Айсуева Арина,

Научный руководитель: Цыренова Баирма Очировна,

Преподаватель ГБПОУ

«Байкальский колледж недропользования»

**ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МАРКШЕЙДЕРИИ: ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ ГОРНОГО ДЕЛА**

Информационные технологии прочно вошли в различные сферы профессиональной деятельности, значительно повышая эффективность и качество выполняемых работ. Особенное значение они приобретают в горнодобывающей отрасли, где работа специалистов требует высокой точности, оперативности и надежности принимаемых решений. Одним из ключевых профессионалов данной области является маркшейдер — специалист, ответственный за геодезические измерения, контроль пространственного положения горных выработок и сооружений, составление планов и картографических материалов.

Современная профессиональная деятельность маркшейдера характеризуется постоянным совершенствованием методик измерений, анализа данных и обработки результатов, что непосредственно связано с внедрением инновационных технологий и цифровых инструментов.

Цель данной работы заключается в изучении возможностей и особенностей применения цифровых инструментов в маркшейдерии.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Оценка потенциала цифровых инструментов;
2. Исследование примеров успешного опыта применения цифровых инструментов в деятельности горных предприятий;
3. Описание области и определение перспектив развития лазерного сканирования в маркшейдерии;

# Современные цифровые инструменты в маркшейдерии

Цифровые технологии существенно расширяют горизонты возможностей в любой профессиональной деятельности, особенно в такой важной и технически сложной сфере, как маркшейдерия. Рассмотрим основные группы цифровых инструментов, активно используемых специалистами;

1. Геоинформационные системы представляют собой комплекс компьютерных программ, предназначенных для сбора, хранения, обработки и отображения пространственных данных. Эти системы позволяют проводить детальные расчеты координат, анализировать изменения рельефа, планировать разработку месторождений и оценивать состояние окружающей среды.

Основные характеристики ГИС-инструментов:

* Возможность одновременной работы с большими объемами разнородных данных (топография, геология, гидрология);
* Простота визуализации пространственной информации, возможность построения трехмерных моделей;
* Высокий уровень автоматизации расчета траекторий движения машин и механизмов, проведение топографической съемки.

Примером популярных ГИС-программ являются ArcGIS, QGIS, MapInfo Professional и AutoCAD Civil 3D. Они предоставляют широкий спектр функций, необходимых маркшейдеру для выполнения профессиональных обязанностей.

1. Помимо общих ГИС-решений существуют специализированные программные комплексы, предназначенные именно для маркшейдеров. К ним относятся:
* MineSight: программное обеспечение для планирования горных работ, оптимизации карьеров и разработки открытых и закрытых рудников;
* Maptek Vulcan: система автоматизированного проектирования шахт и карьеров, рассчитанная на точное моделирование поверхностей и структур пород;
* DATAMINE Studio: инструмент для создания подробных моделей месторождения, анализа запасов и управления проектами горных предприятий.
1. Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), оснащенных камерами высокого разрешения и лазерными сканерами, открывает новые возможности для маркшейдеров. Дроны способны быстро и точно провести аэрофотосъемку территории, собрать необходимые данные о рельефе поверхности и расположении объектов инфраструктуры.

Преимущества дистанционного зондирования включают:

* Сокращение временных затрат на полевые работы;
* Повышение точности и детализации полученных данных;
* Безопасность сотрудников, исключающая необходимость работы в опасных зонах.
1. Сегодня широко применяются средства компьютерного моделирования и симуляции рабочих процессов.

Одним из ярких примеров является технология BIM (Building Information Modeling). Она позволяет создать полную информационную модель сооружения, содержащую всю необходимую документацию и графические представления конструкции.

В дальнейшем предполагается активное развитие цифровых технологий и их всё более широкое применение в профессиональной деятельности маркшейдеров.

Мы же уделили особое внимание технологии **лазерного сканирования**, которая является передовым методом для создания трехмерных цифровых моделей объектов путем фиксации точек с пространственными координатами.

Основу данной методики составляют геодезические устройства – лазерные сканеры, способные производить измерения координат поверхности объектов с высокой скоростью, достигающей десятков тысяч точек в секунду.

Результатом съёмки становится так называемое «облако точек», которое может быть преобразовано в разнообразные форматы, такие как трёхмерные модели, планы и разрезы. Весь процесс сканирования автоматизирован, и участие оператора ограничивается подготовкой оборудования.



Рисунок 1. Схематичное расположение станций лазерных сканеров и облако точек

Эта технология считается одной из наиболее эффективных и оперативных методов получения подробных данных об объектах. Трёхмерное лазерное сканирование базируется на определении множества трёхмерных координат X, Y и Z для каждой точки объекта, подлежащего исследованию.

После каждого замера лазерный луч меняет своё направление благодаря системе зеркал, поворачивающихся под определённым углом. Чем больше плотность этих узлов, тем выше детализация итоговой модели объекта.

Зная расстояния, измеряемые дальномером, и углы отклонения лазерного луча в обеих плоскостях, можно рассчитать пространственные координаты каждой точки относительно системы координат сканера. Используя специальное программное обеспечение, эти данные могут быть переведены в любую необходимую систему координат.

Современные устройства для сканирования оснащены встроенными цифровыми фотокамерами, что позволяет создавать панорамные изображения объекта, из которых можно извлекать только необходимые фрагменты.

