. Юсупов, О. Байтурбай,</i> <i>М. М. Оразымбет</i> Наблюдения за деформациями сооружений в зоне строительства метрополитена г. Алматы <i>Kh. M. Kasymkanova, S. B. Yusupov, O. Baiturbay,</i> <i>M. M. Orazymbet</i> Observations of deformations of structures in the Almaty metro construction zone	56
<i>Ш. К. Айтказинова, Ж. Д. Байгулин, Ж. Г. Адилев,</i> <i>А. Б. Бергенгалиев</i> Геодинамический мониторинг на месторождении Кенкиек (Республика Казахстан) <i>Sh. K. Aitkazynova, Zh. D. Baigulin, J. G. Adilov, A. B. Bergengaliyev</i> Geodynamic monitoring on Kenkiyak field (Republic of Kazakhstan)	62
<i>А. А. Мамытов, А. А. Токтаров, С. С. Абдыгазиева, О. Байтурбай</i> Применение дистанционного зондирования Земли и геоинформационных систем в обеспечении цифровизации сельского хозяйства Республики Казахстан <i>A. A. Mamytov, A. A. Toktarov, S. S. Abdygalieva, O. Baiturbai</i> The use of remote sensing and GIS to ensuring digitalization agriculture of the Republic of Kazakhstan	69
<i>М. Д. Исагазы</i> Состояние и перспективы маркшейдерских работ на руднике «Жыланды» <i>M. D. Isagazy</i> The state and prospects of surveying at the «Zhylandy» mine	75
Наши юбиляры Our anniversaries 50 лет Мейраму Мухаметахметовичу Бегентаеву 50 years of Meyram Mukhametovich Begentayev	80
Поздравляем Маржан Байсановну Нурпеисову с Днем рождения 87 years of Marzhan Baysanovna Nurpeisova	81
«Лучший преподаватель вуза 2023» «The best university teacher 2023»	82

ГЛАВНАЯ

НОВОСТИ

ОБЗОРЫ

СТАТЬИ

ВЫПУСК ЖУРНАЛА

ИНФОРМАЦИЯ

О ЖУРНАЛЕ

КОНТАКТЫ

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ

№ 1 (129) 2024 г

№ 2 (130) 2024 г

№ 3 (131) 2024 г

№ 4 (132) 2024 г

(915) 111-03-86

НА НАШЕМ САЙТЕ:

краткий обзор статей, анонс профильных мероприятий, новости недропользования,
памятные даты и многое другое

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ МАРКШЕЙДЕРСКИХ СЪЕМОК ПРИ ОСВОЕНИИ ХРОМИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*М. Б. Нурпеисова, Г. С. Сердалина,
Казахский национальный исследовательский технический университет (КазНУ) имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан;
И. М. Бородина, Ф. А. Калабаев,
Донской горно-обогатительный комбинат, г. Хромтау, Республика Казахстан*

Аннотация: Рассмотрено применение современных приборов, в том числе лазерных сканеров при ведении наземных и подземных маркшейдерских работ. Приведены результаты определения объема товарной руды лазерным сканером. Полученные результаты использованы в диссертационных работах магистрантов и докторантов, а также в учебном процессе КазНУ имени К. И. Сатпаева.

Ключевые слова: месторождения, склады, лазерный сканер, трехмерная модель, полезные ископаемые, маркшейдерские замеры, съемка.

Для цитирования: Нурпеисова М. Б., Сердалина Г. С., Бородина И. М., Калабаев Ф. А. Инновационные методы маркшейдерских съемок при освоении хромитовых месторождений // Маркшейдерия и недропользование. - 2024. - № 2. - С. 20-24. DOI: 10.56195/20793332_2024_2_20_24.

INNOVATIVE METHODS OF SURVEYING SURVEYS DURING THE DEVELOPMENT OF CHROMITE DEPOSITS

*M. B. Nurpeisova, G. S. Serdalina,
Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan;
I. M. Borodina, F. A. Kalabaev,
Don Mining and Processing Plant, Khromtau, Republic of Kazakhstan*

Abstract: The article discusses the use of modern devices, including laser scanners in the conduct of ground and underground surveying. The results of determining the volume of commercial ore by a laser scanner are presented. The results obtained were used in the dissertations of undergraduates and doctoral students, as well as in the educational process of Satbayev University.

Keywords: deposits, warehouses, laser scanner, three-dimensional model, minerals, surveying measurements, survey.

For citation: Nurpeisova M. B., Serdalina G. S., Borodina I. M., Kalabaev F. A. Innovative methods of surveying surveys during the development of chromite deposits. Surveying and subsoil use. 2024;(2):20-24. (In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2024_2_20_24.

