

УДК 744

**ПРИМЕНЕНИЕ ЗНАНИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ И КОМПЬЮТЕРНОЙ
ГРАФИКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ
ГОРНЫХ РАБОТ**

Конев Р.А., студент гр. ГПс-241
Аксенова О.Ю., к.т.н., доцент кафедры СКВиВ
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Инженерная графика – один из первых этапов обучения студентов графическому мастерству, последующий за основами начертательной геометрии, на котором изучают основные правила выполнения и оформления изображений на плоскости. Простые и сложные объекты изображаются на плоскости по правилам метода проекционного черчения, позволяя передать форму, размеры и пропорции объекта на двумерной поверхности. Полученные изображения носят название ортогональных проекций по способу их образования. Через множество точек предмета, мысленно расположенного между наблюдателем и плоскостью (плоскостью проекций), проходят проецирующие лучи до пересечения с плоскостью проекций, в результате множество точек пересечения образует изображение предмета на плоскости.

Ортогональные проекции в шахтном строительстве играют ключевую роль в проектировании подземных сооружений, обеспечивая точное представление их геометрии в двухмерном пространстве. Этот метод используется для отображения взаимного расположения стволов, штреков, квершлагов, бремсбергов и других элементов инфраструктуры, что упрощает расчёты, согласование чертежей и контроль строительных работ. Проекционные изображения позволяют минимизировать вероятность ошибок при проведении работ, так как наглядно передают форму и размеры объектов с учётом их реального расположения в горном массиве.

Основной особенностью ортогональных проекций является их способность точно отображать размеры шахтных выработок без перспективных искажений. Это особенно важно при расчётах устойчивости крепи, определении зон напряжений в породах и проектировании вентиляционных систем. Инженеры могут оценивать взаимное расположение конструктивных элементов и их параметры, опираясь на фронтальные, горизонтальные и профильные виды, что делает чертежи максимально информативными. В случае сложных многозвенных систем, таких как крупные шахтные комплексы с несколькими горизонтами, ортогональные

проекции позволяют разрабатывать точные схемы их сопряжения и безопасного функционирования [1, с. 200].

Шахтное строительство требует высокой точности в определении углов наклона выработок, их пересечений и сопряжений, что достигается благодаря применению ортогональных проекций в сочетании с аналитическими методами. Специалисты используют проекционные чертежи для создания графиков уклонов, определения точек сопряжения вертикальных и горизонтальных выработок, а также проектирования систем водоотлива. Это даёт возможность заранее выявлять потенциальные конфликтные зоны и корректировать расположение объектов, избегая нерационального использования пространства и дополнительных затрат.

В настоящее время при разработке горно-графической документации немаловажны знания и компьютерной графики. Компьютерная графика – область информационных технологий, в которой создают и обрабатывают графические изображения на компьютерах. С помощью компьютерной графики можно делать двухмерные и трёхмерные изображения, анимации, виртуальную реальность, обрабатывать изображения.

Владение знаниями компьютерной графики и специфики графических редакторов делает возможным интеграцию ортогональных проекций с цифровыми системами автоматизированного проектирования. Современные программные комплексы, такие как AutoCAD, MicroStation и аналогичные САПР-программы, позволяют создавать детализированные проекционные чертежи, которые можно использовать для дальнейшего 3D-моделирования. Это особенно важно при разработке сложных проектов, где необходимо учитывать не только геометрию шахтных выработок, но и их влияние на окружающие породы, вентиляционные процессы и транспортные маршруты. Благодаря проекционным методам можно заранее спрогнозировать возможные технические сложности и внести корректировки в проект до начала работ, что существенно снижает вероятность аварийных ситуаций, позволяет оптимизировать расположение подземных выработок и минимизировать затраты на их реализацию. [2, с. 270].

Важную роль в шахтном строительстве играет проектирование уклонов, наклонных и транспортных выработок, обеспечивая эффективное перемещение горной массы, оборудования и персонала внутри подземных объектов. Для создания безопасных и функциональных выработок необходимо учитывать не только геометрические параметры, но и горно-геологические условия, особенности крепления и вентиляции. При этом важно соблюдать баланс между минимизацией затрат на проведение выработок и обеспечением их эксплуатационной надёжности [3, с. 130].

