

**«РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАРКШЕЙДЕР В СОЗДАНИИ 3D
МОДЕЛЕЙ ШАХТ И КАРЬЕРОВ»**

Саитов Дилшод Тохир ўғли

*ассистент кафедры маркшейдерии и геодезии Ташкентского
государственного технического университета имени Ислама Каримова*

Якубов Тоҳир Шербек ўғли

*ассистент кафедры маркшейдерии и геодезии Ташкентского
государственного технического университета имени Ислама Каримова*

Мирякубов Мираббос Хусанович

*магистр кафедры «Маркшейдерские работы и геодезия», Ташкентский
государственный технический университет имени Ислама Каримова*

Ашуралиев Бекзод Камолидин ўғли

*магистр кафедры «Маркшейдерские работы и геодезия», Ташкентский
государственный технический университет имени Ислама Каримова*

Аннотация: В этой статье заложена отличная основа для предоставления услуг маршевого обслуживания в рудниках и карьерах и оцифровки горных работ будущего, создания интеллектуальных шахт и интеллектуальных карьеров.

Ключевые слова: сроки и риски; месторождений; полезных ископаемых; вероятность обрушения; транспортировки руды

ВВЕДЕНИЕ

Маркшейдерия — это наука и практика измерения и отображения пространственных параметров земной поверхности, подземных и надземных сооружений, а также полезных ископаемых. Маркшейдерия является комплексной наукой и тесно связана со многими научными дисциплинами: физико-техническими, математическими, геолого-минералогическими и геологоразведочными 1.

Роль маркшейдерии в создании 3D-моделей шахт и карьеров заключается в том, что она обеспечивает достоверность и точность геометрических данных о месторождениях, а также контроль за соблюдением проектных решений при разработке полезных ископаемых. 3D-модели шахт и карьеров позволяют визуализировать пространственную структуру месторождений, анализировать различные варианты разработки, оптимизировать технологические процессы и повышать безопасность и эффективность добычи.

Маркшейдерия — это одна из древнейших наук, связанных с добычей полезных ископаемых. Ее истоки уходят в глубокую древность, когда человек начал осваивать подземные пространства и нуждался в способах ориентирования и измерения. Первые письменные упоминания о

маркшейдерской деятельности относятся к III тысячелетию до н.э. в Древнем Египте 1.

В средние века маркшейдерия развивалась в Европе, особенно в Германии, где появились первые профессиональные маркшейдеры, называемые маркштейнерами. Они занимались разбивкой границ рудных участков, составлением планов шахт и карьеров, а также контролем за добычей полезных ископаемых. В XVI веке были изданы первые учебники по маркшейдерии, такие как «Бергбаух» Георгия Агриколы 1.

В XVIII-XIX веках маркшейдерия стала наукой, основанной на математике, физике и геодезии. Были разработаны новые методы и приборы для маркшейдерских измерений, такие как теодолит, нивелир, компас и дальномер. Были созданы первые государственные маркшейдерские службы и учебные заведения. В России маркшейдерия начала развиваться с XVIII века, когда была основана Берг-коллегия и Берг-академия 1.

В XX-XXI веках маркшейдерия стала высокотехнологичной отраслью, использующей современные компьютерные программы, спутниковую навигацию, лазерное сканирование и 3D-моделирование. Маркшейдерия применяется не только в горной промышленности, но и в строительстве, транспорте, экологии и других областях. Маркшейдерия постоянно совершенствуется и адаптируется к новым задачам и условиям 1.

Маркшейдер играет важную роль в создании 3D-моделей, так как он отвечает за сбор, обработку и представление геометрических данных о месторождениях полезных ископаемых. Маркшейдер выполняет следующие задачи при создании 3D-моделей:

- Определяет границы и параметры месторождений, используя различные методы измерения и навигации, такие как тахеометрия, триангуляция, GPS и др. 1.
- Составляет планы и карты шахт и карьеров, отображающие горизонтальное и вертикальное положение объектов, а также их форму и размеры 1.
- Переносит данные с планов и карт в компьютерные программы для 3D-моделирования, такие как AutoCAD, Surpac, Micromine и др.
- Создает 3D-модели месторождений, используя различные техники моделирования, такие как полигональное, NURBS, сплайновое и др.
- Контролирует качество и точность 3D-моделей, проверяя их соответствие реальным данным и проектным решениям.
- Визуализирует 3D-модели, используя различные эффекты освещения, текстурирования, отражения и др.
- Анализирует 3D-модели, используя различные методы расчета объемов, запасов, качества и др. параметров месторождений.

