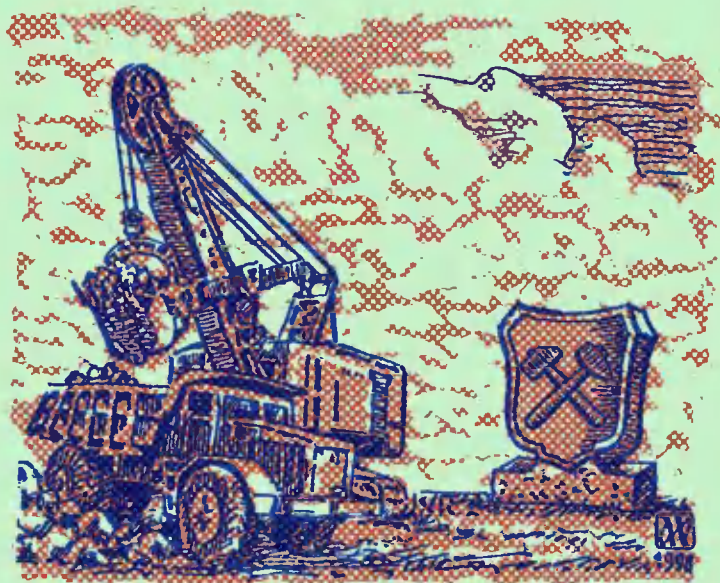


С 171
Н 852

А.И. Арсентьев

ДИАЛОГИ **о горной науке**



Санкт-Петербург

1999

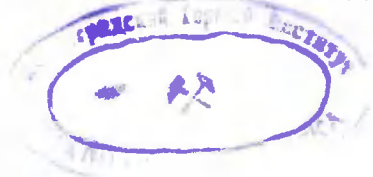
Министерство общего и профессионального образования РФ
Санкт-Петербургский государственный горный институт
имени Г.В. Плеханова (технический университет)

А.И. Арсентьев

ДИАЛОГИ О ГОРНОЙ НАУКЕ



Санкт-Петербург 1999



Диалоги о горной науке. Арсентьев А.И. Санкт-Петербургский Государственный горный институт (технический университет). СПб, 1999, 154 с.

В книге в форме диалога между двумя исследователями рассказывается о работе ученика и учителя по решению отдельных задач горной науки, возникновению и развитию теоретических идей. Диалоги будут полезны студентам, аспирантам и молодым учёным в качестве примеров поиска решений конкретных задач горной науки в области наземной разработки твёрдых полезных ископаемых.

Редакция автора.

© Санкт-Петербургский
горный институт им. Г.В.
Плеханова, 1999.



Чужое охать мудрости немного
надо, а своё придумать - не одну
ночку с боку на бок повертеться.

Павел Бажов

ПРЕДИСЛОВИЕ



Изучение научной литературы показывает, что в статьях и книгах обычно излагаются только конечные результаты исследования и не рассматриваются пути поиска этих результатов, не описываются неудачи и просчёты, в то время как подобные сведения могут быть очень интересными и поучительными. Они показывают научную работу изнутри, пути мысли, которые вели к истине. Очевидно, что такие сведения безусловно полезны для молодых исследователей и интересны для людей любознательных, интересующихся развитием и становлением научных идей.

Используя свой богатый опыт, который накопился за 50 лет научно-педагогической работы, я решил не рассматривать общие проблемы научного творчества, как например Е.И.Регирер* и многие другие учёные, а рассказать о некоторых конкретных задачах горной науки и путях их решения. Причём, обратить

* Регирер Е.И. О профессии исследователя в точных науках. М., "Наука", 1966. Развитие способностей исследователя. М., "Наука", 1969.

наибольшее внимание на процесс поиска решения и помощи молодому учёному со стороны руководителя, т.е. совместной работы ученика и учителя.



Александр Иванович
Арсентьев (рожд.1918)

Я облёк свои размышления в придуманную мною

форму диалога между молодым исследователем Михаилом (М) и опытным учёным Фёдором (Ф). Попытался рассказать о том, как в результате их встреч и бесед вырисовываются решения отдельных научных задач горной науки в области наземного способа разработки твёрдых полезных ископаемых. Беседы основаны на работах автора и его учеников. Они совершенно не повторяют фактический ход исследований и фактических авторов. После каж-

дого цикла бесед указаны использованные источники. Я включил в "Диалоги" выполненные мною портреты учёных с указанием основных, по моему мнению, их трудов в рассматриваемой в диалогах области.

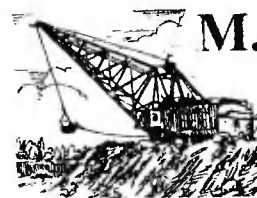
Надеюсь, что "Диалоги" будут интересны и полезны студентам и молодым учёным, занимающимся проблемами развития славной Горной Науки.

Март 1999 г.
Санкт-Петербург.



Тот же блин, да подмазан.
Пословица

1. МАСШТАБ - РАЗВЕ ЭТО ВАЖНО



М. Мой научный руководитель поставил задачу - исследовать горные работы на карьере Н. Там интересная ситуация с работой драглайнов на выемке вскрышных пород, которые они складировать во внутренние отвалы. Породы двух типов: сверху пласт наносов, а под ним скальные известняки, которые приходится предварительно взрывать (рис.1).

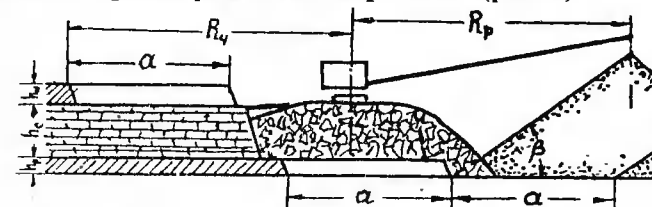


Рис.1. Система разработки с непосредственной перевалкой нескальных и скальных пород во внутренний отвал

Так вот, драглайн черпает с одной стоянки наносы и взорванные скальные породы. Мне нужно выявить зависимость его производительности от соотношения мощностей этих пород.

Ф. Задача интересная. И что же ты успел сделать?

М. Это не задача, а кошмар! Я два месяца безвылазно работал в геологическом, маркшейдерском, техническом отделах комбината, собирал материалы по работе драглайнов за два года. Нужно было не просто получить цифру производительности, а определить, в

каком месте он в это время работал и какие были там мощности наносов и скальных пород. Выявил 1840 данных, сгруппировал их по доле скальных пород во вскрышных породах:

$$\delta_c = \frac{h_c}{h_c + h_H} \quad (1)$$

Получилось 14 групп, в которые я ввёл средние значения по группам. Вот, посмотрите что получилось:

Таблица 1.

№ п/п	δ_c	Q_B , тыс.м ³ /год	№ п/п	δ_c	Q_B , тыс.м ³ /год
1	0,20	6,10	8	0,55	5,37
2	0,25	6,73	9	0,60	5,05
3	0,30	6,35	10	0,65	4,96
4	0,35	5,75	11	0,70	5,15
5	0,40	6,00	12	0,75	4,82
6	0,45	5,60	13	0,80	4,48
7	0,50	5,63	14	0,85	4,70

Средняя $Q_B = 5,48$ тыс.м³/год.

Ф. Да. Твой труд впечатляет. И что же ты собираешься с этим материалом делать?

М. Как что? Я докажу значительное влияние доли скальной вскрыши на производительность драглайна.

Ф. Я, что-то сомневаюсь в этой значительности. По таблице это не очевидно. Попробуй вынести данные на график.

→ → прошло время → → →

М. Я принёс график (рис.2). Вы, кажется, правы. Не так уж значительно влияние этого коэффициента.

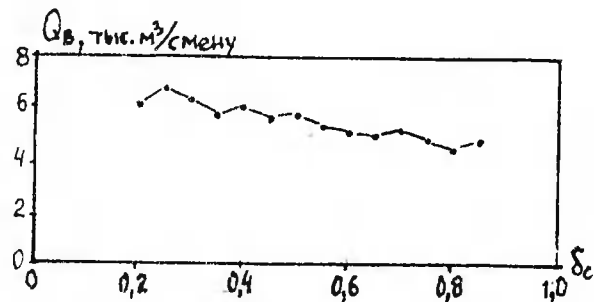


Рис.2. График $Q_B = f(\delta_c)$

Ф. Ну, ты уже загрустил. Нужно наглядно показать серьёзность твоего труда. Попробуй поработать с масштабами графика. В умелых руках масштаб - большая сила!

→ → прошло время → → →

М. Никогда не думал, что может сделать масштаб. Думаю, что теперь мне поверят, что доля скальных пород оказывает сильное влияние на производительность вскрышного экскаватора (рис.3). Этот график я сделаю на весь лист ватмана.

Ф. - Ты понял значение масштаба. Ты должен понимать, что и в жизни и в науке важно не только быть, но и выглядеть. Ещё в XVIII веке писатель Генри Фильдинг утверждал, что "высокие достоинства умственного угощения зависят не столько от темы, сколько от искусства писателя выгодно подать

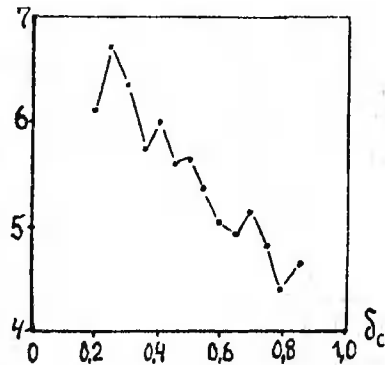


Рис.3. График $Q_B = f(\delta_c)$

её". Графическая часть диссертации и, особенно, демонстрационные листы к докладу это фундамент и каркас здания доклада. Они должны быть лаконичными, яркими и читаемыми на расстоянии 5 - 8 м. Кстати! Ты читал "заповеди диссертанта"?

М. Нет. Я только о них слышал.

Ф. Это продукт научного фольклора, в котором в остроумной форме даются советы диссертантам, основанные на большом опыте защит диссертаций. Мне вспомнились два совета: 1. Не пиши длинно. Диссертация не "Война и мир" и ты не Лев Толстой. Пухлая диссертация действует на оппонента, как красный цвет на быка.

2. Не пиши кратко. Краткость свидетельствует либо о большом таланте, либо о скудости знаний. Оппоненты и члены Учёного Совета не простят тебе ни того, ни другого.

Я постараюсь найти тебе эти "заповеди". Но, возвратимся к твоим работам. Факты ты собрал, получил интересные данные. А где же наука? Где открытия, закономерности?

Источник: 1. Горно-инженерная графика. Авт.: Ломоносов Г.Г., Арсентьев А.И. и др. М., "Недра", 1976.

2. Михайлова Р.А. Выбор оптимальных параметров систем открытой разработки обводнённых горизонтальных месторождений. Канд. дисс. ЛГИ, 1986.



Георгий Агрикола
(1494 - 1555)

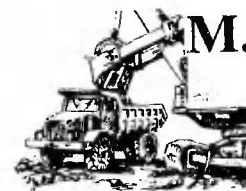
Учёный энциклопедист.
Автор книги "De re Metallica"



Не то мудрено, что переговорено,
а то, что не договорено.

Пословица

2. ГДЕ ЖЕ НАУКА?



М. Я изучал премудрости математической статистики, получил красивое уравнение производительности драглайна в зависимости от доли скальных пород:

$$Q_v = Q_c \cdot \delta_c + Q_n \cdot \delta_n \quad (2)$$

здесь: Q_c и Q_n - производительность драглайна, соответственно, на скальных и рыхлых породах; δ_c , δ_n - доли, соответственно, скальных и нескальных пород.

