

УДК 004.942; 622.3

## РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ СКОРОСТНОЙ ПРОХОДКИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Тургенев А.Д., студент гр. ИТм-201, II курс  
Научный руководитель: Стародубов А.Н., к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Россия является одним из мировых лидеров по производству угля. Объем добычи угля постоянно растет. По различным прогнозам, в ближайшие десятилетия этот объем будет увеличиваться [1].

Угольную шахту можно отнести к сложной системе, где множество оборудования взаимодействует во времени и пространстве. При добыче угля подземным способом возникают задачи по согласованию параметров: размеров забоя, размеров зарубки, времени операций для обеспечения максимальной производительности добычи. Для решения таких задач применяют методы имитационного моделирования, где реальная система представляется в компьютере в виде некоторого алгоритма [2].

Одним из самых распространенных и эффективных программных продуктов, применяемых для моделирования горных работ, является специализированный язык имитационного моделирования GPSS в его различных версиях. Так, с его использованием построен ряд моделей и проведено множество исследований, посвященных горнопроходческим работам [3].

Компьютерная имитация является труднодоступной для проектировщиков и, тем более, для технологов на горнодобывающих предприятиях, так как для имитационного моделирования необходимо владеть алгоритмическим языком, на который надо уметь переводить технологические параметры объекта моделирования, а также результаты моделирования трудно интерпретировать как показатели процесса. Горный инженер, столкнувшийся с проблемой выбора технологических решений, вынужден разьяснять ее специалисту по имитационному моделированию, незнакомому технологии горных работ. После многократной корректировки имитационной модели и проведения имитационных экспериментов часто оказывается, что модель не соответствует изменившемуся объекту моделирования. Возникает проблема доступности имитационных экспериментов для горных инженеров-технологов.

В последнее время создаются программы, позволяющие отображать процесс имитации в виде анимации. Непрограммирующий пользователь вводит технологические показатели и оценивает изменение технологического процесса по анимации на экране компьютера (рис. 1).



Рисунок 1 – Моделирование с использованием анимации

Применение компьютерной анимации позволяет воспроизводить динамику горных работ на экране компьютера, проверять правильность имитационной модели по визуальному отображению, легко выявлять и исправлять ошибки при откладке модели, перемещаться во времени, менять масштаб и позиционирование изображения с целью анализа и прогноза ситуаций.

Для отображения горных работ можно выделить следующие основные задачи компьютерной анимации:

- Верификация модели. Анимация - идеальный метод подтверждения правильной работы модели. Трудноуловимые ошибки, которые не могут быть обнаружены при помощи стандартного вывода, становятся явными, когда динамика горных работ графически отображается на экране компьютера.

- Сдача модели в эксплуатацию. Анимация является средством убеждения в правильности работы модели, в корректности связей технологического процесса с модельными параметрами.

- Эксплуатация модели. Анимация позволяет сделать процесс имитации и анализа горных работ доступным для проектировщиков, не владеющих языками программирования.

- Вывод показателей процесса. Анимация предусматривает вывод в процессе моделирования статистических данных моделируемой системы на экран компьютера. Эта статистика меняется в ходе анимации. По ней можно исследовать время текущей операции, время выполнения каждой операции в отдельности, объем добытого угля, а также объем добытого угля в данный момент.

- Обучение. Анимация является одним из самых мощных инструментов для обучения инженеров-технологов горных предприятий, так как позволяет увидеть динамику технологических процессов на экране компьютера, наглядно и просто оценивать влияние своих решений на показатели процессов [4].

Для решения обозначенных выше задач по анимационному отображению горных работ будет использован программный продукт Proof Animation. С помощью данной программы будет построена анимационная модель, которая будет связана с имитационной моделью на базе GPSS World.

Целью технологии является повышение эффективности и безопасности комбайнового проведения подготовительной горной выработки с неустойчивой кровлей.

Способ проведения подготовительной горной выработки включает разрушение горной породы, оформление контура выработки и погрузку отбитой

горной массы комбайном, анкерное крепление кровли с использованием металлической решетчатой затяжки, транспорт горной массы средствами транспорта.