Одним из ключевых аспектов проектирования является выбор оптимального угла наклона, который зависит от назначения выработки, свойств пород и типа применяемых транспортных средств. Например, для самотёчного перемещения горной массы в бремсбергах угол наклона должен соответствовать условиям, обеспечивающим стабильное движение руды без

заторов. В случае транспортных уклонов, предназначенных для рельсового или ленточного конвейерного транспорта, угол проектируется с учётом предельных параметров тягового усилия, сцепления и нагрузки на конструкцию.

Важное значение имеет и форма поперечного сечения наклонных выработок, которая должна обеспечивать необходимый запас прочности и удобство эксплуатации. В зависимости от ожидаемых нагрузок и условий залегания пород применяются различные формы сечения: прямоугольные, трапециевидные, сводчатые или комбинированные. Например, сводчатые формы обеспечивают более равномерное распределение нагрузки на крепь, снижая вероятность деформаций при высокой горной нагрузке. Это особенно актуально в условиях неустойчивых или трещиноватых пород.

Проектирование транспортных выработок также требует детального анализа их взаимодействия с другими элементами шахтной инфраструктуры. Траектории транспортных путей должны быть оптимизированы для снижения издержек на перемещение грузов и обеспечения безопасного передвижения техники и рабочих. Особое внимание уделяется сопряжению наклонных выработок с горизонтальными штреками и вертикальными стволами, чтобы избежать сложных пересечений и уменьшить потери при транспортировке руды [4, с. 80-98].

В процессе проектирования наклонных и транспортных выработок особое внимание уделяется выбору оптимальных параметров, обеспечивающих безопасность и эффективность горных работ. Современные программные комплексы, такие как K-MINE, позволяют создавать детализированные 3D-модели шахтных систем, учитывающие геологические и технические особенности месторождения (рис. 1).

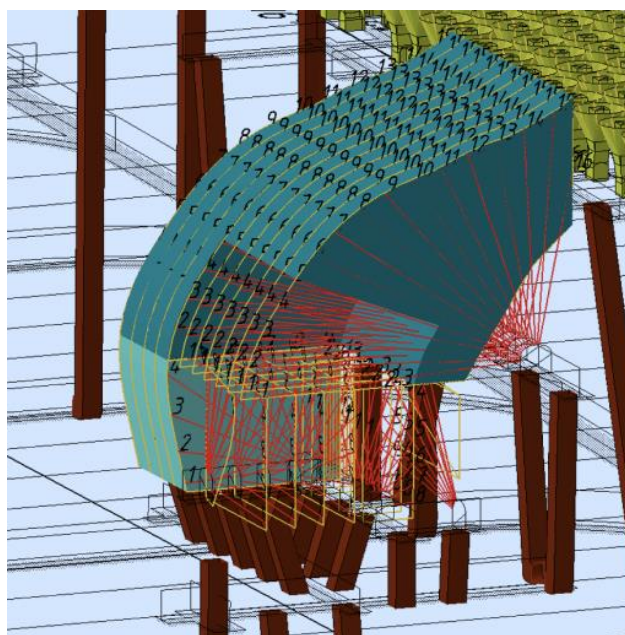


Рис.1. 3D-модель шахты в программе K-MINE

Современные графические технологии и 3D-моделирование позволяют значительно повысить точность проектирования горнодобывающего оборудования и инфраструктуры. Использование детализированных цифровых моделей помогает инженерам анализировать конструктивные элементы механизмов, прогнозировать их поведение под нагрузкой и оптимизировать процессы производства [5, с. 250]. В горной промышленности такие модели применяются для визуализации сложных технических узлов, таких как крепи, шахтные клетки, конвейеры и системы вентиляции, что снижает вероятность ошибок на этапе проектирования. Пример 3D-модели шахтного оборудования, созданной с использованием современных графических технологий представлена на рисунке 2.