В Донском ГОКе (Актюбинская область, Казахстан) от момента открытия месторождения до сегодняшнего дня решаются различные технологические вопросы, важнейшей задачей которых является маркшейдерское обеспечение ведения горных работ. В последние годы в маркшейдерско-геодезической практике работы шагнули далеко вперед. В связи с этим перед инженерно-техническим персоналом встала задача, связанная с внедрением в производство высокотехнологичных методов ведения маркшейдерских работ. Создание и внедрение в практику маркшейдерских работ современных цифровых, лазерных и GPS-приборов явилось значимым этапом развития инновационных технологий в маркшейдерии. Одним из реальных примеров является внедрение лазерного сканирования на рудниках Донского ГОКа при маркшейдерском контроле учета добычи [1].

При добыче полезных ископаемых производится контроль горных работ в соответствии с утвержденным проектом [2]. Способом такого контроля является производство ежемесячных замеров горных работ с последующим подсчетом объемов добычи, для чего проводится съемка складов полезного ископаемого и отвалов породы различными (тахеометрический, фототеодолитный, лазерный) способами (рис. 1).

Цель работы

Использование современных маркшейдерских технологий при определении объемов техногенных отвалов.

Объект исследования: хромитовые месторождения, разрабатываемые Донским горно-обогатительным комбинатом.

Методика

Лазерное сканирование является сегодня новейшей технологией несмотря на относительно небольшой срок сущес-



Рис. 1. Внешний вид отвалов и штабелей на рудниках Донского ГОК
Fig. 1. Appearance of dumps and stacks at the mines of the Donskoy GOK

тования. Этот метод съемки позволяет создавать цифровую модель окружающих объектов, которая представлена в виде «3D-облака точек» с координатами. Основной особенностью лазерного сканирования является высокая скорость измерений. Скорость съемки сканирования может достигать от 40 тысяч до 2 миллионов точек в секунду. Сканирование может производиться совместно с фотографированием, что позволяет более быстро и детально построить модель. Сканирование объектов ситуации выполняется со всех сторон для получения аналога цифровой модели. Путем 3D-сканирования получается облако точек с координатами высокой точности, по скану строится каркасная модель данного объекта, по которым можно быстро и оперативно рассчитать объемы и площади [3-6].

Мгновенная трехмерная визуализация, высокая точность и степень детализации, высокая производительность труда, комфортные условия полевых работ, получение результата при любых условиях освещения, обеспечение безопасности при съемке труднодоступных и опасных объектов — вот главные из многочисленных преимуществ метода перед тахеометрической съемкой и другими наземными видами съемки. На сегодняшний день имеются несколько видов лазерных сканеров (рис. 2).



Рис. 2. Виды 3D-лазерных сканеров: а - Faro Focus 3D; б - сканер MINEi; в - 3D-сканер 6DOF; г - процесс съемки
Fig. 2. Types of 3D laser scanners: a - Faro Focus 3D; b - MINI scanner; c - 6DOF 3D scanner; d - shooting process

Результаты

FARO Focus 3D X130 (США) (рис. 2а) — высокоскоростной 3D-сканер для детализированных измерений и документации. Focus использует лазерные технологии для создания превосходных трехмерных изображений окружающей среды и геометрии за несколько минут. Focus оснащен сенсорным экраном для управления функциями и параметрами сканирования [7-9]. Получаемое изображение представляет из себя облако из миллионов 3D-точек в цветном формате, что обеспечивает точную цифровую репродукцию существующей обстановки. Небольшие размер и вес, а также сенсорное управление Focus позволяют легко работать с ним и сокращают на 50 % время сканирования по сравнению с традиционными сканерами. Снимаемый лазерным сканером Faro Focus 3D отвал на территории ДЮФ-1 имел форму призмы.

Trimble RealWorks — это многофункциональное офисное ПО для обработки данных лазерного сканирования и создания 3D-модели (рис. 3, см. цветную вставку стр. 28).

Результат вычислений площади поверхности и объема сразу отображается на экране в окошке сверху, где он показан красной стрелкой (рис. 3а, см. цветную вставку стр. 28), а результат определения объема показан на рисунке 3б (см. цветную вставку стр. 28) синим цветом [10-12].

Усовершенствованное управление данными и возможность визуализации в сочетании с высоким уровнем автоматизации позволяют быстро обрабатывать данные лазерного сканирования с высокой точностью. Trimble RealWorks предлагает эффективные инструменты для точного измерения сложных 3D-объектов, проведения специализированных проверок с возможностью создания подробных отчетов. Например, с помощью этой программы был получен объем 450,677 м³ (рис. 4, см. цветную вставку стр. 28).

В настоящее время практически во всех отраслях применяются новые технологии для выполнения топографо-геодезических работ. При постоянном стремлении к повышению производительности и сокращению штата маркшейдерского отдела требования к скорости и качеству, а также безопасному ведению измерительных работ возрастают.