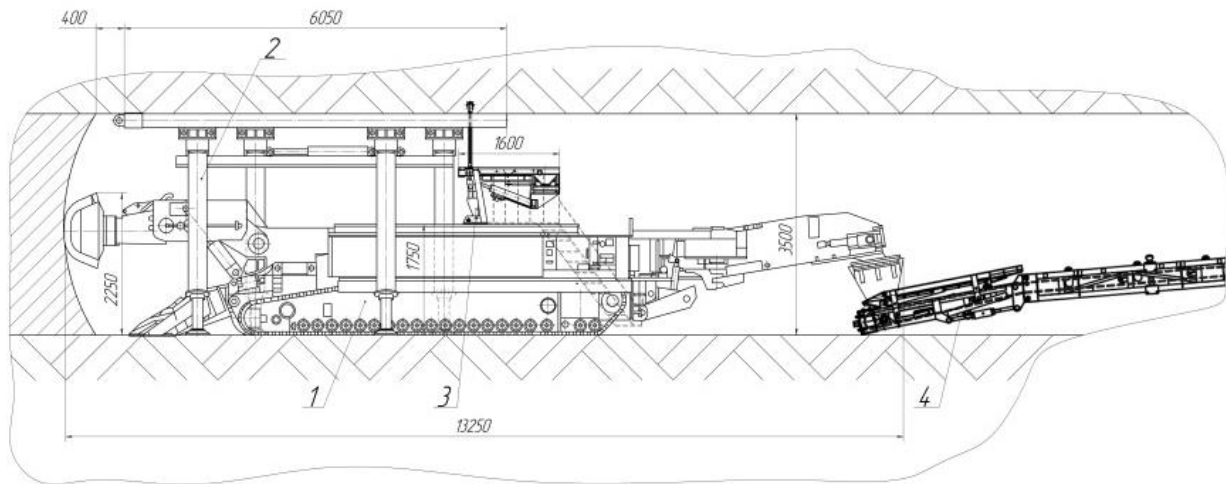


Рисунок 2 – Проходческий комплекс для скоростной проходки  
1 – проходческий комбайн, 2 – механизированная шагающая крепь, 3 – буровой станок с анкероустановщиком, 4 – перегрузатель

Особенностью способа является то, что в каждом цикле работы комбайна сначала отбивают горную породу в зоне опережающего временного крепления, в эту зону секцией механизированной крепи доставляют временную крепь, этой же секцией временную крепь поднимают к кровле выработки и поддерживают, затем заканчивают отбойку горной породы, погрузку горной массы в транспортное средство, оформление контура, зачистку выработки и возведение постоянной крепи.

Механизированная крепь для осуществления этого способа состоит из двух секций, передовой и отстающей, соединенных между собой гидродомкратами передвижки, каждая из которых содержит траверсы с опорными балками и распорные гидростойки с направляющими, причем поршневые полости распорных гидростоек снабжены гидрозамками, а каждая опорная балка связана с траверсой через проставку.

Особенностью крепи является то, что высоту проставки принимают больше высоты опорной балки не менее чем на высоту используемой временной крепи, ширину промежутка между соседними опорными балками принимают не менее ширины прижимной шайбы используемой анкерной крепи, каждая распорная гидростойка ориентирована по нормали к соответствующей траверсе и связана с ней жестко, а ширину промежутка между соседними направляющими принимают не менее высоты проставки.

Таким образом, за счет использования опорных балок в качестве средства доставки решетчатой затяжки в зону опережающего временного крепления выработки и ее подъема к кровле обеспечивается повышение безопасности ведения горно-подготовительных работ, а последующее использование

решетчатой затяжки при возведении постоянной крепи повышает их эффективность, что свидетельствует о достижении поставленной цели [5].

В результате разработана анимационная модель, отображающая технологию скоростной проходки горных выработок, и соединенная с созданной ранее имитационной моделью.



Рисунок 3 – Отображение работы технологии скоростной проходки горных выработок

Таким образом, создание анимации горных работ и ее связь с имитационной моделью позволит:

- Воспроизводить динамику горных работ на экране компьютера;
- Проверять правильность имитационной модели по визуальному отображению;
- Легко выявлять и исправлять ошибки при отладке модели;
- Перемещаться во времени, менять масштаб и позиционирование изображения с целью анализа и прогноза ситуаций;
- Менять технологические характеристики и время продолжительности операций;

### Список литературы:

1. Таразанов И. Г. Итоги работы угольной промышленности России, Ежемесячный журнал «Уголь». – март 2018. – 58 – 73 с.
2. Журавлев А.Г. К вопросу обоснования производительности экскаваторно-автомобильных комплексов методом компьютерного моделирования: научная статья / Журавлев А.Г., Скороходов А.В.; УрО РАН. – Екатеринбург, 2015. – 53-60 с.
3. Стародубов А.Н. Система имитационного моделирования горнопроходческих работ / А.Н. Стародубов, В.В. Зиновьев, М.В. Береснев // Уголь. – 2016. - №2. – С. 20 – 24.
4. Кузнецов И.С., Крамаренко В.А. Анимационное представление работы экскаваторно-автомобильного комплекса, XI Всероссийская научно-

практическая конференция молодых ученых «РОССИЯ МОЛОДАЯ», 2019.

5. Клишин В. И., Анферов Б. А., Кузнецова Л. В., Никитенко С. М. Способ проведения подготовительной горной выработки и механизированная крепь для его осуществления, ФИЦ УУХ СО РАН, 2020.