

**МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ  
РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ**

*д.т.н., проф. Полищук С.З., ассистент Петровций О.В.*

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия  
строительства и архитектуры»*

**Введение.** Устойчивость открытых горных выработок в течении всего срока эксплуатации обеспечивается, прежде всего, выбором рациональных конструктивных параметров уступов и бортов карьера. Массив, ослабленный горной выработкой, при ведении горных работ представляет собой динамическую механическую систему, равновесное состояние которой определяется множеством факторов. Недоучет ряда факторов, влияющих на устойчивость, приводит к дополнительным экономическим издержкам и снижению безопасности ведения горных работ.

**Цель работы.** Целью данной статьи является рассмотрение комплексного подхода к назначению результирующих углов бортов карьеров со сложной структурой прибортового массива.

**Основная часть.** Определение рациональной конструкции бортов карьеров возможно на основе решения двух взаимосвязанных задач:

- определение результирующих углов наклона бортов карьера [1-3];
- выбор оптимального профиля борта карьера с учетом различных факторов [4, 5].

При решении первой задачи (рис.1) должны быть реализованы, по крайней мере, следующие этапы:

1. Определение и обоснование исходных данных (физико-механические свойства пород, описание структуры массива, задание нормативных коэффициентов запаса устойчивости и др.).

2. Обоснование расчетной схемы (модели) прибортового массива с учетом имеющихся горно-геологических данных.

3. Выбор метода расчета запаса прочности массива (метод алгебраического сложения сил, метод многоугольника сил, метод конечных элементов, комплекс методов и т.д.).

4. Выбор методики проведения расчетов (одношаговая, многовариантная, детерминированная, аналитическая, численная, полуэмпирическая, экспертная, многофакторная и т.д.).

При решении второй задачи – задачи оптимизации, в самом общем случае требуется определить контур  $f(x)$  борта карьера глубиной  $H$ , для которого обеспечивается одновременное выполнение условий минимума целевой функции оптимизации  $\psi$ , связанной, главным образом, с объемом выемки горных и стоимостью их разработки, при сохранении требуемых параметров устойчивости ( $\eta_n$ ) горного массива (с прочностными характеристиками –  $c$ ,  $\rho$ )

по потенциальной поверхности скольжения  $y(x)$  с учетом ряда специфических ограничений задачи.