Одним из реальных примеров внедрения лазерного сканирования является опыт работы сканером CMS MINEi (Канада) при съемке подземных выработок. Система MINEi (рис. 2б) — это надежная быстрая беспроводная система, позволяющая проанализировать пустоты по вертикали или под углом. Система обеспечивает безопасность горняков и увеличение производительности горных работ [13-15].

Наземное лазерное сканирование — на сегодняшний день самый оперативный и производительный способ получения точной и наиболее полной информации о пространственном объекте. Для съемки пустот на руднике «Молодежный» используется портативный лазерный 3D-сканер BLK2Go производства Leica Geosystems. BLK2Go — это портативный беспроводной 3D-сканер с компактными габаритами, предназначенный для сканирования окружающего пространства

в режиме реального времени с шестью степенями свободы (6DOF).

Сканирование проводилось на руднике «Молодежный». Измерение осуществлялось со скоростью 1 тысяча измерений в секунду и более в зависимости от моделей. При проведении съемки специалист мог перемещаться по объекту без остановок, для качественного результата не требовалась стационарная установка или перерывы. Скорость работы Leica BLK2GO – 420 тысяч точек в секунду.

Результаты съемки были обработаны в MicroMine, вывелись сканы в разрезе, и получалось четкое сканирование горных выработок (рис. 5). На рисунке хорошо видны уклоны/подъемы, целики, почва, т. е. маркшейдер может четко наблюдать за состоянием горных выработок [16].

Преимущества лазерного 3D-сканирования объектов горнодобывающей отрасли:

- ♦ объемные работы проводятся без прямого контакта с оборудованием установки, что позволяет проводить сканирование подвижных или нагретых элементов без остановки производства;
- ♦ высокая скорость работ не зависит от их объема и трудоемкости;
- ♦ возможность проведения работ в любое время суток;
- ♦ получение более точных и полных данных, которые невозможно обеспечить тахеометрической съемкой;
- ♦ за счет снижения трудозатрат наземное лазерное сканирование позволяет сократить стоимость работ.



Рис. 5. Результаты сканирования рудника «Молодежный»
Fig. 5. Scan results of the Molodzhny mine

Выводы

Объем товарной руды с высокой точностью определен методом лазерного сканирования.

Технологии лазерного сканирования позволяют получать трехмерную модель объекта. Мгновенная трехмерная визуализация, высокая точность и степень детализации, высокая производительность труда, получение результата при любых условиях освещения, обеспечение безопасности при съемке труднодоступных объектов – вот главные из многочисленных преимуществ метода перед тахеометрической съемкой и другими наземными видами съемки. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы наземно-сканирующей съемки / В. Н. Гусев, А. И. Науменко, Е. М. Волохов [и др.]. – СПб., 2008. – 80 с.
2. Каптунов, Д. Р. Устойчивое развитие горнотехнических систем как переход от добычи полезных ископаемых к освоению георесурсов и сохранению недр / Д. Р. Каптунов, В. С. Федотенко // Горный журнал. – 2021. – № 8. – С. 4-7. DOI 10.17580/gzh.2021.08.01.
3. Середович, В. А. Наземное лазерное сканирование: монография / В. А. Середович. – Новосибирск: СГТА, 2009. – 261 с.
4. Сайлыгарова, М. А. Космический мониторинг смещений высотных зданий на урбанизированных территориях / М. А. Сайлыгарова, Ж. Д. Байтурин, Н. А. Милетенко, Ж. Т. Кожаяев // Маркшейдерия и недропользование. – 2022. – № 2(118). – С. 57-60.
5. Рысбеков, К. Б. Основы лазерного сканирования: учебник / К. Б. Рысбеков, М. Б. Нурпеисова. – Алматы: КазНУ, 2021. – 248 с.
6. Середович, А. В. Применение программного продукта RISCAN PRO для регистрации сканов / А. В. Середович // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2011. – № 2.
7. Нурпеисова, М. Б. Инновационные методы съемки подземных полостей / М. Б. Нурпеисова, С. Т. Солтабаева, Ж. Т. Кожаяев // Горный журнал Казахстана. – 2017. – № 7. – С. 25-30.
8. Низаметдинов, Н. Ф. Наземное лазерное сканирование / Н. Ф. Низаметдинов // Вестник ЕНУ им. Л. Н. Гумилева. – 2012. – № 2. – С. 156-160.
9. Лазерный сканер RIEGL VZ-400 [Электронный ресурс]. – URL: <https://gd-geo.ru/katalog/3d-skanery/riegl-vz-400> (режим доступа: 21.02.2024).
10. Leica TPS400 Series Easy, quick, reliable and powerful [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.leica-geosystems.com/common/shared/downloads/inc/downloader.asp?id=2226> (режим доступа: 13.02.2024).
11. Хмырова, Е. И. Мониторинг технического состояния уникальных сооружений в г. Астана с использованием инновационных методов / Е. И. Хмырова, О. К. Кошеров // Вестник ЕНУ им. Л. Н. Гумилева. – 2012. – № 2. – С. 163-167.
12. Гусев, В. И. Методические подходы к съемке карьеров лазерно-сканирующими системами / В. И. Гусев // Маркшейдерский вестник. – 2009. – № 4. – С. 19-24.
13. Nurpeisova, M. B. Innovative ways to capture of solid violations and processing of result / M. B. Nurpeisova, D. Kirgizbayeva, K. Kozhasaraly // Bulletin of the DSU. – 2016. – Vol. 2. – P. 5-18.
14. Азаров, Б. Ф. Современные методы геодезических наблюдений за деформациями инженерных сооружений / Б. Ф. Азаров // Ползуновский вестник. – 2011. – № 1. – С. 19-29.
15. Geodetic monitoring methods of high-rise constructions deformations with modern Technologies application / M. Kuttykadamov, K. Rysbekov, I. Milev, [et al.] // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2016. – Vol. 93, № 1. – P. 24-31.
16. Овчаренко, А. В. Сканирование подземных пустот и полостей / А. В. Овчаренко // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей. – Пермь, 2015. – С. 161-163.