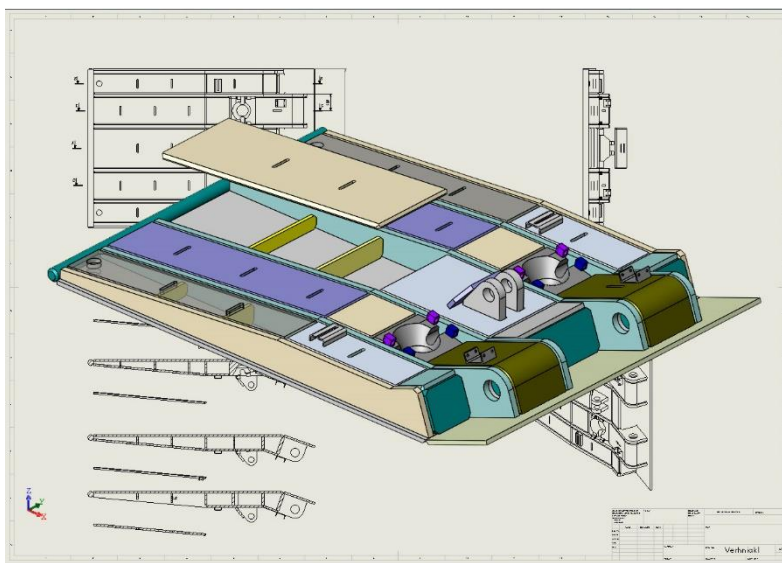


Рис. 2. 3D-модель шахтного оборудования

Внедрение 3D-технологий в проектирование позволяет не только создавать детализированные чертежи, но и проводить виртуальные испытания оборудования до его изготовления. Это особенно важно в условиях шахт, где сложность монтажа и эксплуатации требует высокой точности при расчётах. Благодаря таким технологиям можно заранее выявлять потенциальные проблемы, оптимизировать конструкцию и снижать затраты на производство и эксплуатацию горных механизмов.

Современные технологии 3D-моделирования играют важную роль в прогнозировании и анализе геомеханических процессов в подземных выработках. Благодаря цифровым симуляциям инженеры могут тестировать различные сценарии воздействия нагрузок на конструкции, оценивать устойчивость крепей и выявлять потенциальные зоны риска. Использование специализированного программного обеспечения, такого как AutoCAD, Surpac или Micromine, позволяет детально прорабатывать шахтные проекты, учитывая динамику порового давления, деформации горных пород и вентиляционные потоки [6, с. 290].

Таким образом, знания инженерной и компьютерной графики в совокупности с интеграцией 3D-графики в горнодобывающую отрасль значительно повышает эффективность работы шахтных предприятий. Интерактивные модели шахтных систем обеспечивают точное представление инфраструктуры, что способствует более безопасному и рациональному ведению горных работ. С помощью таких технологий можно заранее выявлять конструктивные несовершенства, оптимизировать маршруты транспортировки руды и сократить эксплуатационные расходы. На сегодняшний день цифровые методы проектирования стали неотъемлемым инструментом в разработке шахт и подземных объектов, повышая их надёжность и долговечность.

Список литературы:

1. Мельников, Н. Н. Основы подземной разработки месторождений полезных ископаемых / Н. Н. Мельников. – М.: Недра, 2019. – 290 с.
2. Коваленко, В. П., Геометрические основы проектирования горных выработок / В. П. Коваленко, Тимофеев В. А. ; – СПб.: Политехника, 2018. – 305 с.
3. Семенов, А. Г. Начертательная геометрия: проекционные методы в горном деле / А. Г. Семенов. – Екатеринбург: УГГУ, 2020. – 280 с.
4. Решетов, С. Е. Современные методы автоматизированного проектирования горных выработок / С. Е. Решетов. – Кемерово: КузГТУ, 2022. – 370 с.
5. Бондаренко, В. Л., Корнилов Д. А. Инженерная графика в горном деле / В. Л. Бондаренко, Д. А. Корнилов ; – Томск: Томский политехнический университет, 2019. – 275 с.
6. Федоров, И. П. Инновационные технологии в подземной разработке месторождений / И. П. Федоров. – Иркутск: Издательство ИрГТУ, 2020. – 315 с.