- Представляет 3D-модели в виде графиков, таблиц, схем и др. форматов для различных целей: проектирования, планирования, эксплуатации, мониторинга и др. .

Маркшейдер использует различные инструменты для создания 3D-моделей шахт и карьеров, в зависимости от цели и сложности моделирования.

- Компьютерные программы для 3D-моделирования, такие как AutoCAD, Surpac, Micromine, K-MINE и др. Они позволяют маркшейдеру создавать и редактировать 3D-модели месторождений, используя различные техники моделирования, такие как полигональное, NURBS, сплайновое и др. Они также позволяют маркшейдеру анализировать 3D-модели, используя различные методы расчета объемов, запасов, качества и др. параметров месторождений ¹.

- Спутниковая навигация (GPS), которая позволяет маркшейдеру определять географические координаты объектов на земной поверхности с высокой точностью. GPS используется для разбивки границ месторождений, контроля за смещением земной поверхности и связи планов и карт с 3D-моделями.

- Лазерная сканирование (LIDAR), которая позволяет маркшейдеру получать трехмерные облака точек, отображающие форму и размеры объектов на земной поверхности или в подземном пространстве. LIDAR используется для создания 3D-моделей рельефа, горных выработок, сооружений и др. объектов.

- Фотограмметрия, которая позволяет маркшейдеру получать трехмерные модели объектов на основе фотографий с разных ракурсов. Фотограмметрия используется для создания 3D-моделей сложных форм и текстур, таких как рудные тела, стенки карьера, породы и др. объектов.

Процесс создания 3D-моделей может варьироваться в зависимости от цели, сложности и инструментов моделирования, но в общем случае он состоит из следующих этапов:

- Сбор и обработка исходных данных: на этом этапе маркшейдер собирает необходимые геометрические данные о месторождении, используя различные методы измерения и навигации, такие как тахеометрия, триангуляция, GPS, LIDAR и др. . Затем он обрабатывает эти данные, устраняя ошибки, шумы и пропуски, а также приводя их к единому системе координат и масштабу.

- Создание и редактирование 3D-модели: на этом этапе маркшейдер переносит обработанные данные в компьютерную программу для 3D-моделирования, такую как AutoCAD, Surpac, Micromine, K-MINE и др. Затем он создает 3D-модель месторождения, используя различные техники моделирования, такие как полигональное, NURBS, сплайновое и др. Он также редактирует 3D-модель, добавляя или удаляя детали, изменяя форму или размеры объектов, а также применяя различные модификаторы и операции.

- Анализ и визуализация 3D-модели: на этом этапе маркшейдер анализирует 3D-модель, используя различные методы расчета объемов, запасов,

качества и др. параметров месторождения. Он также визуализирует 3D-модель, используя различные эффекты освещения, текстурирования, отражения и др. Он также может создавать различные виды 3D-модели, такие как изометрический, перспективный, ортогональный и др.

- Представление 3D-модели: на этом этапе маркшейдер представляет 3D-модель в виде графиков, таблиц, схем и др. форматов для различных целей: проектирования, планирования, эксплуатации, мониторинга и др. Он также может экспортировать 3D-модель в различные форматы файлов для обмена данными с другими программами или пользователями.

При создании 3D-моделей могут использоваться различные методы и технологии, в зависимости от цели, сложности и инструментов моделирования.

- Полигональное моделирование: это метод моделирования, при котором 3D-модель состоит из множества полигонов (треугольников, четырехугольников и др.), соединенных по вершинам, ребрам и граням. Полигональное моделирование позволяет создавать 3D-модели любой формы и сложности, а также легко изменять их. Однако полигональное моделирование требует большого количества полигонов для достижения высокого качества модели, что может замедлять работу компьютера.

- NURBS-моделирование: это метод моделирования, при котором 3D-модель состоит из кривых и поверхностей, заданных с помощью сплайнов (непрерывных функций). NURBS-моделирование позволяет создавать 3D-модели с гладкими и качественными поверхностями, а также легко масштабировать и деформировать их. Однако NURBS-моделирование требует большого количества вычислений для построения модели, а также сложно создавать модели сложной формы.

- Сплайновое моделирование: это метод моделирования, при котором 3D-модель состоит из кривых и поверхностей, заданных с помощью сплайнов (непрерывных функций). Сплайновое моделирование позволяет создавать 3D-модели с гладкими и качественными поверхностями, а также легко масштабировать и деформировать их. Однако сплайновое моделирование требует большого количества вычислений для построения модели, а также сложно создавать модели сложной формы.