Приложение Б

Статья в форуме маркшейдеров

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

SATBAYEV UNIVERSITY



**ҚАЗАҚСТАН МАРКШЕЙДЕРЛЕР ОДАҒЫ
Ө.А.БАЙҚОҢЫРОВ АТЫНДАҒЫ ТАУ-КЕН МЕТАЛЛУРГИЯ ИНСТИТУТЫ**

**СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ КАЗАХСТАНА
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ О.А. БАЙКОНУРОВА**

**UNION OF SURVEYORS OF KAZAKHSTAN
MINING AND METALLURGICAL INSTITUTE NAMED AFTER O.A. BAIKONUROV**

**«ГЕОДЕЗИЯ МЕН МАРКШЕЙДЕРИЯДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР»
АТТЫ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ФОРУМЫНЫҢ ЕНБЕКТЕР ЖИНАҒЫ
26-27 СӘУІР 2024**

**СБОРНИК ТРУДОВ МЕЖДУНАРОДНОГО ФОРУМА
«ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОДЕЗИИ И МАРКШЕЙДЕРИИ»
26-27 АПРЕЛЯ 2024**

**PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL FORUM
«DIGITAL TECHNOLOGIES IN GEODESY AND SURVEYING»
26-27 of APRIL, 2024**

Алматы 2024
Almaty 2024

Менаяков К.Т., Дапиров К.С. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА "ТЕОТАКТИКА") В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ИНСТИТУТА ВОЕННОГО ДЕЛА КАЗАХСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ К.И.САТПАЕВА.....	75
Mungzhassarov B., Nurpeisova M.B. THE RELEVANCE OF THE GNSS OBSERVATION PREPARATION STAGE IN CARRYING OUT APPLIED TASKS.....	81
Мырзабиева А.Т. СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ.....	84
Нурланқызы Т., Мадимарова Г.С. ГЕОЛОГИЯЛЫҚ-МАРКШЕЙДЕРЛІК ЖҰМЫСТАРДЫ MICROMINE БАҒДАРЛАМАСЫМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ.....	88
Nurpeisova M. B., Rysbekov K.B., Kasymkhanova Kh.M., Kirgizbaeva G.M., Soltabayeva S.T. COMPREHENSIVE MONITORING OF GEODYNAMIC POLYGON IN CENTRAL KAZAKHSTAN'S DEPOSITS.....	91
Ожигин С.Г., Дорохов Д.В., Ожигина С.Б., Ожигин Д.С. ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОТКОСОВ УСТУПОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ.....	98
Рахимов Ш.Ш., Ботиров Ш.С. УЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ И ЕСТЕСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ РУСЕЛ РЕК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ.....	101
Салқынов А.Т., Имашев А.Ж., ҚҰРАМА ТӘСІЛМЕН КЕН ИГЕРУДЕГІ ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІҢ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫН ЗЕРТТЕУ.....	105
Санатова А.Ж. ЖЕР ҚОЙНАУЫН ИГЕРУ КЕЗІНДЕ ТАУ ЖОТАСЫНЫҢ ФИЗИКА- МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	109
Сердалина Г.С., Нурпенсова М.Б., Нукарбекова Ж.М. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ МАРКШЕЙДЕРСКИХ СЪЕМОК ПРИ ОСВОЕНИИ ХРОМИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	112
Солтабаева С.Т., Ахмет Н.Б. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИЙ ПОДЗЕМНОГО МЕТРОПОЛИТЕНА НА ГОРОДСКУЮ СРЕДУ И СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ.....	116
Төрехан Н.Д., Нурпенсова М.Б. УРАН КЕНОРЫНДАРЫН ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДЕ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ АТҚАРАТЫН РОЛІ.....	119
Турымбетов Т.А., Шакиров Ж.Б., Кыргызбаева Г.М. ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАННЫҢ МЫС РУДАЛЫ АЛҚАБЫН ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕУ.....	125
Шамганова Л.С., Балтпева А.А., Самсоненко А.И. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОТОЧНОГО СПУТНИКОВОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НА КАЧАРСКОМ КАРЬЕРЕ.....	129
Косумова А.Х., Низаметдинов Ф.К., Сатбергенова А.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКЕ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	132