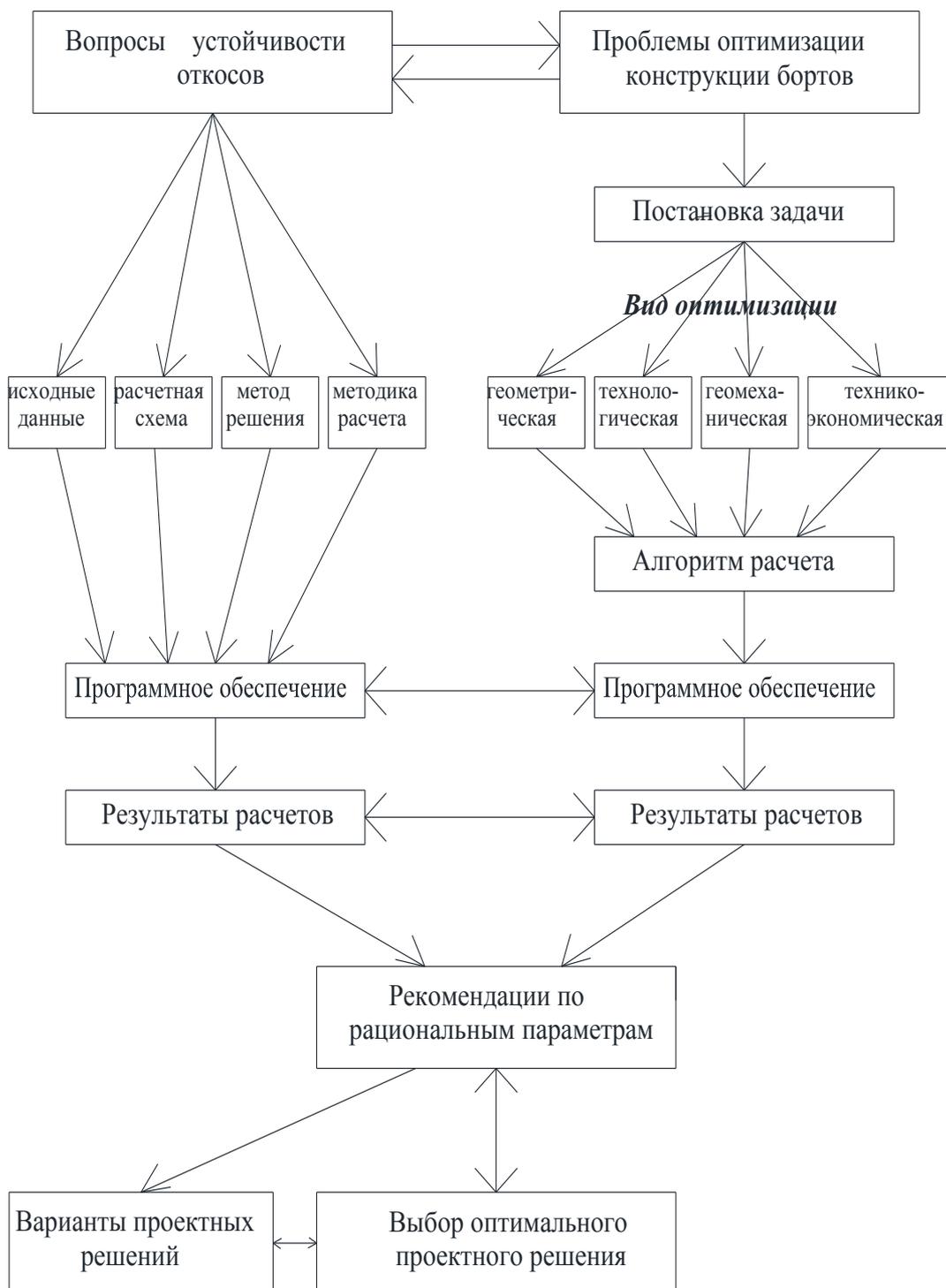


Рис.1. Структурная схема

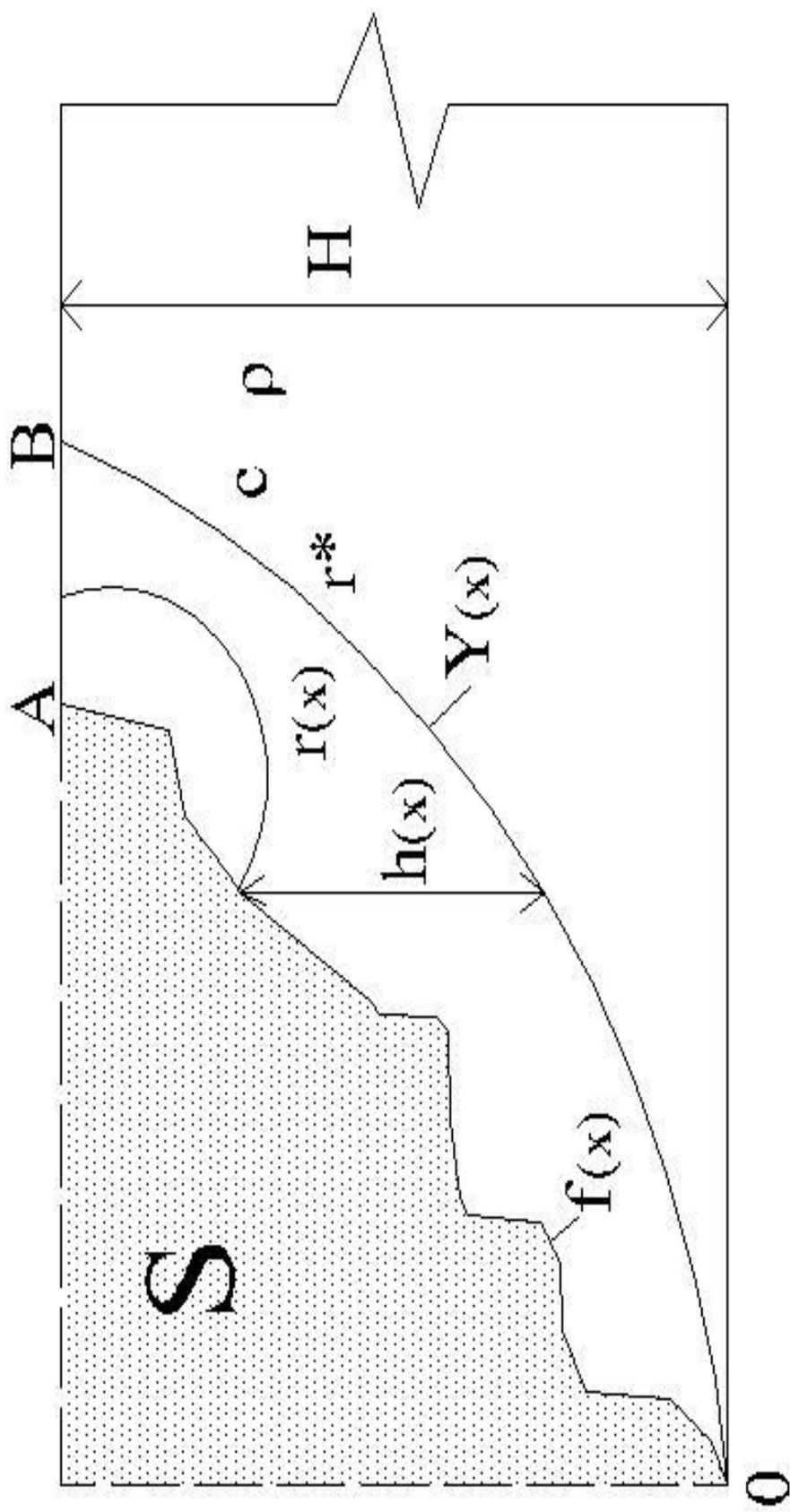


Рис.2. Расчетная схема

Одна из возможных математических записей оптимизационной задачи, исходя из представлений геомеханики открытых горных выработок, состоит в следующем (рис. 2).