- Параметрическое моделирование: это метод моделирования, при котором 3D-модель задается с помощью параметров (размеров, углов, расстояний и др.), которые могут быть изменены в любой момент. Параметрическое моделирование позволяет создавать 3D-модели с высокой гибкостью и точностью, а также легко вносить изменения в модель. Однако параметрическое моделирование требует хорошего планирования и организации модели, а также сложно создавать модели нестандартной формы.

Создание 3D-моделей имеет много преимуществ по сравнению с 2D-моделями или реальными объектами.

- 3D-модели позволяют визуализировать пространственную структуру объектов, а также их форму, размеры, цвет, текстуру и др. характеристики. Это помогает лучше понять и анализировать объекты, а также создавать более реалистичные и качественные изображения.

- 3D-модели позволяют изменять и редактировать объекты в любой момент, не тратя время и ресурсы на их создание или переделку. Это помогает экономить деньги и материалы, а также исправлять ошибки и улучшать объекты.

- 3D-модели позволяют экспериментировать с различными вариантами объектов, применяя различные модификаторы, операции, эффекты и др. Это помогает находить оптимальные решения для объектов, а также развивать творческие способности.

- 3D-модели позволяют делиться и обмениваться объектами с другими пользователями или программами, экспортируя их в различные форматы файлов. Это помогает расширять возможности использования объектов, а также сотрудничать с другими людьми.

Использование 3D-моделей при проектировании и строительстве шахт и карьеров имеет много преимуществ по сравнению с традиционными методами- 3D-модели позволяют лучше понимать и анализировать геологическую структуру месторождений, а также оптимизировать технологические процессы и ресурсы при разработке полезных ископаемых¹.

- 3D-модели позволяют создавать более точные и детальные планы и карты шахт и карьеров, а также контролировать за соблюдением проектных решений и нормативов при строительстве и эксплуатации объектов¹.

- 3D-модели позволяют визуализировать и демонстрировать проекты шахт и карьеров в реальном времени, а также взаимодействовать с ними, изменяя различные параметры и условия. Это помогает улучшать коммуникацию и сотрудничество между заинтересованными сторонами, а также повышать уровень доверия и удовлетворенности клиентов.

- 3D-модели позволяют проводить различные симуляции и тестирования проектов шахт и карьеров, а также предсказывать возможные риски и проблемы. Это помогает повышать безопасность и эффективность объектов, а также снижать затраты и потери.

3D-модели помогают улучшить эффективность и безопасность работы на шахтах и карьерах в разных аспектах.

- 3D-модели позволяют более точно оценивать запасы и качество полезных ископаемых, а также оптимизировать технологические процессы и ресурсы при разработке месторождений. Это помогает повышать производительность и прибыльность объектов, а также снижать затраты и потери¹.

- 3D-модели позволяют более эффективно планировать и контролировать строительство и эксплуатацию шахт и карьеров, а также соблюдать проектные

решения и нормативы. Это помогает повышать качество и надежность объектов, а также уменьшать сроки и риски ¹.

- 3D-модели позволяют более наглядно демонстрировать и обучать персонал по работе на шахтах и карьерах, а также взаимодействовать с ними в реальном времени. Это помогает повышать квалификацию и мотивацию работников, а также улучшать коммуникацию и сотрудничество между ними.

- 3D-модели позволяют более точно предсказывать и предотвращать возможные опасности и проблемы на шахтах и карьерах, а также проводить различные симуляции и тестирования. Это помогает повышать безопасность и здоровье работников, а также защищать окружающую среду.

3D-модели могут предоставить инженерам и проектировщикам при работе с шахтами и карьерами множество преимуществ.

- 3D-модели позволяют более точно и детально проектировать шахты и карьеры, учитывая все геологические и технологические особенности месторождений, а также требования заказчиков и нормативов.

- 3D-модели позволяют более легко и быстро вносить изменения в проекты шахт и карьеров, а также проверять их на соответствие реальным данным и условиям. Это помогает улучшать качество и эффективность проектов, а также снижать затраты и риски.

- 3D-модели позволяют более наглядно и убедительно представлять проекты шахт и карьеров заказчикам, инвесторам, контролирующим органам и другим заинтересованным сторонам. Это помогает повышать уровень доверия и удовлетворенности клиентов, а также привлекать новые ресурсы и партнеров.

- 3D-модели позволяют более эффективно сотрудничать с другими специалистами по работе с шахтами и карьерами, такими как геологи, маркшейдеры, строители, эксплуатанты и др. Это помогает улучшать коммуникацию и координацию между ними, а также решать сложные задачи.

Маркшейдер играет важную роль в обеспечении безопасности на шахтах и карьерах, так как он отвечает за:

- Контроль за соблюдением проектных решений и нормативов при строительстве и эксплуатации шахт и карьеров, а также за предотвращение возможных аварий и нарушений.