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ МАРКШЕЙДЕРСКИХ СЪЕМОК ПРИ ОСВОЕНИИ ХРОМИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Сердалина Г.С., магистрант кафедры МДиГ

Нурпенсова М.Б., д.т.н., профессор

Нукарбекова Ж.М., старший преподаватель
НАО КазНУТУ им.К.И.Сатпаева, г.Алматы

Аннотация. В статье рассмотрены методы применения современных приборов, в том числе лазерных сканеров при ведении наземных и подземных маркшейдерских работ. Приведены результаты определения объема товарной руды лазерным сканером. Полученные результаты будут использованы в диссертационных работах магистрантов и докторантов, а также в учебном процессе Satbayev University.

Ключевые слова: месторождения, склады, лазерный сканер, трехмерная модель, полезные ископаемые, маркшейдерские замеры, съемка.

Введение. В данной работе рассмотрено месторождение хромовых руд Донского ГОКа расположенного в Хромтауском районе Актыубинской области. В данное время Донской ГОК имеет карьер, две шахты (шахта «10-летия независимости Казахстана» («ДНК»), шахта «Молодежная»), две установки для производства окатышей (№ 1 (УПО-1), № 2 (УПО-2)), две установки для переработки тонкодисперсных хвостов (№ 1), две обогатительные фабрики (№ 1 (ДОФ-1), № 2(ФООР)).

В Донском ГОКе с открытия месторождения до сегодняшнего дня решаются различные технологические вопросы, важнейшей задачей стоит маркшейдерское обеспечение ведения горных работ.

Основное содержание. В последние годы в маркшейдерско-геодезической практике работы шагнули далеко вперед. В связи с этим перед инженерно-техническим персоналом встал задача, связанная с внедрением в производство высокотехнологичных методов ведения маркшейдерских работ. Создание и внедрение в практику маркшейдерских работ современных приборов (электронных тахеометров с безотражательным режимом, цифровых, лазерных и GPS приборов) явилось значимым этапом развития инновационных технологий в маркшейдерии.

С появлением электронных тахеометров с безотражательным режимом, которые работают без специальных призм, и их массовое использование в практике, позволило не только производить тахеометрическую съемку быстро, но и в неприступных местах, объектов со сложной геометрией, для съемки которых приходилось использовать шесты и лестницы, но и полностью отказаться от рабочего с вешкой. Для определения координат пикетной точки хватит навести на нее и нажать клавишу измерения, лазерный луч отражается от любой достаточно ровной поверхности, находящейся на расстоянии до 500 метров от точки установки прибора.

Для разных задач маркшейдерский отдел шахты 10-лет НК имеет в наличии тахеометры компаний Leica TS-07, GPS приемники Trimble R-10, а также электронные и оптические теодолиты. В качестве ГТИС применяется ПО Micromine. Рудные склады в карьере, а также на поверхности измеряют GPS приемниками, а для съемки крытого склада, где есть помехи сигнала используют тахеометр с безотражательным режимом [1-3].

Привязка происходит по опорным точкам. После измерения, данные импортируются в ПО Micromine в виде измеренных точек.

При добыче полезных ископаемых производятся контроль горных работ с утвержденным проектом. Способом такого контроля является производство ежемесячных

замеров горных работ с последующим подсчётом объёмов добычи, для чего проводится съёмка складов полезного ископаемого и отвалов породы различными (тахеометрический, фототеодолитный, лазерный) способами (рисунок 1).



Рисунок 1. Маркшейдерские приборы для съёмки складов и отвалов на рудниках Донского ГОКа

Лазерное сканирование является сегодня новейшей технологией, и, несмотря на относительно небольшой срок своего существования. Этот метод съёмки позволяет создавать цифровую модель окружающих объектов, которая представлена в виде «3D облака точек» с координатами. Основной особенностью лазерного сканирования является высокая скорость измерений. Скорость съёмки сканирования может достигать от 40 000 до 2 000 000 точек в секунду. Сканирование может производиться совместно с фотографированием, что позволяет более быстро и детально построить модель. Сканирование объектов ситуации выполняется со всех сторон для получения аналога цифровой модели. Путем 3D сканирования можно получить облако точек с координатами высокой точностью, по скану строится каркасная модель данного объекта, по которым можно быстро и оперативно рассчитать объёмы и площади [4].