А для карьера Н.:

$$Q_v = 4,0 \cdot \delta_c + 7,0 \cdot \delta_n, \text{ тыс. м}^3/\text{смену} \quad (3)$$

Ф. Поздравляю! У тебя явные проблески научной мысли. А ты не проверил, не было ли таких проблесков у других исследователей?

→ → прошло время → → →

М. Знаете! Я разыскал статью Л. Он занимался аналогичной проблемой на других карьерах и получил формулу:

$$Q_v = 5765 - 2079 \delta_c \quad (4)$$

У него получились $Q_n = 5765$, а $Q_c = 3686 \text{ м}^3/\text{смену}$.

У меня совсем другая формула и другие результаты.

Ф. Не торопись с выводами! У Л. уравнение прямой. Поработаем над твоим уравнением (3). Известно, что $\delta_n = 1 - \delta_c$. Подставим в формулу (3): $Q_c = 4,0 \cdot \delta_c + 7,0(1 - \delta_c) = 4,0 \cdot \delta_c + 7,0 - 3,0 \cdot \delta_c$ и получим

$$Q_c = 7,0 - 3,0 \cdot \delta_c \text{ тыс.м}^3/\text{смену} \quad (5)$$

т.е. такое же уравнение прямой, что и у Л.

М. Ну, Вы и вредный человек! Ведь у меня другая разновидность формулы и другие цифры.

Ф. Конечно. Во время защиты диссертации члены Совета могут и не заметить сходства. Но ты-то сам знаешь, что прямую пропорциональность производительности драглайна от доли скальных пород за два года до тебя установил Л. Как дела с совестью? С этикой? Кроме того, почему ты уверен, что зависимость $Q_c = f(\delta_c)$ является прямой? Может быть это парабола, гипербола или ещё более интересная кривая.

→ → прошло время → → →

М. Действительно, моё множество из 1480 точек можно описать кривой типа:

$$y = \frac{a}{b + x} \quad (6)$$

Но случилось ужасное! Вчера в научной библиотеке обнаружил статью К. В ней автор на основе анализа системы разработки получил формулу:

$$Q_c = \frac{Q_c}{\tau + \delta_c(1 - \tau)} \quad (7)$$

где $\tau = \frac{Q_c}{Q_n} \quad (8)$

Ф. Не паникуй и успокойся. Это нормальная ситуация. Что же ты сделал?

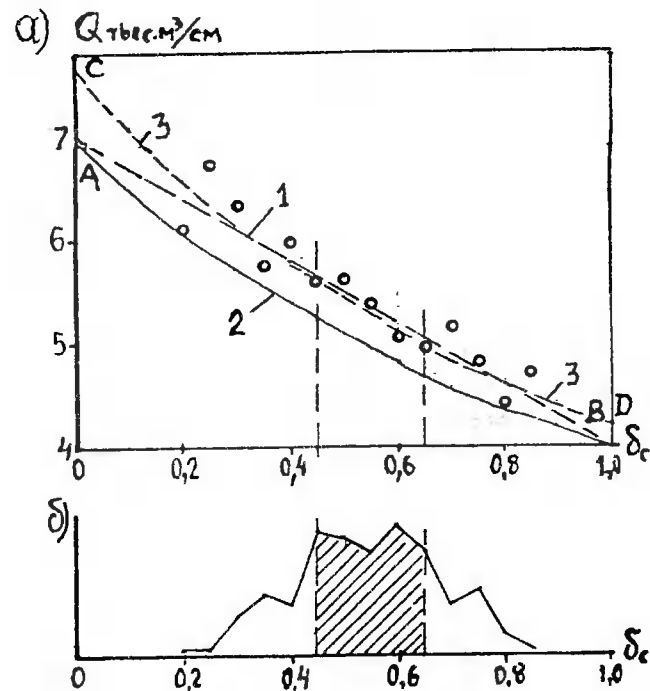


Рис.4.

М. Слушайте дальше! Я построил график частот (рис.4б) - определил, как распределяются 1480 точек по шкале δ_c . Оказалось, что их основная масса находится в интервале 0,45-0,65, значит, это наиболее надёжный интервал. Я уточнил коэффициенты формулы (7) и получил уравнение (линия 3 на рис.4а):

$$Q_a = \frac{9,335}{1,217 + \delta_c}, \text{ тыс.м}^3/\text{смену} \quad (9)$$

Оказалось, что $Q_n = 7,67$, а $Q_c = 4,21$ тыс.м³/смену. Видимо, это более точные цифры, чем были у меня.

Ф. Ты теперь можешь сказать, что воспользовавшись уравнением К., на основе добытого с большим трудом массива многолетних данных карьера Н., ты получил уравнение (9), которое позволяет... А, действительно, что позволяет это уравнение?

М. - Ну вот! Опять Вы подбрасываете работу.

→ → прошло время → → →

М. Поработал по Вашему замечанию. Вот, что получилось: взял геологические данные по одной экскаваторной заходке длиной 1000 м и шириной $a=40$ м, разбил её на 10 участков. Вскрышной экскаватор по мере выемки вскрышных пород меняет свою производительность и скорость движения в зависимости от мощности и доли скальных и нескальных пород. Производительность определяем по формуле (9), а скорость движения по закону динамичности рабочих забоев:

$$v_{ei} = \frac{Q_{ei}}{S_{zi}} = \frac{Q_{ei}}{(h_c + h_n)_i \cdot a} \quad (10)$$

Через некоторое время пускаем в работу добычной экскаватор. Он должен двигаться с отставанием $L_o \geq 200$ м (из условия безопасности) от драглайна и со скоростью $v_{di} = v_{ei}(i+200)$ м/смену. Его производительность при мощности руды h_{pi} :

$$Q_{di} = h_{pi} \cdot a \cdot v_{di} \quad (11)$$

Эта производительность будет переменной (рис.5). Коэффициент вариации получился равным 16,2 %. Поэтому её желательно стабилизировать. Здесь я вспомнил лекции нашего профессора - он рекомендовал для подобных целей использовать кумулятивные графики. Я построил график (рис.6) зависимости нарастающего объёма руды от нарастающего времени отработки экскаваторной заходки (штриховая линия)

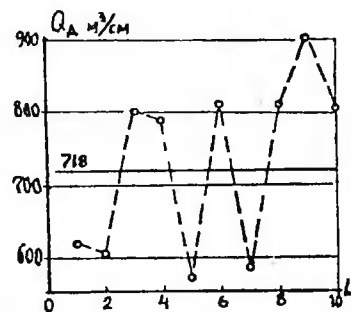


Рис.5. График $Q_d = f(L)$

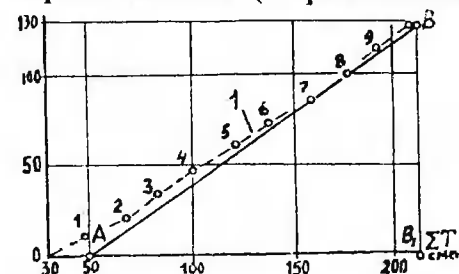


Рис.6. График $\sum P_i = f(\sum T_i)$.

по руде (прямая АВ на рис.6):

$$A_p = \frac{BB_1}{AB_1} = 785 \text{ м}^3/\text{смену} \quad (12)$$

Возможны и другие варианты. Нужно только, чтобы прямая АВ была ниже кривой 1.

Ф. Ты молодец! У тебя есть глава в диссертацию.

М. Значит из меня получился исследователь.

Ф. Не торопись зазнаваться и не стремись к известности и славе. Послушай, что сказал М.Ю. Лермонтов:

К чему ищу так славы я?
Известно, в славе нет блаженства,
Но хочет всё душа моя
Во всём дойти до совершенства.

Вот и старайся доводить свои работы до совершенства, но помни, как сказал М. Вебер, “каждый из нас знает, что сделанное им в области науки устареет через 10, 20, 40 лет. Такова судьба, более того, таков смысл научной работы”. У тебя получился действительно научный результат. Теперь подумай, как его применить.

Источники: 1. Михайлова Р.А. Выбор оптимальных параметров систем открытой разработки обводнённых горизонтальных месторождений. Канд. дисс. ЛГИ, 1986.

2. Шаблинский С.Н. Влияние достоверности исходных данных на определение производительности драглайна в условиях сброса части пород энергией взрыва в границы постоянного отвала (на примере Эстонского месторождения горючих сланцев). Канд. дисс. ЛГИ, 1988.

3. Арсентьев А.И. Производительность драглайна, работающего одновременно на скальных и нескальных породах. В сб.: “Проблемы теории проектирования карьеров”. СПб, изд. СПГГИ, 1995.

4. Батыгин Г.С. Лекции по методологии социологических исследований. М., Аспект пресс, 1995.



Михаил Васильевич
Ломоносов (1711-1765)
Учёный энциклопедист. Автор книги
“Первые основания металлургии и
рудных дел” (1763).



Так не будет, а уж как-нибудь да будет
Пословица

3. ДЛЯ ЧЕГО ВСЁ ЭТО?

М. Я привёл в порядок методику и думаю, что её можно рекомендовать руководству карьера для планирования горных работ.

Ф. Для какого планирования? Годового, квартального, месячного или на одну заходку?

М. Для любого периода.

Ф. Сильно сомневаюсь. Посмотри в своих материалах посуточные данные производительности драглайна в течение месяца.

→ → прошло время → → →

М. Очень странно! Почему- то все драглайны в последние 5-6 дней каждого месяца работают с производительностью в 1,5-2 раза большей, чем в остальные дни. Я съездил в карьер и спрашивал главного инженера, но он отослал меня в технический отдел, а те к маркшейдерам, а те опять к инженерам карьера...

Ф. Значит они не заинтересованы в раскрытии истины и ты поторопился со своими выводами. Знаешь, что написал по этому поводу Расул Гамзатов:

Не торопись, как деды завещали,
И всякий раз, с обычаем в ладу,
До каменной околицы вначале
Веди коня лихого в поводу.

.....

Нам осадить коней бы по старинке
Перед аулом, мудрыми слывя,
Чтоб разузнать - в нём свадьба иль
поминки,

А мы влетаем голову сломя.

.....

Я не зову к покою или спячке,
Я сам люблю дыхание грозы,
Но жизнь есть жизнь, а не бега, не скачки,
И в жизни добывают не призы.

.....

Ты сел в седло весёлый иль угрюмый,
Не торопись, уму не прекословь,
На полпути остановись, подумай,
И оглянись, и путь продолжи вновь!

Кстати, ты выяснил, когда маркшейдеры ведут замеры
ежемесячных объёмов?

М. А зачем выяснять? Ясно, что они ведутся в
последний день месяца, либо в первый день следую-
щего месяца.

Ф. Ты в этом уверен? Я нет.

→ → *прошло время* → → →

М. Мне удалось узнать, что месячные замеры
почему-то делают 24-25 числа. Очень странно!

Ф. Ничего странного. Это "маленькие хитрости"
руководства карьера перед дирекцией фирмы. Руду
карьер выдаёт обычно ритмично, особенно, если она
идёт сразу на фабрику, а не в буферный склад. Вскрыш-
ные работы обычно отстают. Поэтому после маркшей-
дерских замеров недостающие до плана объёмы делят на
оставшиеся дни. Ликвидируют же отставание в
следующем месяце.

М. Но почему такое делается?

Ф. Причины есть. Они в экономической, соци-
альной особенности жизни карьера, наконец, в мораль-
ной области отношений людей.

М. Выходит, что в исследованиях нужно
учитывать проблемы философии, политологии, эконо-
мики, социологии?

