

УДК 378

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО ДОРОЖНОГО ПУТИ

Савков Е.Д., студент гр. ГМс-241, I курс

Научный руководитель: Прейс Е.В., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово

Горнодобывающая промышленность в Кузбассе является одной из лидирующих в нашей стране, играет ключевую роль в обеспечении энергетической безопасности и экономического развития России. Кузбасс, известный как Кузнецкий угольный бассейн, уже более века остается главным угледобывающим центром страны. Здесь добывается около 60% всего российского угля, включая каменный, бурый и особенно ценный коксующийся уголь, использующийся в металлургической промышленности. Добыча каменного угля в Кузбассе производится как с помощью шахт, так и с помощью карьеров.

Угольный карьер — это масштабное горнодобывающее предприятие, где уголь добывается открытым способом. Его работа начинается с геологической разведки, которая определяет местоположение, мощность и качество угольных пластов.

После этого проводится подготовка территории, которая называется вскрышей: удаляется верхний слой почвы и пустой породы. Этот процесс выполняется с помощью бульдозеров, экскаваторов и другой тяжелой техники. Вскрыша может достигать десятков метров в глубину в зависимости от того, насколько глубоко залегает угольный пласт. Удаленная порода складывается в отвалы, которые позже могут быть использованы для рекультивации территории.

Сам карьер разрабатывается уступами. Уступы — это горизонтальные слои, которые вынимаются последовательно. Уступы создаются для обеспечения безопасности и эффективности работ. Их высота может варьироваться от нескольких метров до десятков метров, в зависимости от оборудования и условий залегания угля. Угол наклона уступов тщательно рассчитывается, чтобы предотвратить обрушения.

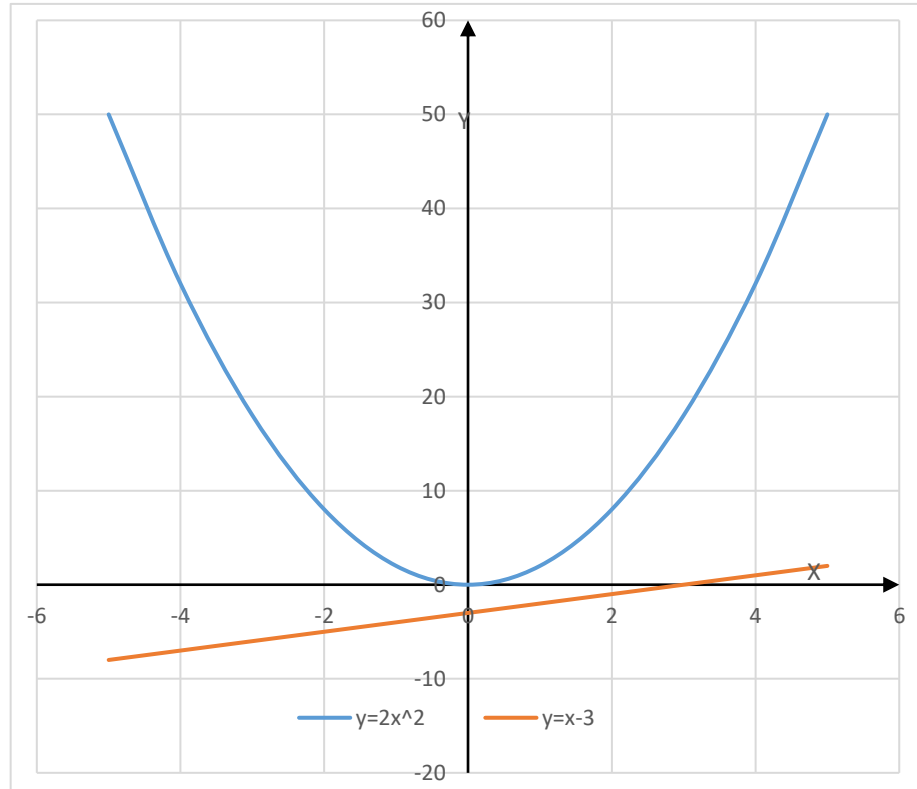
Для добычи угля используются мощные экскаваторы, которые загружают уголь на самосвалы или конвейерные ленты. Самосвалы, часто грузоподъемностью в сотни тонн, транспортируют уголь к местам переработки или погрузки на железнодорожный или автомобильный транспорт. В некоторых карьерах для транспортировки угля используются конвейерные системы, которые позволяют значительно ускорить процесс.

Важным элементом инфраструктуры карьера являются дороги. Они необходимы для перемещения тяжелой техники и транспортировки угля. Это

достаточно дорогостоящий элемент инфраструктуры, поэтому оптимальные соединения дорог является актуальной задачей.