Мгновенная трёхмерная визуализация, высокая точность и степень детализации, высокая производительность труда, комфортные условия полевых работ, получение результата при любых условиях освещения, обеспечение безопасности при съёмке труднодоступных и опасных объектов - вот главные из многочисленных преимуществ метода перед тахеометрической съёмкой и другими наземными видами съёмки. На сегодня имеются несколько видов лазерных сканеров (рис1).

3D лазерный сканер (рис.1,г) -Лидар Emesent Hovermap ST-X разработан для высокопроизводительного 3D-картирования местности, городских строений и строительных объектов. Обладая дальностью обнаружения до 300 м и производительностью более миллиона измерений в секунду, данная модель, по сравнению с устройствами других производителей, способна проводить работы на значительно больших площадях и за меньшее время. При этом точность позиционирования точек может достигать 10-15 мм, а облако точек будет иметь повышенную плотность даже на максимальном удалении от объектов.

Благодаря вращению сканирующей головке под углом к горизонту, лидар Emesent Hovermap ST-X обладает круговой диаграммой направленности лазерного излучения и также хорошо подходит для оцифровки замкнутых объёмов пещер/шахт и производственных помещений. В таких условиях точность сканирования будет еще выше, позволяя создавать 3D-модели с погрешностью не более 5-10 мм подходящих например для точной оценки проведенного объёма работ при прокладке туннелей или выработке породы в рудниках [5].

Поддержка AI-технологии SLAM Mapping в режиме RealTime и взаимодействия с

Данный сканер применяется геомеханиками шахты «10-летия НК» для съемки подземных выработок. На рисунке 2 представлен результат сканирования РС-0, на гор+40м. После обработки данных, были выявлены отклонения по РС-0, т.е. устья РС-0 до участка дефекта с ориентировочной длиной 6,97м смещения обсадного кольца. Образование пустоты на левой и правой стороне рудоспуска с размером высоты – 5,71м; ширина-1,52м. Данный сканер нами применен для съемки рудоспусков для выявления отклонения проходки и их обсадки, для получения полной информации о пространственном объекте и выявление пустот.

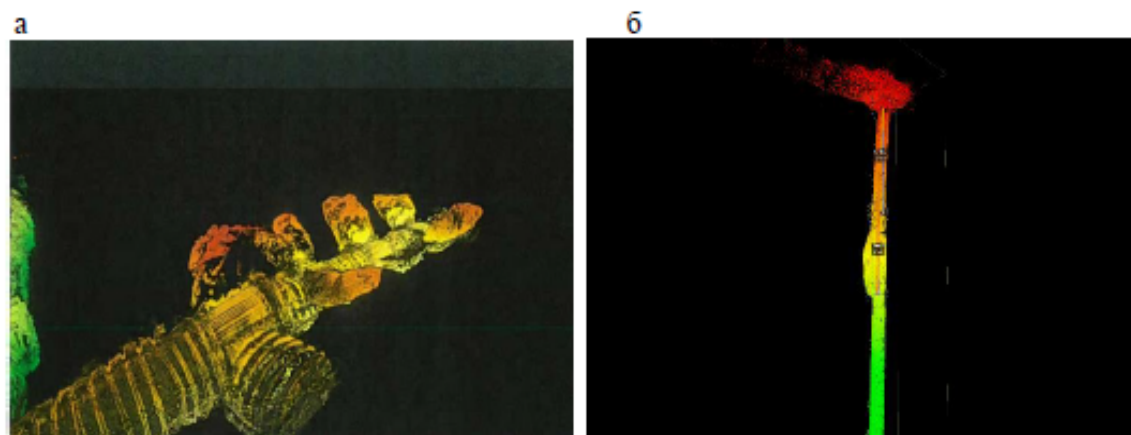


Рисунок 2. 3D модели отсканированного объекта

Метод лазерного сканирования. В настоящее время практически во всех отраслях применяются новые технологии для выполнения топографо-геодезических работ. При постоянном стремлении к повышению производительности и сокращению штата маркшейдерского отдела, требования к скорости и качеству, а также безопасному ведению измерительных работ возрастает [6, 7].

Одним из реальных примеров внедрения лазерного сканирования является опыт работы сканером CMS MINEi (Канада) при съемке подземных выработок. Система MINEi (рисунок 2б) - это надежная, быстрая, беспроводная система, позволяющая проанализировать пустоты по вертикали или под уклоном. Система обеспечивает безопасность горняков и увеличение производительности горных работ.