Ф. Конечно. Горное дело особенно тесно свя-
зано с другими науками.

М. Ясно, что методику месячного планирования
мне не внедрить.

→ → *прошло время* → → →

М. Был интересный разговор с главным
инженером карьера. Он заинтересовался моей работой и
просил дать методику определения производительности
вскрышного и добычного экскаваторов при отработке
заходки. Считает, что методика пригодится инженерам
карьера.

Ф. Рад за тебя. Кстати, твоим методом можно
планировать работу на квартал и на год, приняв
средние мощности пород и руды. Но! Все результаты ты
получил на основе 14 точек. Удастся ли тебе на защите
диссертации убедить Учёный Совет в том, что ты
защищаешь результат напряжённой работы, глубоких и
трудных исследований?

М. Я об этом уже думал. На первом двойном
демонстрационном листе покажу на графике все 1480
точек. На втором - план карьерного поля со всеми
разведочными скважинами и таблицу. С этих листов и
начну доклад.

Ф. Ну, ты мудреешь не по дням, а по часам.





Чего не поищешь, того не сыщешь.
Пословица

4. ХИТРАЯ НАУКА - ТРИГОНОМЕТРИЯ



М. Мне удалось получить новую формулу закона соотношения скоростей понижения горных работ и подвигания рабочих уступов. Автор закона предложил общую формулу:

$$h_r = \frac{v}{\operatorname{ctg} \varphi \pm \operatorname{ctg} \beta} \quad (13)$$

где: v - скорость подвигания рабочих уступов, м/год; φ - угол откоса рабочего борта; β - угол направления углубки карьера.

Я тщательно разобрался в этой проблеме и разработал формулу, по-моему, более научную и внушительную:

$$h_r = \frac{N \cdot Q \cdot \sin \varphi \cdot \sin \beta}{h \cdot L_y (\cos \varphi \cdot \sin \beta \pm \cos \beta \cdot \sin \varphi)} \quad (14)$$

где: Q - производительность экскаватора, м³/год; N - количество экскаваторов на рабочем уступе; L_y - фронт работ на уступе, м; h - высота уступа, м.

Автор учёл только три параметра, а у меня шесть. Собираюсь написать статью.

Ф. Да! Формула внушительная - ты поработал основательно. Тебе конечно неизвестно из психологии "явление последующего усвоения", а это явление на тебя поработало. Так, например, Е.И.Регирер пишет, что

"многие люди, неспособные сразу охватить рассказываемого им, обдумывают услышанное ... в течение часов и дней... у них возникают неясности, и они вынуждены сами преодолевать их; ...этот процесс ... кажется им новым самостоятельным процессом, поэтому мысли... они открывают вновь, будучи ... честно убеждены, что открыли нечто такое, о чём им безусловно не говорили". Сказалось у тебя и недостаточное знание тригонометрии

М. Опять Вы придираетесь. То похвалили, а потом "недостаточные знания" и "психология".

Ф. Взглянем на формулу (14) повнимательней. Ты, надеюсь, слышал о законе Алексея Узатиса - динамичности рабочих забоев. Согласно ему:

$$v = \frac{N \cdot Q}{h \cdot L_y} = \frac{Q}{h \cdot L_6} \quad (15)$$

где: L_6 - длина экскаваторных блоков, м.

Значит, часть твоей формулы - это закон Узатиса. Пойдём дальше. Разделим числитель и знаменатель на $\sin \varphi \cdot \sin \beta$ - в знаменателе получим $\cos \varphi / \sin \varphi$, а это $\operatorname{ctg} \varphi$. Вот и вышли на уравнение (13). Следовательно, ты получил разновидность уравнения (13), а не новую закономерность. Автор закона привёл наиболее ясный и запоминающийся вариант.

М. Везёт же мне на разновидности. Когда я только получу настоящую закономерность?

Ф. Ещё придумаешь. Время у тебя есть. Ты задел интересный вопрос, связанный с тригонометрией. Очень советую найти все варианты уравнения (13).

→ → прошло время → → →

М. Я очень доволен Вашим советом. Оказалось, что тригонометрия - очень хитрая наука. Вот мои успехи. Предположим, что я люблю только тангенсы, тогда:

$$h_r = \frac{v \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \beta \pm \operatorname{tg} \varphi} \quad (16)$$

Тангенсы разлюбил и обожаю синусы, тогда:

$$h_r = \frac{v \cdot \operatorname{Sin} \varphi \cdot \operatorname{Sin} \beta}{\operatorname{Sin} \beta \cdot \sqrt{1 - \operatorname{Sin}^2 \varphi} \pm \operatorname{Sin} \varphi \sqrt{1 - \operatorname{Sin}^2 \beta}} \quad (17)$$

Признаю только косинусы, тогда:

$$h_r = \frac{v \cdot \sqrt{1 - \operatorname{Cos}^2 \varphi} \cdot \sqrt{1 - \operatorname{Cos}^2 \beta}}{\operatorname{Cos} \varphi \cdot \sqrt{1 - \operatorname{Cos}^2 \beta} \pm \operatorname{Cos} \beta \cdot \sqrt{1 - \operatorname{Cos}^2 \varphi}} \quad (18)$$

Примирился с синусами и косинусами, тогда:

$$h_r = \frac{v \cdot \sqrt{1 - \operatorname{Cos}^2 \varphi} \cdot \sqrt{1 - \operatorname{Cos}^2 \beta}}{\sqrt{1 - \operatorname{Sin}^2 \varphi} \cdot \sqrt{1 - \operatorname{Cos}^2 \beta} \pm \sqrt{1 - \operatorname{Sin}^2 \beta} \cdot \sqrt{1 - \operatorname{Cos}^2 \varphi}} \quad (19)$$

Решил щегольнуть секансом и косекансом, тогда:

$$h_r = \frac{v \cdot \operatorname{sc} \varphi \cdot \operatorname{sc} \beta}{\operatorname{csc} \varphi \cdot \operatorname{sc} \beta \pm \operatorname{csc} \beta \cdot \operatorname{sc} \varphi} \quad (20)$$

Люблю углы суммировать, тогда:

$$h_r = \frac{v \cdot \operatorname{Sin} \varphi \cdot \operatorname{Sin} \beta}{\operatorname{Sin}(\varphi \pm \beta)} \quad (21)$$

Вы думаете, это всё? Ничего подобного. Вот ещё:

$$h_r = \frac{v \cdot [\operatorname{Cos}(\varphi - \beta) - \operatorname{Cos}(\varphi + \beta)]}{2 \cdot \operatorname{Sin}(\varphi \pm \beta)} \quad (22)$$

Ф. Ты пропустил ещё одну возможность, т.к.:

$$\operatorname{ctg} \varphi = \frac{B + h \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{h} \quad (23)$$

Итак, мы насчитали 10 вариантов уравнения (13). Вот такие возможности написания предоставляет тригонометрия. А мы ещё не все функции использовали.

М. Да! Я понял, как осторожно нужно относиться к

формулам с тригонометрическими функциями.

Ф. Ты, надеюсь, понял красоту этой науки, её гибкость и многогранность. Это один из шедевров человеческого ума и глубоких размышлений. О склонности человека к размышлениям писал Валерий Брюсов:

Я часто размышлял о сущности вещей,
Я их лишал и крыльев и пространства,
Но всё ж не мог лишить последнего убранства,
И видел смутный рой мелькающих теней.

И я боролся вновь, и вновь искал вселенной
Вне времени, вне всяких чувств моих.
Она являлась мне, но искрою мгновенной,
Мелькнувшей в вечности и жившей только миг.



Борис Иванович Бокий
(1873-1927)

Автор книги "Аналитический
курс горного искусства" (1924)

Источники: 1. Арсентьев А.И. Законы формирования рабочей зоны карьера. Л., изд.ЛГИ, 1986.

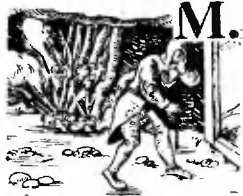
2. Бронштейн Н.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. М.-Л., "ОГИЗ", 1948.



Не всё должно, что можно.

Пословица

5. ЧТО ГЛАВНЕЕ? ЧТО ВАЖНЕЕ?



М. Знаете, Фёдор Иванович, один мой знакомый из университета сказал, что такие науки, как астрономия, физика, математика, - это действительно высшее проявление разума. А горная наука и вовсе не наука, а ремесло. Честно говоря, я расстроился.

Ф. Ну, это издавна ведущийся безнадёжный спор на тему: кто важнее? Кто главнее? Кто умнее? В современной науке это остатки морали рабовладельческого строя - деление на аристократов и рабов, господ и плебеев, на науки фундаментальные и прикладные. Ещё в середине XVI-го века замечательный немецкий учёный Георгий Агрикола писал, что "многие придерживаются такого мнения о горном деле, что оно якобы является делом случайным и грязным, и притом занятием такого рода, которое требует не столько искусства, сколько физического труда". Далее в книге "De re Metallica" он писал, что "если кто является горняком, то ему надлежит быть весьма искушённым в своём деле и уметь ... определять, какая гора, какой холм, какая местность... могут быть с пользой раскопаны..., должен досконально знать многообразные породы..., способы ведения всяких подземных работ. Ему, наконец, должно быть известно искусство испытания руд и подготовки их к плавке... Горняку, кроме того, нельзя быть несведущим... в философии..., медицине..., астрономии..., науке измерений..., архитектуре..., рисовании..., вопросах горного права".

Ты, наверное, заметил, что учебный план по подготовке горного инженера включает почти весь указанный Агриколой перечень наук. Горное образование даёт очень широкую эрудицию. И, вообще, все науки нужны и важны. Так что, Миша, не расстраивайся из-за невежественного заявления представителя "фундаментальной" науки.

М. Вы, конечно, правы. Но скажите, вообще существует проблема - что важнее?

Ф. Да. Такая проблема существует тысячелетия. Она стоит перед каждым человеком при принятии многих решений. Любой процесс в природе, обществе, технологии зависит от множества факторов. Учёные стремятся из этих факторов выделить важнейшие, чтобы глубже понимать и правильно управлять процессами. Об этом думают и поэты. Вот анализ наилучшего, т.е. важного для него периода года у А.С. Пушкина:

... я не люблю весны;

Скучна мне оттепель; вонь, грязь - весной
я болен;

.....

Суровою зимой я более доволен,
Люблю её снега; ...

.....

Ох, лето красное! любил бы я тебя,
Когда б не зной, да пыль, да комары, да мухи.

.....

Дни поздней осени бранят обыкновенно,
Но мне она мила, читатель дорогой,
Красою тихую, блистающей смиренно.

.....

И с каждой осенью я расцветаю вновь;
Здоровью моему полезен русский холод;
К привычкам бытия вновь чувствую любовь:
Чредой слетает сон, чредой находит голод;

Легко и радостно играет в сердце кровь,
Желания кипят - я снова счастлив, молод,
Я снова жизни полн - таков мой организм
(Извольте мне простить ненужный прозаизм).

Давай с этих позиций изучим уравнение закона, который мы рассмотрели раньше:

$$h_T = \frac{Q}{h \cdot L_6 (\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \beta)} \quad (24)$$

В этом законе функция h_T зависит от 5 аргументов. Правда, там ещё скрыт 6-ой: B - ширина рабочих площадок в аргументе φ . Покопайся в литературе и попробуй выяснить значение, степень влияния, иерархическое положение каждого аргумента.

→ → прошло время → →

М. Оказалось, что это увлекательное занятие. Нужно наметить размах значений всех аргументов, например, $Q = 0,2$ - $1,0$ млн.м³/год, $h = 9$ - 21 м и т.д. Затем принять средние значения и по ним определить среднюю скорость понижения горных работ. А затем менять значение одного аргумента, оставив средние значения всех остальных.