- Контроль за смещением земной поверхности и горных выработок, а также за предупреждением возможных оползней, обвалов, подтоплений и др. опасностей.

- Контроль за качеством и точностью маркшейдерских измерений и 3D-моделей, а также за предотвращением возможных ошибок и погрешностей.

- Контроль за соблюдением правил техники безопасности и охраны труда при проведении маркшейдерских работ, а также за обеспечением безопасности и здоровья работников.

Маркшейдер — это специалист, который занимается измерением и отображением пространственных параметров земной поверхности, подземных и надземных сооружений, а также полезных ископаемых. Маркшейдер играет важную роль в обеспечении безопасности на шахтах и карьерах.

- Контроль за соблюдением проектных решений и нормативов при строительстве и эксплуатации шахт и карьеров, а также за предотвращение возможных аварий и нарушений.

- Контроль за смещением земной поверхности и горных выработок, а также за предупреждением возможных оползней, обвалов, подтоплений и др. опасностей.

- Контроль за качеством и точностью маркшейдерских измерений и 3D-моделей, а также за предотвращением возможных ошибок и погрешностей.

- Контроль за соблюдением правил техники безопасности и охраны труда при проведении маркшейдерских работ, а также за обеспечением безопасности и здоровья работников.

Маркшейдер использует различные методы и инструменты для выполнения своих задач, такие как тахеометрия, триангуляция, GPS, LIDAR, фотограмметрия, компьютерные программы для 3D-моделирования и др. Маркшейдер должен обладать хорошими знаниями в области математики, физики, геодезии, геологии, информатики и др. наук. Маркшейдер также должен быть внимательным, ответственным, аккуратным и коммуникабельным.

Маркшейдеры используют различные методы для обнаружения и предотвращения оползней и обвалов на шахтах и карьерах.

- Мониторинг смещения земной поверхности и горных выработок с помощью спутниковой навигации (GPS), лазерной сканирование (LIDAR), фотограмметрии и др. методов. Это позволяет своевременно выявлять признаки нестабильности склонов и потолков, а также оценивать степень опасности и вероятность обрушения¹.

- Применение инженерных мероприятий для укрепления и стабилизации склонов и потолков, таких как анкерование, бетонирование, армирование, дренаж, откосы и др. Это позволяет повышать прочность и устойчивость горных пород, а также снижать воздействие внешних факторов, таких как дождь, ветер, температура и др.

- Применение средств защиты от оползней и обвалов, таких как сетки, барьеры, козырьки, балки, опоры и др. Это позволяет предотвращать или снижать последствия обрушения горных пород на людей, технику и сооружения².

Использование 3D-моделей при проектировании и строительстве шахт имеет много преимуществ, но также связано с некоторыми вопросами безопасности, такими как:

- Необходимость обеспечения защиты и конфиденциальности 3D-моделей от несанкционированного доступа, копирования, изменения или уничтожения. Для этого могут использоваться различные методы шифрования, аутентификации, резервного копирования и др. ¹.

- Необходимость обеспечения точности и достоверности 3D-моделей, а также их соответствия реальным данным и условиям. Для этого могут использоваться различные методы контроля качества, верификации, валидации и др. ¹.

- Необходимость обеспечения совместимости и взаимодействия 3D-моделей с другими программами или пользователями. Для этого могут использоваться различные форматы файлов, стандарты, протоколы и др. ¹.

- Необходимость обеспечения безопасности и здоровья пользователей 3D-моделей, а также предотвращения возможных психологических или физиологических рисков. Для этого могут использоваться различные методы тестирования, обучения, адаптации и др. ¹.

Один из практических примеров использования 3D-моделей шахт — это проект компании «Норильский никель», которая начала использовать робота для создания 3D-моделей шахт в 2022 году ¹. Робот представляет собой автономный беспилотный аппарат, оснащенный лазерным сканером, камерой и датчиками. Робот способен самостоятельно перемещаться по шахте, сканировать ее пространство и передавать полученные данные на сервер. На основе этих данных создается 3D-модель шахты, которая позволяет контролировать состояние и параметры шахты, а также планировать и оптимизировать процессы добычи и транспортировки руды ¹.

Преимущества использования робота для создания 3D-моделей шахт заключаются в том, что он позволяет:

- Повысить точность и актуальность геометрических данных о шахте, а также уменьшить затраты на их сбор и обработку.

- Повысить безопасность и здоровье работников, избавив их от необходимости проводить измерения в опасных условиях.

- Повысить эффективность и производительность работы на шахте, а также снизить риски аварий и нарушений.