Наземное лазерное сканирование - на сегодняшний день самый оперативный и производительный способ получения точной и наиболее полной информации о пространственном объекте. Для съемки пустот на руднике «Молодежный» используется портативный лазерный 3Dсканер с 6DOF производства *Leica Geosystems*. *Leica BLK2Go* – это портативный беспроводной 3D-сканер с компактными габаритами, предназначенный для сканирования окружающего пространства в режиме реального времени с шестью степенями свободы [8].

Сканирование проводилось на руднике Молодежный. Измерение проводится с очень высокой скоростью, 1000 измерений в секунду и более, в зависимости от моделей. При проведении съемки специалист может перемещаться по объекту без остановок, для качественного результата не требуется стационарная установка или перерывы. Скорость работы *Leica BLK2GO* - 420000 точек в секунду [9].

Результаты съемки обработаны в *Micromine*, выводим скан в разрез и получаем четкое сканирование горных выработок (рисунок 3). На рисунке хорошо видны уклоны/ подъемы, целики, почва, т.е. маркшейдер может четко наблюдать за состоянием горных выработок.



Рисунок 3. Результаты сканирования рудника «Молодежный»

Выводы: Объем товарной руды с высокой точностью определен методом лазерного сканирования. Технология лазерного сканирования позволяет получать трёхмерную модель объекта. Мгновенная трёхмерная визуализация, высокая точность и степень детализации, высокая производительность труда, получение результата при любых условиях освещения, обеспечение безопасности при съёмке труднодоступных объектов вот главные из многочисленных преимуществ метода перед тахеометрической съёмкой и другими наземными видами съёмки.

Список использованной литературы:

1. Середович В.А. «Наземное лазерное сканирование: Монография» – Новосибирск: СГТА, 2009. – 261 с.
2. Гусев В.Н., Науменко А.И. и др. Основы наземной лазерно-сканирующей съёмки. – Санкт-Петербург: 2008г. – 80 с.
3. Нурпеисова М.Б., Рысбеков К.Б. «Основы лазерного сканирования» (учебник) - Алматы: КазНУТУ, 2021г. – 248.
4. Нурпеисова М.Б., Солтабаева С.Т., Кожасев Ж.Т. «Инновационные методы съёмки подземных полостей» //Горный журнал Казахстана, №8. – с.25-30.
5. Нурпеисова М.Б., Киргизбаева Д.М. «Лазерная съёмка трещиноватости горных пород и создание 3D моделей» / / Сб. Научн. Статей МНПК «Проблемы и пути инновационного развития ГМК», -Ташкент, 2014г. С. -55-60.
6. Низаметдинов Н.Ф. «Наземное лазерное сканирование» – Астана: Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2012, №2. – с. 156-160.
7. Гусев В.Н. «Методические подходы к съёмке карьеров лазерно- сканирующими системами» // Маркшейдерский вестник. –2009. – №4. – с. 19-24.
8. Сердалина Г.С., Бородин И.М., Калабаев Ф.А. Инновационные методы маркшейдерских съёмок при освоении хромитовых месторождений//Маркшейдерия и недропользование, №2, 2024
9. Нурпеисова М.Б. «Опыт использования лазерно-цифровой технологии при маркшейдерском обеспечении горной промышленности» //Труды Междун. Форума маркшейдеров: «Инновационные технологии в геодезии, маркшейдерии и геотехнике». – Караганда: КарГТУ, 14-15.09.2017 г. – с. 25-30.

Приложение С

Акт внедрения в производство



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы Г.С.Сердалиной на тему
**«Анализ инновационных методов маркшейдерских съемок при
освоении хромитовых месторождений»**

Предприятие, использующие результаты: шахте «10-летия НК»
Донского ГОКа настоящим актом подтверждает, что результаты, полученные
в диссертационной работе Гульданы Саматовны Сердалиной, выполненной в
КазНИТУ имени К.И.Сатпаева за период 2023 -2025гг использованы при
ведении маркшейдерских работ на шахте «10-летия НК»

Форма внедрения результатов работы:

-сформированная база данных по инновационным методам и приборам в
республике и за рубежом;

- внедрен в производство лазерный сканер Lidar Emesent Hovermap ST-и
методика его использования;

- предложенные автором методы были опубликованы в статьях:
«Инновационные методы ведения маркшейдерских съемок при освоении
хромитовых месторождений» журнал «Маркшейдерия и недропользование»;
М.:2024, №2 и «Инновационные методы маркшейдерских съемок» -Сборник
трудов международного маркшейдерского форума «Цифровые технологии в
геодезии и маркшейдерии», 26-27.04.2024 г., Алматы, КазНИТУ.

Менеджер МС

Ерекеш Ж.Ж.

Научный руководитель,
д.т.н., профессор

Нурпенсова М.Б.