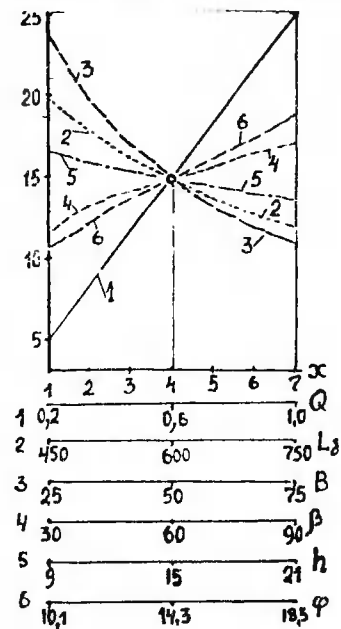


Рис.7.

Вот у меня среднее значение $h_T = 14,9$ м/год. Предположим, что я выявляю влияние длины экскаваторных блоков. Построим расчётное уравнение:

$$h_T = \frac{600000}{L_6 \cdot 67,35} \quad (25)$$

Подставляю в него ряд значений L_6 . То же делаю с другими аргументами и получаю табл.2 и график рис.7. Наклон кривых характеризует степень влияния

Таблица 2

Параметры	1	2	3	4	5	6	7	ε %
Q м ³ /год	0,20	0,33	0,47	0,60	0,73	0,87	1,00	+100
h_T м/год	5,0	8,2	11,7	14,9	18,1	21,6	24,8	
φ°	10,1	11,5	12,9	14,3	15,7	17,1	18,5	+92,8
h_T м/год	10,8	12,1	13,5	14,9	16,1	17,4	18,7	
L_6 м	450	500	550	600	650	700	750	-91,5
h_T м/год	19,8	17,8	16,2	14,9	13,7	12,7	11,9	
h м	9	11	13	15	17	19	21	-23,1
h_T м/год	16,6	15,9	15,4	14,9	14,3	13,9	13,5	
β°	30	40	50	60	70	80	90	+31,1
h_T м/год	11,8	13,1	14,0	14,9	15,6	16,3	17,0	
B м	25,0	33,3	41,1	50,0	58,3	66,7	75,0	-62,8
h_T м/год	23,6	19,7	16,9	14,9	13,2	11,9	10,8	

того или иного аргумента.

Ф. Ну, ты молодец! И что же ты из графика выудил?

М. Очень многое. Наибольшее влияние на функцию оказывают (рис.7): производительность экскаватора, ширина рабочих площадок, длина экскаваторных блоков и угол откоса рабочего борта. Я определил, что при увеличении:

φ на 1° , скорость углубки возрастёт на 0,94м/год;
 B на 1 м, скорость углубки уменьшится на 0,26 м/год;
 L_6 на 10 м, скорость уменьшится на 0,26 м/год;
 h на 1 м, скорость уменьшится на 0,26 м/год.

Ф. Результаты у тебя получились интересные, но недостаточно обобщённые. Ты получил конкретные цифры для данного примера, а правильное нужно определить относительное значение влияния каждого параметра (аргумента).

М. Значит опять искать, искать...

Ф. Да, искать! Нужно стремиться все разработки доводить до совершенства. Как говорил профессор Академии Художеств П.П. Чистяков: "А ведь конец - всему делу венец! Начинать могут многие; окончить может только тот, кто много и правильно упражнялся в этом, т.е. в тонком решении задачи".



Иван Архипович
 Кузнецов. (1899-1938)
 Автор книги: "Основные рас-
 чёты при разработке рудных
 месторождений" (1932).

Источники: 1. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. 2 изд. М., "Недра", 1970.

2. Квитка В.В. Определение устойчивых параметров системы карьер при неопределённости исходной информации. Докт. дисс. Л. 1993.



Копни поглубже, найдёшь погуще
 Пословица

6. ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЦЕССУ



Ф. В справочнике я обнаружил очень интересный критерий, который называется коэффициентом эластичности. Его формула:

$$\varepsilon = \frac{100}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\Delta y_i \cdot x_i}{\Delta x_i \cdot y_i} \% \quad (25)$$

где: n - число точек на кривой; y_i - значение функции в i -й точке; Δy_i - приращение функции в i -й точке; x_i - значение аргумента в i -й точке; Δx_i - приращение аргумента в i -й точке.

Попробуй определить коэффициенты эластичности для всех аргументов (параметров).

→ → прошло время → → →

М. Я определил коэффициенты эластичности всех параметров формулы (24) и все данные привёл в табл.2 (последняя колонка). Например, возьмём параметр - направление углубки β . Для него:

$$\varepsilon_\beta = \frac{100}{7-1} \left(\frac{1,3,30}{10,11,8} + \frac{0,9,40}{10,13,1} + \frac{0,9,50}{10,14,0} + \frac{0,7,60}{10,14,9} + \frac{0,7,70}{10,15,6} + \frac{0,7,80}{10,16,3} \right) = 16,667(0,33 + 0,275 + 0,321 + 0,282 + 0,314 + 0,344) = 16,667 \cdot 1,866 = 31,1 \%$$

Для наглядности построил график коэффициентов эластичности, расположив их по мере убывания. Оказалось, что самыми значимыми являются Q , φ , L_6 (рис.8).

Но, честно говоря, не знаю, как истолковывать полученные результаты.

Ф. Да! Это не простой вопрос.

Для начала посмотрим внимательно на уравнение коэффициента эластичности. Что, собственно, он определяет? Что содержит? После знака суммы стоит дробь, которую можно представить в виде:

$$\frac{\Delta y_i}{y_i} \bigg/ \frac{\Delta x_i}{x_i} = \frac{\Delta_o y}{\Delta_o x}, \quad (26)$$

Это отношение относительного приращения функции (в данном случае скорости углубки) к относительному приращению аргумента (например β). Следовательно, коэффициент эластичности показывает степень реагирования функции на степень изменения аргумента. В данном случае, если мы увеличим угол направления углубки с 40° до 56° , т.е. на 40 %, то скорость углубки увеличится на $0,40 \cdot 0,311 = 0,1244$, т.е. на 12,44%, и так для всех параметров.

М. Я понял. Этот коэффициент похож на рычаг первого рода. Очень интересно.

Ф. Он и мне очень нравится. Если руководишь сложным процессом, зависящим от многих параметров, то знание коэффициента эластичности помогает в работе. Наиболее жёстко и внимательно будешь следить за теми параметрами, которые имеют наибольшее значение ϵ . Кстати, среди наших горняков многие недостаточно серьёзно относятся к такому параметру, как угол откоса рабочего борта, а он очень влияет на интенсивность углубки карьера. Давай попробуем представить способ использования этого коэффициента в работе инженера в карьере. Предположим, что в

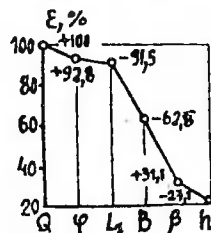


Рис.8.

карьере углубка ведётся со скоростью 10 м/год, а нужно, в связи с рыночной конъюнктурой, увеличить её до 12 м/год. Твои предложения?

→ → прошло время → → →

М. В результате размышлений я нашёл несколько вариантов ускорения углубки карьера на 20%, т.е. до 12 м/год:

увеличить количество экскаваторов или их производительность на 20%;

увеличить угол откоса рабочего борта на $0,20/0,928 = 0,216$, т.е. вместо 14° $\phi = 14,1, 216 = 17^\circ$;

уменьшить ширину рабочих площадок на $0,20/0,628 = 0,318$, с 50 м довести их до $50 \cdot 0,682 = 34$ м;

уменьшить длину экскаваторных блоков на $0,20/0,915 = 0,219$, т.е. с 600 м довести до $L_6 = 600 \cdot 0,781 = 469$ м;

уменьшить высоту уступов на $0,20/0,231 = 0,866$, тогда $h = 15 \cdot 0,134 = 2$ м (!).

Но ведь все эти параметры находятся во взаимодействии. Если изменить один - начинают изменяться и другие. Уменьшишь рабочие площадки - увеличится угол откоса рабочего борта. Увеличишь количество экскаваторов - уменьшится длина экскаваторных блоков. Я в отчаянии! Не знаю, что предложить.

Ф. Твои сомнения - признак всё более глубокого понимания тобой процесса формирования рабочей зоны карьера и серьёзности закона соотношения скоростей понижения горных работ и подвигания рабочих уступов. Карьер не случайно называют сложной системой. Но, как говорил великий сыщик Пуаро "в сложных ситуациях нужно пошевелить серым веществом". Вот и займись этим увлекательным занятием.

→ → прошло время → → →

М. Вот до чего мне удалось додуматься. Во-первых, нужно улучшить организацию горных работ по вскрытию и подготовке новых горизонтов на двух нижних уступах и довести скорость углубки до 12 м/год. Во-вторых, заняться регулированием параметров рабочей зоны в соответствии с законом (13). Я понял, почему автор закона привёл его уравнение в виде (13). В карьере два вида скоростей - горизонтальные скорости подвигания экскаваторных заходов и рабочих уступов и наклонная скорость понижения горных работ. Замерить её в карьере очень сложно, а порой и невозможно, поэтому в уравнение введена не истинная скорость, а её вертикальная составляющая, которую всегда можно определить по маркшейдерским планшетам за несколько лет в любой точке карьерного поля. Понял я также, почему автор применительно к углубке карьера приводит уравнение со знаком неравенства:

$$h_r \leq \frac{v}{\operatorname{ctg} \varphi \pm \operatorname{ctg} \beta}, \quad (27)$$

а для определения скорости понижения добычных работ (если углубка не по руде) и скорости формирования нерабочего борта со знаком равенства.

Ведь углубка - это не объективный процесс: её можно отложить, замедлить, но нельзя форсировать. Уравнение даёт верхний предел скорости.

Ф. Рад тебя слышать.

М. В формулу (27) я ввёл параметры работающего карьера:

$$10 \leq \frac{46}{\operatorname{ctg} 14^\circ + \operatorname{ctg} 60^\circ} = \frac{46}{4,01 + 0,58} \quad (28)$$

Все они изменяются в процессе работы, но имеют какой-то предел. Нужно понимать, что $v \geq 46$ м/год, а её максимум ограничен минимально возможной (по организационным причинам) длиной экскаваторных

блоков. При этом нужно иметь в виду, что $\varphi \geq 14^\circ$, а его максимум определяется минимальной расчётной шириной рабочих площадок, например $B_o = 40$ м, и высотой уступов, т.е.:

$$\varphi_{\max} = \operatorname{arccctg} \frac{B_o + h \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{h} = \operatorname{arccctg} 3,25 = 17^\circ.$$

Высота уступов определяется исходя из условий буровзрывных работ, экскавации, транспорта и менять её в процессе работы сложно.

Ф. Есть очень поучительный пример. Как известно из законов жизни, неприятности и беды приходят обычно сериями. У китайцев есть даже поговорка: "спасибо тебе, беда, что ты пришла одна!". Так вот в 1967 году на карьерах Кольского полуострова прошла серия аварий с экскаваторами: с верхней бровки развала на ковш падали большие глыбы скальной породы, в результате рвались тросы, повреждались траки; а однажды глыба по рукоятке ковша и стреле попала в кабину машиниста и очень тяжело его травмировала. Работники горнотехнической инспекции решили, что причина аварий - избыточно высокие уступы, и приняли решение об их снижении с 15 до 12 м. Поручили проработать порядок выполнения этого приказа институту "Гипроруда". Результаты расчётов оказались неожиданными. Оказалось, что нужно дополнительно ввести в карьеры десятков экскаваторов и сотни автосамосвалов, которые в течение двух лет (!) уменьшат высоту всех уступов до 12 м. При этом, увеличится коэффициент вскрыши и, соответственно, себестоимость руды. И уступы оставили в покое.