Компьютер выполняя функцию управления и запоминания. Оператор, подключив компьютер к сканеру, может:

* Выбирать область сканирования;
* Устанавливать необходимую плотность съемки;
* Производить фотосъемку;
* Определять координаты расположения сканера;
* Отслеживать процесс сканирования;
* Управлять сохранением полученных данных.

Следующий этап — выделение необходимой информации из полученного набора данных. Это может быть разрез объекта или трехмерная модель. Специализированное программное обеспечение позволяет измерять расстояния в труднодоступных местах и создавать чертежи на основе сканирования.

Преимущества технологии лазерного сканирования:

1. Мгновенная трехмерная визуализация позволяет сразу получить детализированные 3D-модели объектов, что значительно облегчает анализ и планирование.
2. Сканеры обеспечивают точность измерений, которая превосходит традиционные методы, что критически важно для многих проектов.
3. Сканирование может происходить очень быстро, что сокращает время на полевые работы и позволяет оперативно получать результаты.
4. Сканирование труднодоступных и опасных объектов позволяет избежать рисков для операторов, так как они могут работать на безопасном расстоянии.

Если говорить о финансовых затратах, то стоимость сбора данных и моделирования объектов с помощью лазерного сканирования на малых участках часто сравнима с традиционными методами. Но когда речь идет о крупных площадях или протяжённых территориях, затраты обычно оказываются ниже. Даже если расходы на проведение съёмок схожи, высокая точность и качество результатов, обеспечиваемые лазерным сканированием, помогают сократить дополнительные траты на стадии проектирования, строительства и последующей эксплуатации объекта.

Стоимость оборудования: около 500тыс. рублей

#  Анализ практических ситуаций применения цифровых решений

Рассмотрим ряд примеров, демонстрирующих успешную реализацию цифрового подхода в практической деятельности маркшейдеров. Рассмотрим 2 конкретных примера:

ПАО «Полюс» — крупнейший производитель золота в России, основные предприятия компании расположены в Красноярском крае, Иркутской и Магаданской областях, а также в Республике Саха (Якутия) и включают 5 действующих рудников. Он известен своим активным внедрением инновационных технологий в свою деятельность, а именно:

* Создание цифровых двойников месторождений. Используя специальные модели и базы данных, компания строит виртуальное представление каждого своего месторождения. Такой подход позволяет эффективнее управлять ресурсами, сокращать затраты и минимизировать риски.
* Автоматизированные системы контроля: применяются датчики и автономные устройства, собирающие информацию о состоянии выработки и перемещениях транспорта. Данные обрабатываются специальными алгоритмами, что позволяет оперативно обнаруживать отклонения и вносить коррективы
* Применение искусственного интеллекта.

Следующее предприятие – это ПАО НОВАТЭК — ведущий российский производитель природного газа и газового конденсата. Выручка от реализации за 2024 год составила 1,5 трлн рублей. Можно выделить основные направления цифровизации производства:

* Цифровой двойник завода: Один из крупнейших заводов компании оборудован системой полного цифрового дублирования, которая собирает данные обо всех аспектах производства.
* Роботы и беспилотники.
* Машинное обучение. Используются технологии машинного обучения для диагностики технического состояния оборудования и прогнозирования отказов. Алгоритмы работают круглосуточно, предупреждая возникновение неисправностей и поддерживая стабильную эксплуатацию установок.

 В Республике Бурятия можно отметить компанию «Z.GOLD», как передовое предприятия, осваивающее цифровые технологии. Во время прохождения производственной экскурсии, нам были продемонстрированы следующие технологии - цифровые датчики, отслеживающие местоположение бригады, обеспечивая безопасность и контроль на производстве. Они устанавливаются совместно с налобными фонарями и подают устойчивые сигналы, которые поступают на приемники, позволяя определять точное положение объекта. Полученная информация передается через мобильные сети GSM/GPRS на сервер компании и диспетчерский пункт.

Данные компании демонстрируют, что только благодаря постоянной модернизации и готовности внедрять новшества можно сохранить лидерство на рынке и обеспечить устойчивость собственного бизнеса.

Заключение

Проведённое исследование показало, что современные цифровые инструменты оказывают существенное влияние на эффективность работы маркшейдеров, предоставляя мощные средства для анализа данных, обработки информации и создания прогнозов.

Таким образом, основными выводами исследования являются:

1. Современный профессионализм маркшейдера невозможен без владения цифровыми инструментами.

2. Процесс цифровых технологий в профессиональную деятельность должен сопровождаться разработкой соответствующих программ и инициатив.

3. Опыт ведущих компаний показывает, что объединение человеческих качеств и цифровых технологий ведёт к существенному улучшению качества работы и достижению стратегических целей.

Список использованных источников

В.Е.Деметьев Современная геодезическая техника и ее применение. — 2-е изд. — Москва : Академический проект, 2008. — 591 с.

Н.О.Куприенко Геодезические приборы. — 1-е изд. — Минск : Белорусский национальный технический университет, 2020. — 76 с.

Дж.Ашджаи Перспективы развития технологий ГНСС // Геопрофи. — 2013. — №. 1. — С. 46.

Принцип лазерного сканирования // АкропольГео. URL: https://acropol-geo.ru/publikaczii/361-princzip-lazernogо skanirovaniya?ysclid=m9tm3jm1e3572334556 (дата обращения: 13.02.2025).