Требуется определить контур борта  $f(x)$  заданной высоты  $H$ , включающей характерные точки  $O$  и  $A$ . Местоположение и параметры функции  $y(x)$  не известны. Имеют место следующие математические условия:

$$S = \int_0^{x_A} (H - f(x)) dx \rightarrow \min;$$

$$\eta = \frac{F_{yд}}{F_{сд}} \rightarrow \min;$$

$$\eta(x) = \eta_H, 0 < x < x_A;$$

$$F_{yд} = \gamma \int_0^{x_B} h(x) \cos \varphi(x) dx \cdot tg \rho + c \int_0^x \sqrt{1 + y'^2(x)} dx;$$

$$F_{сд} = \gamma \int_0^{x_B} h(x) \sin \varphi(x) dx \cdot tg \rho;$$

$$h(x) = \begin{cases} f(x) - y(x), & 0 \leq x \leq x_A; \\ H - y(x), & x_A \leq x \leq x_B; \end{cases}$$

$$\varphi(x) = arctg y'(x), \quad f(0) = y(0) = 0;$$

$$f(x_A) = y(x_B) = H.$$

Параметр  $x_B$  также в общем случае не известен.

Решение этой задачи представляет значительные сложности, в особенности, если величины  $c$  и  $\rho$  также являются переменными по высоте борта карьера.

Реализация всех вышеперечисленных этапов позволит научно-обосновано определить рациональную конструкцию борта карьера с учетом комплекса рассмотренных факторов.

На первом этапе исследований подробное внимание было уделено обоснованию методики расчета рациональных результирующих углов наклона бортов карьера.

Вопросы обоснования исходных данных достаточно подробно рассматривались ранее и здесь на обсуждаются. Однако, следует оговориться, что по мере накопления дополнительной геологической информации о месторождении, производится периодическая их проверка и, при необходимости, корректировка.

В качестве основных расчетных методов нами выбрано два: метод алгебраического сложения сил и метод конечных элементов при комплексном их использовании.

Остановимся, далее, на выборе расчетной схемы устойчивости.

Казалось бы, производя расчеты устойчивости непосредственно с использованием фактического инженерно-геологического разреза, а не с его упрощенными моделями, можно получить наиболее достоверную информацию. В идеале, если быть абсолютно уверенным в точности и достоверности исходных данных и адекватно заданной инженерно-геологической детализации выбранному расчетному методу, это так. Однако, на практике это, как правило, не выполняется. Многообразие, разнородность и различная значимость большого количества факторов, а также их вероятностный характер (литологические разности, их мощность и угол падения, характеристика тектонических нарушений и зон дробления, тектонических трещин и пр.) ставит под сомнение большую точность прогноза устойчивости по детальной схеме по сравнению с упрощенной моделью. Кроме того, ни одна из расчетных схем не в состоянии учесть одновременно все многообразие факторов.

Выбор расчетной модели в каждом конкретном случае зависит от сложности и особенностей рассматриваемого расчетного профиля. В самом простейшем случае мы имеем дело с расчетом устойчивости откоса с однородной структурой массива при осредненных показателях физико-механических свойств пород.

**Выводы.** Методика определения рациональных углов откосов уступов и бортов карьера должна состоять из двух этапов.

На первом этапе необходимо определить среднестатистические или наиболее вероятные результирующие углы откосов по модельным сечениям (или в целом по карьере) с использованием упрощенных расчетных схем.

Второй этап реализации методики предусматривает определение поправок к вычисленным ранее углам за счет влияния комплекса выделенных факторов.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ржаницын А.Р. Применение статистических методов в расчетах сооружений на прочность// Строительная промышленность. – 1959. – №6. – С.32-36.
2. Полищук С.З. Геомеханические задачи рационального природопользования на открытых горных работах. – К.: Наукова думка, - 1998. – 180 с.
3. Газиев Э.Г. Устойчивость скальных массивов и методы их закрепления. М.: Стройиздат, 1977. – 161 с.
4. Несмашный Е.А. Оптимизация геометрических параметров открытых горных выработок. – Кривой Рог: Изд-во «Минерал», - 1999, 118 с.
5. Прогноз устойчивости и оптимизация параметров бортов глубоких карьеров. – Днепрпетровск: Изд-во «Полиграфист», - 2001, 370 с.