М. Этой истории я не знал, а она действительно поучительная. Скажите! Коэффициент вскрыши и объём вскрышных работ увеличились из-за выполаживания

угла откоса рабочего борта при уменьшении высоты уступов?

Ф. Да, именно поэтому.

М. Продолжаю рассказ. Думаю, что для повышения интенсивности работ нужно немного увеличить угол φ за счёт сокращения ширины рабочих площадок с 50 до 45 м, тогда:

$$\operatorname{ctg} \varphi = \frac{45 + 15,0,58}{15} = 3,58 \text{ и } \varphi = 15,6^\circ.$$

Находим необходимую скорость подвигания рабочих уступов: $v \geq h_r(\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \beta) = 12 \cdot (3,58 + 0,58) = 50$ м/год.
Длина экскаваторных блоков:

$$L_6 \leq \frac{Q}{h \cdot v} = \frac{600000}{15 \cdot 50} = 800 \text{ м (была 870 м)}.$$

Затем общий фронт работ делим на 800 и получаем необходимое количество экскаваторов. Если фронт не изменился, то количество экскаваторов увеличится на $70/870 = 0,08$, т.е. на 8%.

Ф. Ты просто молодец! Но представь ситуацию: тебя приглашает директор комбината и предлагает занять должность главного инженера карьера и в течение года увеличить скорость углубки на 20% и, соответственно, объём добычи руды. Твоё решение?

М. Ну, здесь надо здорово подумать, прежде чем согласиться.

Ф. Вот то-то, подумать! Мой учитель, главный инженер проекта, говорил:
- Когда принимаешь решение, всегда будь готов лично его выполнить.

Очень советую следовать этому правилу. Кстати, ты собирался разобраться с организацией работ по вскрытию нового горизонта. Каковы твои успехи?

→ → прошло время → → →

М. Скорость углубки карьера можно довольно точно определить на основе построения и анализа графика организации работ по вскрытию и подготовке нового горизонта. Но нужно иметь конкретные маркшейдерские и технические данные. Менее точно, но проще определить этот показатель на основе известной формулы:

$$h_r = \frac{Q}{h \cdot L_6(\operatorname{ctg} \varphi_1 + \operatorname{ctg} \beta) + \frac{1}{c}(L_6 + L_a + l_o + l_m)(b + h \cdot \operatorname{ctg} \alpha)} \quad \dots \dots (29)$$

где: φ_1 - угол откоса рабочего борта на двух нижних уступах; c - коэффициент снижения производительности экскаватора при проходке траншей; L_6 - длина въездной траншеи, м; l_o - допустимое расстояние между экскаваторами: проходящим траншеей и расширяющим её, м; l_m - ширина площадки примыкания въездных траншей, м; b - ширина дна траншеи; α - угол откоса рабочего уступа.

Ф. Мне известна эта формула.

М. Она выведена из условия постоянства параметров Q , h , L_6 , V_6 и поэтому не является точной. Но это не эмпирическая, а аналитическая формула, и правильно отражает суть процесса.

Ф. Ты начал различать разновидности формул. Очень приятно слышать.

М. В её составе 13 параметров, и описывает она взаимодействие работ на двух уступах. Я определил коэффициент эластичности для тех же 6 параметров, что и по уравнению (13). Сравнительные данные приведены в табл.3 и на рис.9.

Таблица 3.

Коэф.эла- стичности	Q	φ	L_6	B	β	h
$\varepsilon_{1, \text{ф-ла}} (13)$	+100	+92,8	-91,5	-62,8	+31,1	-23,1
$\varepsilon_{2, \text{ф-ла}} (29)$	+100	+41,5	-65,7	-29,1	+18,6	-43,5

Обнаружилась большая разница. Почти в два раза увеличилось влияние высоты уступов. В то же время резко

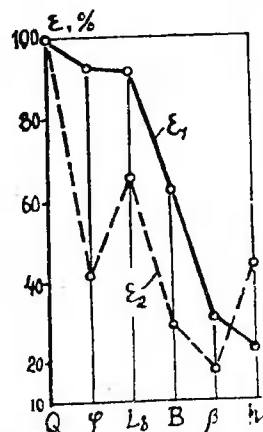


Рис.9

снизилось влияние угла откоса рабочего борта, ширины рабочей площадки и направления углубки. Сохранилось 100%-ное влияние производительности экскаваторов. Оказалось, что в процессе вскрытия и подготовки нового горизонта нужно учитывать другие приоритеты и наиболее серьезно относиться к таким параметрам, как Q, L_6, h .

Ф. Слышу рассуждения не отрока, а мужа! Радуюсь за тебя.

Давай посмотрим на проблему “что главнее?” с более общей позиции. Мы, надеюсь, поняли, что для правиль-

ного истолкования наблюдений и расчётов нужно быть специалистом - профессионалом. Иначе можно оказаться в роли наблюдателя, описанного Батыгиным Г.С.: За шахматной игрой наблюдает человек, ничего о ней не знающий. Он замечает выражение радости у одного при выражении печали у другого; фигурки, напоминающие лошадь, делают скачок вбок, а остальные движутся прямо; со временем фигурок остаётся всё меньше и меньше; неожиданно партнёры встают и обмениваются рукопожатием. Чем они занимались?

М. Да. Очень убедительно. А я принёс сказку Андерсена. В ней принц пытался найти настоящую принцессу. Он объездил весь свет, но вернулся домой ни с чем. “Раз вечером была отвратительная погода... вдруг раздался стук в двери дворца, и старик король отправился отворять. У дверей ожидала принцесса, но, Боже милостивый, в каком жалком виде!... А всё же пришедшая утверждала, что она настоящая принцесса. “Ну, это мы увидим!” - подумала королева, но не сказала ни слова. Она... сняла свою постель и положила на доски кровати горошину. Поверх этой горошины уложила двадцать матрасов, а на них - двадцать перин из гагачьего пуха. На эту постель и уложили принцессу. Утром её спросили, как она почивала.

- Ах, прескверно! - ответила принцесса. - Я почти всю ночь не сомкнула глаз. Бог знает, что было в постели, но я лежала на чём-то твёрдом и теперь вся в синяках. Тут все убедились, что это настоящая принцесса.” Не похож ли коэффициент эластичности на эту принцессу?

Ф. Пожалуй похож. Вот ведь как одна и та же проблема возникает в разных областях человеческой деятельности. Всё в мире взаимосвязано.

Источники: 1. Арсентьев А.И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей. М., “Недра”, 1981.

2. Шатуев В.И. Определение параметров поэтапной открытой разработки крутопадающих месторождений в условиях перехода к рыночной экономике. Канд.дисс. Л., 1992.

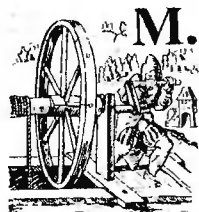
3. Арсеньев С.Я. Исследование влияния высоты уступов на основные показатели работы рудных карьеров. Канд.дисс. Л., 1969.

4. Батыгин Г.С. Лекции по методологии социологических исследований. М., “Аспект пресс”, 1995.



Будет, так будет; а не будет, так
что-нибудь да будет.
Пословица

7. НУ, А ТЫ РИСКНИ!



М. Федор Иванович! Простите за опоздание. Я задержался у невесты.

Ф. Поздравляю. Знаешь, мне вспомнилось стихотворение японского поэта Есано Акико о любви:

Вдвоём или своим путём,
И как зовут, и что потом.
Мы не спросили ни о чём,
И не клянёмся, что до гроба...

Мы любим
Просто любим оба.

И как давно ты знаешь свою невесту?

М. Давно. Почти месяц.

Ф. Да, серьёзный срок. А знаешь, что говорит народная мудрость? Она говорит: “Женился, на скорую руку да на долгую муку”. Слишком большой риск ошибиться. Кстати! Что ты знаешь о риске?

М. Лучше бы Вам ничего не говорил. А то теперь опять думаю.

→ → *прошло время* → → →

М. С женитьбой пришлось повременить. Мои родители против. Пришлось с горя заняться проблемой риска.

Ф. Твои родители умные люди. Но возвратимся к риску.

М. Я выяснил, что риск - это опасность невыполнения принятых решений при действиях в условиях неопределённости исходных данных. Уровень (мера) риска:

$$R(A) = 1 - P(A) \quad (30)$$

где: $P(A)$ - вероятность выполнения решения по фактору A .

Правда, в словаре есть пояснение, что риск - “действие наудачу в надежде на счастливый исход”. Это более эмоциональное определение и не очень подходит для использования в науке.

Ф. Для эмоций есть основания. Ведь риск всегда рядом с человеком при любых действиях и даже при бездействии. Наш крупный учёный и писатель Иван Ефремов считал, что ход жизни - это движение по лезвию бритвы. Книгу написал с таким названием.

М. Я читал эту книгу. Очень интересная.

Ф. Ещё более ярко проявление риска в жизни выражено в замечательном стихотворении Александра Кочеткова. Герой стихотворения неожиданно гибнет в катастрофе:

Нечеловеческая сила,
В одной давилъне всех калеча,
Нечеловеческая сила
Земное сбросила с земли.
И никого не защитила
Вдали обещанная встреча,
И никого не защитила
Рука, зовущая вдали.

С любимыми не расставайтесь,
С любимыми не расставайтесь,
С любимыми не расставайтесь,
Всею кровью прорастайте в них, -
И каждый раз навек прощайтесь!
И каждый раз навек прощайтесь!
И каждый раз навек прощайтесь,
Когда уходите на миг.

М. Очень сильно написано. Постараюсь найти и переписать это стиховорение. О многом оно заставляет задуматься. Побегу к любимой.

→ → *прошло время* → → →

М. Выяснил, что есть три особенности у риска:

он представляет собой образ действий в неясной, неопределённой обстановке (наудачу);

сознательно рисковать желательно лишь в тех случаях, когда возможен успех (в надежде);

ожидаемый результат не является однозначным, а носит случайный характер (случайный исход).

Обстановка, в которой принимает решения и действует горный инженер, полна неопределённостей. Первая - незнание точного количества запасов руд и формы залегания рудных тел. Вторая - неопределённость прогноза технико-экономических данных.

Ф. Особенно сильно эти неопределённости осложняют принятие решений при проектировании горных предприятий. Проект составляется для будущего. Его примут к реализации через 1-2 года, карьер построят ещё через 2-3 года, проектных показателей он достигнет через 3-5 лет. Между окончанием проекта и его полной реализацией проходит 6-10 лет. Значит, нужно предвидеть показатели на 10-15 лет вперёд.

М. Я узнал, что если есть множество данных, по которому можно построить кривую распределения, то уровень риска равен (рис.10):

$$R(A_i) = \frac{S_i}{S_o} \quad (31)$$

где: S_i - площадь под кривой распределения левее принятого решения; S_o -общая площадь под кривой распределения.

Здесь полезен и другой показатель:

$$\delta_i = \frac{A_i - A_o}{A_o} \quad (32)$$

где: δ_i - коэффициент относительного увеличения принятого значения A_i по сравнению с минимальной величиной A_o .

Чтобы принимать какое-либо решение, нужно знать закон распределения, например, запасов руды. А таких законов огромное количество: нормальный, полунормальный, логарифмически нормальный, гамма-распределения, бета-распределения и т.д., и т.п. Кошмар!