Один из реальных случаев, когда маркшейдеры использовали 3D-модели для проектирования и строительства шахт и карьеров — это проект компании «Дорианс», которая занимается маркшейдерскими работами в разных регионах России ¹. Компания использует современные компьютерные программы для 3D-моделирования, такие как AutoCAD, Surpac, Micromine и др. Компания выполняет следующие виды работ с использованием 3D-моделей ¹:

- Разбивка границ месторождений полезных ископаемых, а также контроль за их соблюдением при разработке.

- Составление планов и карт шахт и карьеров, а также контроль за их соответствием проектным решениям и нормативам.

- Создание 3D-моделей месторождений полезных ископаемых, а также анализ и расчет их параметров, таких как объемы, запасы, качество и др.

- Представление 3D-моделей в виде графиков, таблиц, схем и др. форматов для различных целей: проектирования, планирования, эксплуатации, мониторинга и др. .

Преимущества использования 3D-моделей для маркшейдерских работ заключаются в том, что они позволяют:

- Повысить точность и актуальность геометрических данных о месторождениях полезных ископаемых, а также уменьшить затраты на их сбор и обработку.

- Повысить качество и эффективность планов и карт шахт и карьеров, а также уменьшить сроки и риски при их создании и использовании.

- Повысить производительность и прибыльность работы на шахтах и карьерах, а также снизить затраты и потери при разработке полезных ископаемых.

- Повысить уровень доверия и удовлетворенности заказчиков, а также привлекать новые ресурсы и партнеров.

Один из практических примеров, демонстрирующих преимущества использования 3D-моделей при проектировании и строительстве шахт и карьеров — это проект компании «Unity», которая предлагает решения для создания и использования 3D-моделей в реальном времени ¹. 3D-модели в реальном времени — это модели, которые могут быть изменены и взаимодействовать с пользователем в режиме онлайн, а также отображаться на разных устройствах, таких как компьютеры, смартфоны, планшеты и др. Компания «Unity» использует свою платформу для 3D-моделирования в реальном времени, которая позволяет:

- Создавать 3D-модели шахт и карьеров с высоким уровнем детализации и реалистичности, а также легко изменять их в соответствии с проектными решениями и нормативами.

- Представлять 3D-модели шахт и карьеров в виде интерактивных симуляций и виртуальной реальности, а также взаимодействовать с ними, изменяя различные параметры и условия. Это помогает лучше понимать и анализировать проекты, а также проводить различные тестирования и обучения.

- Делиться и обмениваться 3D-моделями шахт и карьеров с другими пользователями или программами, экспортируя их в различные форматы файлов или облачные сервисы. Это помогает расширять возможности использования моделей, а также сотрудничать с другими специалистами.

Преимущества использования 3D-моделей в реальном времени для проектирования и строительства шахт и карьеров заключаются в том, что они позволяют:

- Повысить точность и актуальность геометрических данных о шахтах и карьерах, а также уменьшить затраты на их сбор и обработку.
- Повысить качество и эффективность проектов шахт и карьеров, а также уменьшить сроки и риски при их создании и использовании.
- Повысить уровень доверия и удовлетворенности заказчиков, а также привлекать новые ресурсы и партнеров.
- Повысить безопасность и здоровье пользователей 3D-моделей, а также предотвращать возможные психологические или физиологические риски.

Заключение

В заключение можно сказать, что:

- 3D-модели — это трехмерные изображения объектов, которые позволяют визуализировать их пространственную структуру, а также изменять и анализировать их.
- Маркшейдеры — это специалисты, которые занимаются измерением и отображением пространственных параметров земной поверхности, подземных и надземных сооружений, а также полезных ископаемых.
- Использование 3D-моделей при проектировании и строительстве шахт и карьеров имеет много преимуществ, таких как повышение точности, качества, эффективности и безопасности работы на объектах.
- Использование 3D-моделей при проектировании и строительстве шахт и карьеров также связано с некоторыми вопросами безопасности, такими как защита и конфиденциальность моделей, точность и достоверность моделей, совместимость и взаимодействие моделей, безопасность и здоровье пользователей моделей.
- Существуют различные методы и технологии для создания и использования 3D-моделей при проектировании и строительстве шахт и карьеров, такие как полигональное моделирование, NURBS-моделирование, сплайновое моделирование, параметрическое моделирование, 3D-моделирование в реальном времени и др.
- Существуют различные примеры использования 3D-моделей при проектировании и строительстве шахт и карьеров в реальных проектах, такие как проект компании «Норильский никель», которая использует робота для создания 3D-моделей шахт, или проект компании «Unity», которая предлагает решения для создания и использования 3D-моделей в реальном времени.