Пусть даны две различные дороги, каждая из которых представляет собой некоторую линию на плоскости. Пусть первая дорога задана уравнением $y = 2x^2$, а вторая дорога уравнением $y = x - 3$. Необходимо соединить эти две дороги новой дорогой так, чтобы длина новой дороги была наименьшей из возможных значений. Кроме этого, нужно определить точки соединения этих дорог.

Для наглядности построим график этих функций.



Пусть точка $A(a; 2a^2)$ принадлежит графику первой функции. Точка $B(b; b - 3)$ принадлежит второму графику. Найдём расстояние между двумя точками:

$$R(a, b) = R^2 = (b - a)^2 + (b - 3 - 2a^2)^2$$

Это выражение представляет собой функцию двух переменных. Найдём экстремум этой функции:

$$\begin{cases} \frac{dR(a,b)}{da} = -2(b - a) - 8a(b - 3 - 2a^2) \\ \frac{dR(a,b)}{db} = 2(b - a) + 2(b - 3 - 2a^2) \end{cases}.$$

Составим систему уравнений из частных производных и решим её.

$$\begin{cases} -2(b - a) - 8a(b - 3 - 2a^2) = 0 \\ 2(b - a) + 2(b - 3 - 2a^2) = 0 \end{cases}$$

Заменим первое уравнение суммой двух уравнений:

$$\begin{cases} (b - 3 - 2a^2)(2 - 8a) = 0 \\ b - a + b - 3 - 2a^2 = 0 \end{cases}$$

Составим две системы уравнений, расписывая произведение:

$$\begin{cases} b - 3 - 2a^2 = 0 \\ 2b - a - 2a^2 - 3 = 0 \end{cases} \text{ и } \begin{cases} 2 - 8a = 0 \\ 2b - a - 2a^2 - 3 = 0 \end{cases}$$

Первая система не имеет решения. Вторая система дает решение:

$$\begin{cases} a = 0,25 \\ 2b - a - 2a^2 - 3 = 0 \\ a = 0,25 \\ b = 1,6875 \end{cases}$$

Найдем частные производные второго порядка для функции $R(a, b)$ для определения экстремума.

$$\frac{d^2 R(a, b)}{da^2} = 2 - 8b + 24 + 48a^2$$

$$\frac{d^2 R(a, b)}{dadb} = -2 - 8a$$

$$\frac{d^2 R(a, b)}{db^2} = 4$$

Вычислим их значения в точке $(0,25; 1,6875)$ и определим экстремум.

$$\Delta = \left(\frac{d^2 R(a, b)}{db^2} \right) * \left(\frac{d^2 R(a, b)}{da^2} \right) - \left(\frac{d^2 R(a, b)}{dadb} \right)^2 = 46, \text{ следовательно, в точке } a = 0,25;$$

$b = 1,6875$ определяется минимум функции $R(a, b)$. Подставим эти значения в функцию и определим наименьшее расстояние между рассматриваемыми дорогами. $R \approx 2$ км

Сделаем приблизительную оценку стоимости строительства дороги.

Первым делом определимся с нужным видом дороги. Так как данный участок будет соединять грузовую и комбинированную дороги, отдадим предпочтение грузовому виду с покрытием из щебня. Для комфортного функционирования дороги сделаем её ширину 10 метром. Допустим, выравнивание территории для строительства не требуется, также для надежности и долговечности объекта укрепим его и установим водоотводные каналы. Таким образом, приблизительная стоимость будет выглядеть следующим образом:

- Покрытие из щебня приблизительно 2000 рублей за кв.м
- Укрепление дороги 5000 рублей за пог.м
- Дренаж 3000 рублей за пог.м

Рассчитаем стоимость нового участка дороги. Покрытие – $20000 \text{ кв.м} * 2000 = 40$ млн. рублей. Укрепление: $2000 \text{ м} * 5000 = 10$ млн. рублей. Дренаж: $2000 \text{ м} * 3000 = 6$ млн. рублей. Общая стоимость составит 56 млн. рублей.

В данной работе был проведен расчет оптимального дорожного пути между двумя дорогами. В результате математического анализа и решения системы уравнений было найдено минимальное расстояние между этими дорогами, которое составило приблизительно 2 километра.

Для соединения этих двух дорог был предложен проект строительства новой дороги грузового типа со щебеночным покрытием. Расчеты показали,

что общая стоимость строительства, включая покрытие, укрепление и дренаж, составит около 56 миллионов рублей.

Проведенная работа демонстрирует важность математического моделирования и анализа при проектировании инфраструктуры горнодобывающих предприятий. Оптимизация дорожных путей не только повышает эффективность транспортировки угля и других материалов, но и способствует снижению затрат на строительство и эксплуатацию дорог. Данный подход может быть применен для решения аналогичных задач в других отраслях промышленности, где требуется оптимизация транспортных маршрутов.

Список литературы:

1. Статья «Внутрикарьерные автомобильные дороги». Горобцов А. В.