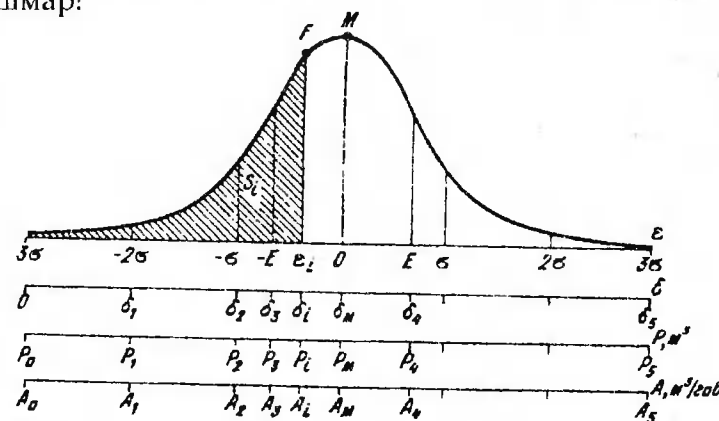


Рис.10

Ф. Ну, не такой уж кошмар. Исследователи давно нашли места этим распределениям. Применительно к запасам руд используется закон нормального распределения. Он, кстати, у тебя изображён на рис.10. Применяется, когда случайная величина (запасы руды) представляет собой общий результат взаимодействия большого числа независимых воздействий. Это воздействия химические, температурные, тектонические, климатические и т.д.

М. Но как его построить для конкретного месторождения?

Ф. Посмотри работы по разведке месторождений и подсчёту запасов, а потом поговорим.

→ → *прошло время* → → →

М. В геологических отчетах по разведке подсчёт запасов ведётся по инструкциям, и все запасы по разведанности и надёжности делятся на категории. Но ничего не говорится о надёжности этих категорий. Указано только, что надёжность убывает от категории A к B , C_1 , C_2 . Не рекомендуется включать в контуры карьерного поля запасы категории C_2 .

Ф. Да, к сожалению, таких сведений обычно нет. Есть такие данные только в книге В.М. Крейтера (табл.4).

Таблица 4.

Возможные ошибки, $\pm\%$, при подсчёте запасов руд

Страны	A	B	C_1	C_2
СССР	15-20	20-30	30-60	60-90
Болгария	10-20	30	60	-
Венгрия	10-20	35	50	100
ГДР	5-20	40	60	100
Среднее	15	30	50	75

Эта таблица даёт возможность производить ориентировочные расчёты надёжности решений.

М. Значит, если в карьерное поле попадают доли запасов категорий K_A , K_B , K_{C1} , K_{C2} , а возможные ошибки составляют Δ_A , Δ_B , Δ_{C1} , Δ_{C2} , то можно определить средневзвешенную ошибку по карьере:

$$\Delta_0 = \pm 100 \cdot (K_A \cdot \Delta_A + K_B \cdot \Delta_B + K_{C1} \cdot \Delta_{C1} + K_{C2} \cdot \Delta_{C2}), \% \quad (33)$$

$$\text{причём } K_A + K_B + K_{C1} + K_{C2} = 1 \quad (34)$$

Ф. Нужно иметь в виду, что обычно запасы категории A находятся в верхней части залежи, ниже идут запасы B , C_1 , C_2 . Поэтому при проектировании следует это обстоятельство учитывать и разбивать во времени отдельные участки с разными ошибками подсчёта запасов.

М. Если определена ошибка, то на основе правила трёх сигм можно найти среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma = \frac{\Delta_0}{3} \quad (35)$$

$$\text{и срединное отклонение } E = 0,674 \cdot \sigma \quad (36)$$

На этой основе можно построить кривую распределения запасов руды (рис.10), указав по оси абсцисс цифры запасов.

Ф. Ты на правильном пути.

→ → *прошло время* → → →

М. Всё время изучал определение уровня риска при нормальном законе распределения. Составил перечень уровней риска на основе среднеквадратичного отклонения:

$$\begin{aligned}
 R=0; & \quad A_i = A_o = A_M(1 - 3\sigma); \\
 R=2,3\%; & \quad A_i = A_o(1 + \sigma) = A_M(1 - 2\sigma); \\
 R=15,9\%; & \quad A_i = A_o(1 + 2\sigma) = A_M(1 - \sigma); \\
 R=25,0\%; & \quad A_i = A_o(1 + 3\sigma - E) = A_M(1 - E); \\
 R=50,0\%; & \quad A_i = A_o(1 + 3\sigma) = A_M; \\
 R=75,0\%; & \quad A_i = A_o(1 + 3\sigma + E) = A_M(1 + E)
 \end{aligned}
 \quad (37)$$

Принимаемое решение связано не только с величиной σ , а и с коэффициентом δ_i (формула (32):

$$A_i = A_o(1 + \delta_i) \quad (38)$$

Чем больше значение A_i , тем больше δ_i и риск. Оказалось, что величина δ_i зависит от значения возможной ошибки подсчёта запасов и уровня риска. Я решил составить вспомогательную табл.5.

Таблица 5

A_o $\pm\%$	σ	Значение δ_i при уровне риска, %:					
		0	2,3	15,9	25	50	75
15	0,05	0	0,059	0,118	0,137	0,176	0,216
21	0,07	0	0,089	0,177	0,206	0,266	0,326
24	0,08	0	0,105	0,211	0,245	0,316	0,387
30	0,10	0	0,143	0,286	0,332	0,429	0,525
42	0,14	0	0,241	0,483	0,561	0,724	0,887
45	0,15	0	0,273	0,545	0,634	0,818	1,002
51	0,17	0	0,347	0,694	0,807	1,041	1,275

Но, Вы знаете, результаты я получил, вроде бы, интересные, а для чего они непонятно, ведь нужно определить уровень риска при решении. А какое решение? Какой риск?

Ф. Не расстраивайся. Ты проделал полезную работу - понял, как формируется теоретически уровень риска. А теперь пора заняться поисками рационального риска.

→ → прошло время → → →

М. Разыскал интересные материалы по психологическим особенностям отношения к риску. Авторы вводят функцию полезности риска и различают 8 вариантов. Наиболее интересны пять:

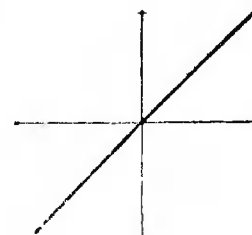


Рис. 11.

1. Ровное отношение (рис. 11) - это такое, при котором рискующий считает полезность выигрыша (и вредность проигрыша) прямо пропорциональной его величине. Такое отношение не самое распространённое, т.к. большинство людей

оценивает полезность и вредность по-разному.

2. Смелое отношение (рис. 12) - это стремление получить обязательно большой выигрыш, а малые выигрыши не интересны. Вредность большого проигрыша преуменьшается. Этому отношению соответствует ситуация накопления денег в банках по вкладу.

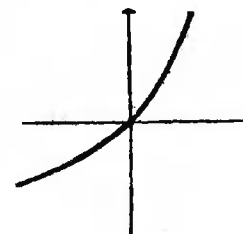


Рис. 12.

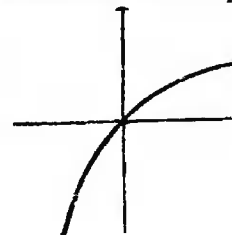


Рис. 13.

3. Осторожное отношение (рис. 13) - это опасение больших проигрышей, вредность которых преувеличивается. Полезность больших выигрышей преуменьшается. Если проигрыш увеличивается, например, в два

раза, то представляется, что вредность его вырастет в значительно большее число раз.

Есть ещё несколько вариантов, но они не вписываются в рассматриваемую проблематику. Это отношения “сильного”, “слабого”, целевого, призового и т.д.

Ф. Ты изучил очень интересный материал американских учёных. Подобные методики применяются в страховом деле, банковских операциях, при проведении лотерей. Надо думать, как их приспособить к решению наших задач.

М. Я уже думал. Психологический подход к решениям полезен в ситуациях, в которых большая часть информации не поддаётся измерению и имеет описательный характер. Такие ситуации характерны при проектировании рудников. Для нас наиболее интересны эти три варианта. Причём, нужно рассматривать только первый квадрант графиков, т.к. нам нужно определить риск принимаемого решения.

Ф. Ты на правильном пути. Нужно подумать о чётком названии функций, которые мы будем рекомендовать.

М. Авторы их называют функцией полезности. Это не очень ясно звучит. Мы ведь определяем уровень риска, рискуем.

Ф. Может, назвать функцией вредности риска?

М. Нельзя риск считать совсем вредным. Вот, например, что пишет Роберт Рождественский:

В каждом “да” и “нет” -
постоянный риск...
То - снега до плеч,
то - зелёный лист.

Риск

желанных встреч,
расставаний риск...

Риск похож на бой,
если путь

горист.

Быть самим собой -
это тоже -

риск!..

Ну, а ты

решишь!

Ну, а ты

рискни!

В непростую жизнь
широко шагни!..

Если ты

ни разу не рисковал,
значит, ты не жил,
а существовал.

Так что, риск не вреден. К нему нужно только подходить осторожно, с опаской.

Ф. Вот и название: функция опасения последствий риска.

М. Мне нравится. Буду думать, как её развить.

→ → *прошло время* → → →

М. Думаю, что целесообразно рассматривать четыре варианта отношения к риску и для них есть уравнения функции опасения последствий риска (рис.14):

Смелое (кривая 3) $\Pi_c(\delta_i) = 1 - e^{-\delta}$ (39)

Ровное (прямая 2) $\Pi_p(\delta_i) = \delta_c$ (40)

Осторожное (кривая 1) $\Pi_o(\delta_i) = e^{\delta} - 1$ (41)

Никакого риска $\Pi_{np}(\delta_i) = 0$ (42)

где: δ_i - коэффициент относительного увеличения принятого показателя (формула (32) и рис.10).

Ф. Тебя можно поздравить с отличным результатом.

М. Я не согласен. Это нас нужно поздравить с мудрым решением сложной проблемы.

Ф. Имей в виду, что довольно часто мудрость не востребуется. Это было известно очень давно. Вот, что пишет по этому поводу Омар Хайям:

Зачем ты пользы ждёшь от мудрости своей?

Удоя от козла дождёшься ты скорей.

Прикинься дураком - и больше пользы будет.

А мудрость в наши дни дешевле, чем порей.

М. Я уже понял, что в жизни всё развивается сложно и непредсказуемо. Но, опять же неясно на какой уровень риска можно ориентироваться?

Источники: 1. Кемень Дж. Дж., Томпсон Дж. Л. Влияние психологического отношения на исходы игр. В кн.: Матричные игры. М. "Физматгиз", 1961.

2. Арсентьев А.И. Установление уровня риска при определении производительности карьера. Изв.Вузов, "Горный журнал", 1975, №12.

3. Абчук В.А. Теория риска в морской практике. Л., "Судостроение", 1983.

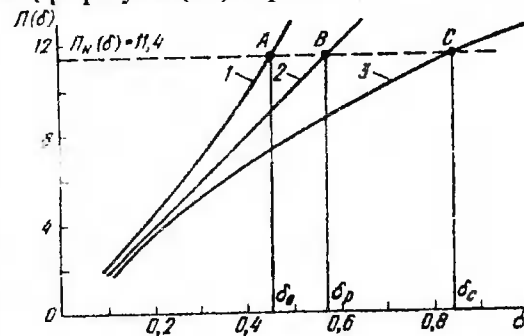


Рис.14.