РЕЦЕНЗИЯ

на диссертационную работу Сердалиной Гульданы, Саматовны магистранта 2 курса образовательной программы 7M07227 – «Маркшейдерское дело», кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия», Горно-металлургический институт имени О. А. Байконурова

Тема: Анализ инновационных методов маркшейдерских съемок

Выполнено:

пояснительная записка на 73 страницах
иллюстраций 48
таблиц 6
библиография 15

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Структура диссертации включает введение, три главы, заключение и список использованной литературы. Выбранная структура соответствует требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям, и способствует логичному изложению материала.

Работа отражает актуальность темы, демонстрирует владение автором инновационными методами маркшейдерских съемок и анализа применения их на производстве, а также умение применять современные приборы в условиях хромитовых месторождений.

Следует отметить хорошую визуализацию материала (карты, схемы, картинки иллюстрирующие применения современных приборов). Однако встречаются отдельные стилистические недочеты и погрешности в оформлении ссылок. Кроме того, следовало бы усилить ссылочную базу за счёт современных зарубежных источников и публикаций в международных журналах.

Оценка работы

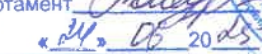
Выпускная квалификационная работа выполнена полностью в соответствии с предъявляемыми требованиями, рекомендована к защите и заслуживает оценки «отлично» 95 баллов.

Рецензент

PhD, ассоц. профессора
школы инженерии, ТОО МОК



Алтаева А.А.

Подпись	
заверяю	
HR департамент	
« 24 » 05 2025	



ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Сердалиной Гульданы Саматовны, магистранта 2 курса образовательной программы 7M07227 «Маркшейдерское дело», кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Горно-металлургический институт имени О. А. Байконурова

Тема: Анализ инновационных методов маркшейдерских съемок

Диссертационная работа Сердалиной Гульданы посвящена исключительно актуальной и значимой для современной горной промышленности проблеме — анализу инновационных методов маркшейдерских съемок при освоении хромитовых месторождений. Это исследование имеет стратегическое значение в условиях интенсификации добычи полезных ископаемых и повышения требований к безопасности и эффективности недропользования.

Актуальность выбранной темы не вызывает сомнений. Она обусловлена насущной потребностью в обеспечении максимальной безопасности и экономической эффективности горнодобывающих работ на хромитовых месторождениях, а также в минимизации негативного воздействия на окружающую среду и оптимизации всех производственных циклов. В работе особо тщательно рассмотрено применение передовых методов маркшейдерских съемок, таких как GPS технологии, высокоточное лазерное сканирование и беспилотные летательные аппараты (БПЛА).

Одним из наиболее существенных достоинств данной работы является её выраженная практическая направленность. Автор провёл глубокий анализ конкретных участков хромитовых месторождений, используя реальные данные, полученные с помощью именно этих инновационных маркшейдерских методов. В исследовании убедительно продемонстрированы зависимости деформаций и общего состояния горных выработок от сложных горно-геологических и технологических особенностей. Выполненный детальный численный анализ позволил не только выявить фундаментальные закономерности, но и с высокой точностью оценить надёжность и точность применяемых методов мониторинга. Научная новизна диссертации заключается в поистине революционной интеграции данных инновационных маркшейдерских съемок (полученных посредством GPS приемников, лазерного сканирования и БПЛА) с классическими маркшейдерскими наблюдениями. Это позволило создать комплексную, многомерную модель для всесторонней оценки и прогнозирования состояния хромитовых месторождений. Полученные результаты обладают как несомненной научной ценностью, так и исключительной прикладной значимостью. Они могут быть немедленно внедрены в повседневную практику маркшейдерского сопровождения освоения хромитовых месторождений, значительно повысив его эффективность.

Диссертационная работа выполнена на высочайшем научно-методическом уровне. Это самостоятельное, завершённое научное исследование, представляющее значительный вклад в развитие маркшейдерского дела.

Работа заслуживает оценки «отлично» (96 баллов), рекомендуется к защите, а автор — к присвоению степени магистра техники и технологии по ОП 7M07227 — «Маркшейдерское дело».

Научный руководитель
д.т.н., профессор



Нурпеисова М.Б.

«20» июня 2025 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сердалина Гульдана Саматовна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Анализ инновационных методов маркшейдерских съемок при освоении хромитовых месторождений - 2 ПОПЫТКА

Научный руководитель: Маржан Нурпеисова

Коэффициент Подобия 1: 9.2

Коэффициент Подобия 2: 4.4

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 30.05.2022

Баймуратов Д.
проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сердалина Гульдана Саматовна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Анализ инновационных методов маркшейдерских съемок при освоении хромитовых месторождений - 2 ПОПЫТКА

Научный руководитель: Маржан Нурпеисова

Коэффициент Подобия 1: 9.2

Коэффициент Подобия 2: 4.4

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

Заведующий кафедрой

 30.08.2025