Думай двояко, а делай одинако.
Пословица

8. НУ, А ТЫ РЕШИШЬ!



М. Как же принимать решение?

Ф. По литературным данным известно, что при создании космических объектов идут на риск не более 5 % ; при строительстве крупных заводов мощные фирмы рискуют до 50 %, а при разработке новых технологий - до 80 %. В нашем случае возможны два пути:

определить нормативное, для конкретного рассматриваемого случая, значение функции, провести на графике рис.14 горизонталь, и она определит значения коэффициентов δ . Но пока неясно, как определять эту нормативную функцию;

задаться уровнем риска для какого-либо варианта отношения к риску. например, принять, что смелому отношению соответствует риск 50 %. Тогда, на графике рис.14 по значению δ_c определяется точка C, проводится горизонталь и по точкам A и B определяются значения коэффициентов δ для осторожного и ровного отношения к риску.

М. Да, Вы правы. Реально можно работать только по второму пути. Но метод чисто графический. Возможно есть и аналитический путь.

Ф. Вот тебе и очередная задача.

→ → прошло время → → →

М. Я нашёл аналитический метод. Если известна

возможная ошибка подсчёта запасов Δ_o , определяем среднеквадратичное отклонение по формуле (35) и для риска 50 % из табл.5 или по формуле находим коэффициент δ_c :

$$\delta_c = \frac{1}{1 - 3\sigma} - 1 = \frac{\Delta_o}{1 - \Delta_o} \quad (43)$$

Затем по формуле (39) определяем численное значение функции для смелого отношения к риску:

$$P(\delta_c) = 1 - e^{-\delta_c} \quad (44)$$

При равном отношении: $P(\delta_p) = P(\delta_c) = \delta_p$ (45)

При осторожном отношении:

$$P(\delta_o) = P(\delta_c) = e^{\delta_o} - 1 \text{ или } e^{\delta_o} = P(\delta_c) + 1, \text{ отсюда}$$

$$\delta_o = \ln[P(\delta_c) + 1] \quad (46)$$

Вот пример: пусть $\Delta_o = 0,45$, $\sigma = 0,15$, тогда

$$\delta_c = \frac{0,45}{1 - 0,45} = 0,818, \text{ отсюда } P(\delta_c) = 1 - e^{-0,818} = 0,559.$$

При равном отношении $\delta_p = 0,559$.

При осторожном отношении $\delta_o = \ln(0,559 + 1) = 0,444$.

Ф. Очень хорошо. Красивый метод.

М. Да, красивый. А всё-таки какое же решение принимать?

Ф. Нужно учитывать многие факторы. Сам риск имеет две разновидности. Есть риск, связанный с граничным ущербом. Например, ракета может попасть или не попасть в цель; борта карьера или откосы отвала могут стоять или обрушиться. Вторая разновидность - монотонный риск. Запасы руды, принятые в проектном решении, могут при разработке не подтвердиться, но ру-

да будет добыта; производительность карьера может быть достигнута позже проектных решений или оказаться меньше, чем в проекте, но руда будет добываться; то же относится к технико-экономическим показателям. В целом, чем выше возможные ошибки расчётов и чем сложнее ситуация, тем осторожней и взвешенней нужно относиться к риску.

М. В литературе написано, что при коллективном решении обычно принимается больший уровень риска, чем при индивидуальном.

Ф. Многое зависит от эрудированности и характера человека, принимающего решение. Разное отношение к риску в мирное или военное время. Так, в период Великой Отечественной Войны некоторые рудники по добыче стратегического сырья строили при наличии запасов только категории C_2 . Чем выше риск, тем вероятнее ошибка. Известно, что в советские времена ошибка приравнивалась к преступлению. Достаточно было кляузы завистника и ошибки, чтобы тебя объявили врагом народа и засудили. Например, все крупные геологи, включая В.М. Крейтера, были осуждены и отправлены в Сибирь, т.к. они по статуту обречены на ошибку в оценке запасов. Дошло до того, что на должность министра геологии не нашлось геолога и был назначен металлург.

М. А как сейчас оценивается ошибка в законах?

Ф. До сих пор нет узаконенного юридически определения риска. Важно определить: является ли риск своеобразным видом умышленной вины, за которую должно последовать наказание? Учёные правоведы считают, что решение идти на риск обычно не несёт в себе никакой вины. Как видишь, в риске много сложного и зачастую под покровом этой сложности можно обвинить человека, допустившего риск в своих действиях.

В советские времена было опасно идти на риск. Были воспитаны руководители, которые не рисковали, а выполняли указания начальства. О Сталине и введённых им порядках писал Александр Твардовский:

То был отец, чьё только слово,
Чьей только брови малый знак -
Закон. Исполни долг суровый -
И что не так,
Скажи, что так...

В этом, между прочим, одна из причин медленного вхождения нашей страны в рыночную экономику.

М. Опять мы включились в проблему, имеющую глобальный характер.

Ф. Да, опять. Но, ты продолжай работать над применением методов оценки риска и устранением его последствий.

→ → *прошло время* → → →

М. Вырисовывается два пути учёта неопределённости количества запасов руды в контурах карьера:

предварительно определить уровень риска и расчётную величину запасов, а затем все параметры и показатели проектируемого карьера;

все параметры и показатели определять на основе геологических запасов, а затем принимать решение и окончательно проектировать показатели карьера. В качестве примера второго пути я взял железорудный карьер, контуры которого и производительность определены на основе геологических запасов, т.е. с риском 50 %. Запасы руды 164 млн.м³ подсчитаны по категориям *B* и *C*₁ с ошибкой ±39 %; запасы горной массы 400 млн.м³; обеспеченность запасами 20 лет. Расчётные показатели приведены в табл.6.

Таблица 6.

Показатели	Значение показателей при риске, %					
	0	2,3	15,9	25	50	75
Запасы руды, млн.м ³	100,0	121,4	142,7	149,6	164,0	178,4
Производ-сть по руде, млн.м ³ /год	5,0	6,07	7,13	7,48	8,2	8,92
по вскрыше	16,8	15,6	14,3	13,8	13,0	12,1
Средний коэфф. вскрыши, м ³ /м ³	3,00	2,31	1,80	1,67	1,44	1,25
Эксплуат. коэфф. вскрыши, м ³ /м ³	3,36	2,60	2,00	1,84	1,58	1,36
Коэфф. δ_i	0	0,21	0,43	0,50	0,64	0,78

На основе табл.6 и рис.14 определяем, что для смелого отношения $\delta_c=0,64$; ровного - $\delta_p=0,473$; осторожного - $\delta_o=0,387$. Результаты расчёта приведены в табл.7.

Таблица 7.

Отношение к риску	A_p , млн.м ³ /год	δ_i	Уровень риска, $R(A_p)$, %
Смелое	8,2	0,640	50
Ровное	7,4	0,473	21,8
Осторожное	6,9	0,387	11,5
Никакого риска	5,0	0	0

Уровень риска определяется или интерполяцией на основе табл.6, или по таблицам нормального распределения, для чего необходимо найти коэффициент:

$$\kappa = 3 \cdot \left(1 - \frac{\delta_i}{\delta_c} \right) \quad (47)$$

Так как запасы разведаны только по категориям *B* и *C*₁ с возможной ошибкой ±39 % и месторождение железорудное, несложное по условиям залегания, то можно ориентироваться на ровное отношение к риску.

Ф. И какие же показатели получаются?

М. Вот эти показатели:

расчётные запасы руды	148 млн.м ³ ;
средний коэффициент вскрыши	1,7 м ³ /м ³ ;
производительность по руде	7,4 млн.м ³ /год;
эксплуатационный коэф.вскрыши	1,89 м ³ /м ³ ;
производительность по вскрыше	14,0 млн.м ³ /год;
производительность по горной массе	21,4 млн.м ³ /год;
уровень риска	22 %.

Ф. С твоим подходом можно согласиться. Я бы только увеличил производительность и уровень риска, т.к. основная часть запасов разведана по категории В. Важно, что ты усвоил метод. Но пока учтена неопределённость запасов, а как же с технико-экономическими данными?

М. Здесь ситуация хуже. Данных очень и очень мало. В некоторых статьях рекомендуется при прогнозе на 8-10 лет принимать возможную ошибку ± 25 , а на 12-15 - ± 40 %, но обоснованных данных нет.

Ф. Будем учитывать ориентировочные данные.

М. Это учёт можно сделать на основе теории вероятностей. Запасы руды и возможные технико-экономические данные можно считать независимыми событиями. Риск их совместного осуществления равен:

$$R(A) = R(P) + R(Q) - R(P) \cdot R(Q) \quad (48)$$

где: $R(P)$, $R(Q)$ - риск неподтверждения, соответственно, геологических и технико-экономических данных.

Если принять $R(Q) = 0,25$, то в моём примере общий риск составит: $R(A) = 0,22 + 0,25 - 0,22 \cdot 0,25 = 0,415$, т.е. 41,5 %.

Так что Вы напрасно меня критиковали. Получается

почти смелое решение.

Ф. Сдаюсь. Этот метод требует от инженера большой эрудиции и умения наблюдать жизнь. Но, чтобы наблюдать действительность, надо уметь не видеть ничего лишнего. "Умное видение" заключается в том, чтобы видеть головой, а не глазами. Правда, Максимилиан Волошин несколько иного мнения. Он стремится:

Всё видеть, всё понять, всё знать, всё пережить,
Все формы, все цвета вобрать в себя глазами,
Пройти по всей земле горящими ступнями,
Всё воспринять и снова воплотить.

Не обошёл эту проблему вниманием и Михаил Ломоносов, в работе "О слоях земных" он пишет: "Велико есть дело - достигать во глубину земную разумом, куда рукам и оку досягнуть возбраняет натура; странствовать размышлениями в преисподней, проникать рассуждением сквозь тесные расселины и вечною ночью помрачённые вещи и деяния выводить на солнечную ясность."

М. Метод познания действительно сложен и много мнений по этой проблеме. Но меня интересует - можно ли определить рациональный уровень риска строгими математическими методами?

Ф. Думаю, что можно. Но это уже другой разговор.

Источники: 1. Арсентьев А.И. Развитие горных работ в карьерном пространстве. Л., изд.ЛГИ. 1991.

2. Определение главных параметров карьера. Авт.: Арсентьев А.И., Шпанский О.В., Константинов Г.П., Бложе В.Л. М., "Недра", 1976.



Анатолий Петрович
Зотов (1890-1942)
Автор первого в мире
учебника для Вузов "Раз-
работка полезных ископа-
емых открытыми работа-
ми" (1932)



Кто прямо ездит, дома не почует.
Пословица

9. КУДА ТЫ СКАЧЕШЬ - ДНО КАРЬЕРА?



М. Начал заниматься способом вскрытия крутопадающего месторождения. Решил применить вскрытие системой тупиковых траншей (рис.15) - съезды все стационарные и система занимает мало места по простиранию залежи.

Ф. А у тебя есть поперечные разрезы по залежи?

М. Да есть. Дно будет понижаться по левому борту карьера. Трасса траншей стационарна - транспортники одобряют. Траектория движения дна прямолинейна в поперечном сечении карьера.

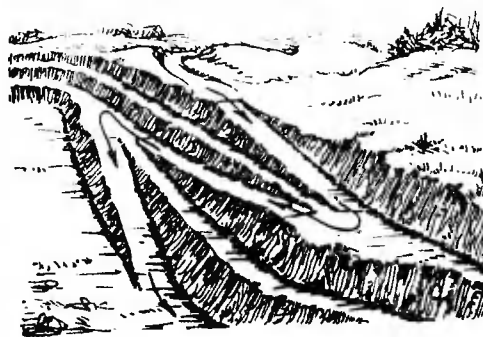


Рис.15. Система тупиковых траншей.

Ф. Ты провёл горногеометрическое моделирование развития горных работ?

М. Нет, пока не успел.

Ф. Тогда, не торопись с выводами.

→ → прошло время → → →

М. Подробно разбирался с углубкой карьера. Этот процесс циклический и скачкообразный: начинаются работы с проходки въездной траншеи, а заканчиваются

вскрытием и подготовкой нового горизонта. Затем всё начинается снова. Цикл продолжается 1,5 - 2 года в зависимости от применяемого оборудования и организации работ.

Ф. Для начала рассмотрим плоскую задачу. У тебя принято направление углубки по нерабочему борту (по стрелке N_1 на рис.16) и что получилось?

М. Как известно, угол откоса рабочего борта, в зависимости от ширины рабочих площадок, может изменяться в пределах от φ_{max} до $\varphi_0 \rightarrow 0^\circ$. Поэтому я построил поперечный разрез и нанёс положения рабочих бортов

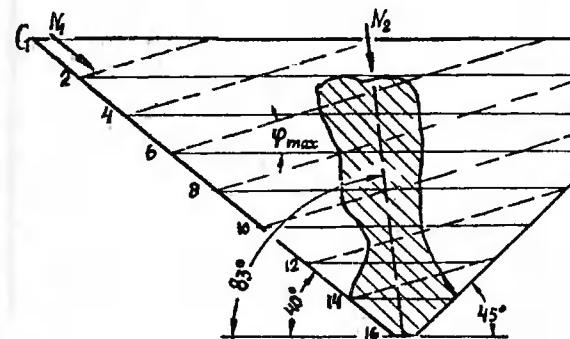


Рис.16.

по мере углубки карьера (штриховые линии на рис.16). Подсчитал площади и объёмы руды, пород и горной массы (табл.8) и построил график изменения нарастающего объёма пустых пород V от нарастающего объёма руды P (рис.17). На этом графике кривая 1 относится к работе карьера при угле откоса рабочего борта $\varphi_0 \rightarrow 0^\circ$; кривая 2 - при $\varphi = 12^\circ$. Усреднённый эксплуа-

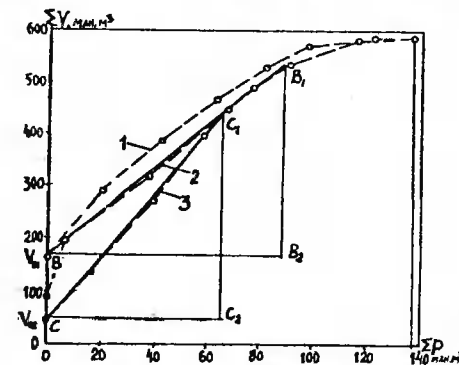


Рис.17.

тационный коэффициент вскрыши первого периода работы показан прямой BB_1 , а его величина $n_1 = B_1 B_2 / BB_2$.

Таблица 8.

Ф	показатели	объёмы, млн.м ³ , при углубке до уступов:							
		2	4	6	8	10	12	14	16
12	Q_i	23,5	67,5	113,0	152,0	158,6	111,8	71,5	27,1
	$\sum Q_i$	23,5	91,0	204,0	356,0	514,6	626,4	697,9	725,0
	P_i	-	-	7,2	30,0	30,0	23,4	25,4	21,0
	$\sum P_i$	-	-	7,2	37,2	67,2	90,6	116,0	137,0
	V_i	23,5	67,5	105,8	122,0	128,6	88,4	46,1	6,1
	$\sum V_i$	23,5	91,0	196,8	318,8	447,4	535,8	581,9	588,0
0	Q_i	164,5	145,0	122,5	100,0	80,0	58,0	40,0	15,0
	$\sum Q_i$	164,5	309,5	432,0	532,0	612,0	670,0	710,0	725,0
	P_i	-	20,0	23,0	20,0	19,0	16,0	24,0	15,0
	$\sum P_i$	-	20,0	43,0	63,0	82,0	98,0	122,0	137,0
	V_i	164,5	125,0	99,5	80,0	61,0	42,0	16,0	-
	$\sum V_i$	164,5	289,5	389,5	469,0	530,0	572,0	588,0	588,0

Получены следующие данные:

объём горнокапитальных работ $V_{o1} = 152$ млн.м³;
 экспл. коэффициент вскрыши $n_1 = 4,1$ м³/м³;
 средний коэффициент вскрыши $n_c = 4,29$ м³/м³.

Ф. Ты считаешь, что предложил хорошее решение? Давай посмотрим. У тебя огромный объём горнокапитальных работ, которые нужно вынуть из карьера до получения руды. Чтобы начать добычу руды нужно опуститься на гор.б, т.е. на 90 м. Для этого понадобится 6-7 лет. Так что нужно поискать других вариантов. Но прежде, следует установить критерий эффективности принятой траектории углубки карьера.

М. Это минимум эксплуатационного коэффициента вскрыши.

Ф. Очень сомневаюсь. Ты забыл о затратах на горнокапитальные работы.

М. Видимо нужно стремиться к наименьшим затратам на горные работы в первый период.

Ф. Ты прав. Но не вообще затратам, а относительно к объёму добываемой руды.

М. Затраты пропорциональны объёмам вынимаемых горных пород. Значит нужно всё время работать так, чтобы на единицу добываемой руды приходилось как можно меньше вынутых пустых пород. Но это же коэффициент вскрыши?

Ф. Да. Но какой коэффициент вскрыши? Как его назвать? Каково его уравнение?

→ → прошло время → → →

М. Мне удалось получить уравнение критерия эффективности принятого направления углубки карьера:

$$n_{сн.о} = \frac{\sum_i V_i}{\sum_i P_i} \rightarrow \min \quad (49)$$

где: $\sum V_i$ - суммарный объём пустых пород, вынутых при опускании дна карьера на i -й горизонт, м³; $\sum P_i$ - то же руды, м³.

Но как назвать этот коэффициент?

Ф. Он давно употребляется проектировщиками и называется средним с начала отработки коэффициентом вскрыши. Он используется для оценки календарного плана горных работ. Ты выбрал вариант углубки?

М. Да. Это направление N_2 на рис.16. Чтобы уменьшить объём горнокапитальных работ я начинаю вскрытие над рудным телом, а дальше дно карьера движется примерно по центру рудного тела. Я нанёс на поперечный разрез новое положение откосов рабочего борта, подсчитал изменение объёмов и на рис.17 полу-

чил кривую 3. Работа с усреднённым коэффициентом вскрыши показана прямой CC_1 . Вот основные результаты:

объём горнокапитальных работ $V_{o2} = 50$ млн.м³;
экспл. коэффициент вскрыши $n_2 = 5,9$ м³/м³.

Ф. Ну и какие же выводы?

М. Во втором варианте объём горнокапитальных работ уменьшился в 3 раза, но зато вырос эксплуатационный коэффициент вскрыши в 1,4 раза. Я определил по вариантам критерий $n_{сно}$ и построил сравнительный график на рис.18, на котором изменение критерия по первому варианту показано линией 1, а по второму - линией 2. Ясно, что второй вариант лучше, хотя при его реализации въездные траншеи будут не стационарными, а временными. Они будут располагаться на рабочих уступах и время от времени их нужно ликвидировать и создавать в другом месте для обеспечения возможности движения рабочих уступов. Транспортники будут недовольны.

Ф. Ну, это можно пережить. А как ты представляешь решение объёмной задачи?

М. Я думаю так: 1) на каждом поперечном разрезе методом вариантов по критерию (49) определяется рациональное направление углубки; 2) строится продольный разрез и на линиях поперечных разрезов наносятся значения $n_{сно}$ по рациональному направлению углубки.

Ф. А что дальше? Ведь нужно выбрать участок по простиранию, с которого необходимо начинать горные работы.

М. Нужно взять один горизонт и, переходя от од-

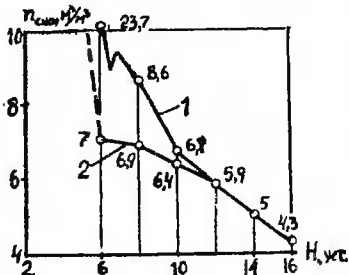


Рис.18.

ного разреза к другому, найти поперечный разрез с минимальным значением критерия (49); так сделать по всем горизонтам. Затем полученные точки нужно соединить и получится рациональная траектория движения дна карьера по простиранию.

Ф. Поздравляю! Получился способ определения рационального направления углубки методом вариантов. Но, метод вариантов... Какой органический недостаток этого метода?

М. Метод давно известен и широко применяется во многих областях деятельности. Не знаю его пороков.

Ф. Как ты думаешь - твой второй вариант N_2 действительно самый, самый?

М. Я не такой уж зазнайка. Может быть есть и лучший вариант.

Ф. Вот то-то! Метод вариантов даёт возможность выбрать лучший из рассмотренных вариантов. Но наилучший вариант может и не попасть в число рассматриваемых. В этом - неприятное свойство метода вариантов.

М. Что же делать?

Ф. Искать, искать... Ты знаешь, что сказал Михаил Ломоносов в инструкции для Северной экспедиции: нужно "... помнить, что всеми прежде бывшими безуспешными и благопоспешствованными трудами мужеству и бодрости человеческого духа, и проникательству смысла последний предел ещё не поставлен, и что много может ещё преодолеть и открыть осторожная ваша смелость и благородная непоколебимость сердца."

Источники: 1. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. М., "Госгортехиздат", 1961.

2. Арсентьев А.И., А.А. Ещенко, А.Н. Курочкин. Выбор направления развития горных работ на карьере ЮГОК. В кн.: Сб. трудов КГРИ, вып.ХП. М., "Госгортехиздат", 1962.

3. Ещенко А.А. Исследование интенсивности развития горных работ при открытой разработке Криворожских рудных залежей значительной протяжённости. Канд.дисс.Кривой Рог, 1963.



Желаний никогда своих не умеряем;
Имеем что-нибудь, мы лучшего желаем.
М.М. Херасков

10. ИЩЕМ ЧУДО-ТРОПУ.



Ф. Миша, ты слышал о такой науке - аналитической геометрии?

М. Обижаете, Фёдор Иванович!

У меня по всем курсам математики были пятёрки.

Ф. Ну, тогда слушай. Возьмём поперечный разрез по карьёру разрабатывающему крутопадающее месторождение простой пластообразной формы и наметим случайную траекторию движения дна карьера $CC_1C_2C_3C_4$ (рис.19).

В процессе движения дно проходит четыре зоны. Первая CC_1 до глубины H_1 - рабочая зона выходит на боковые контакты рудного тела; вторая C_1C_2

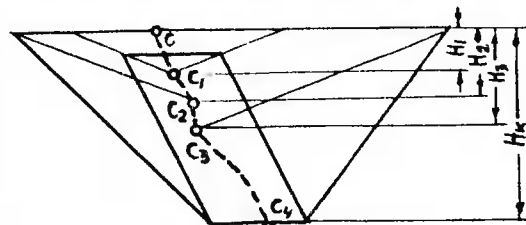


Рис.19.

до глубины H_2 - рабочая зона подходит к верхней бровке карьера со стороны лежачего бока залежи; третья C_2C_3 до глубины H_3 - рабочая зона подходит к верхней бровке карьера со стороны висячего бока залежи; четвёртая C_3C_4 до конечной глубины H_k . Движение дна в каждой зоне можно описать уравнениями и определить нарастающий, по мере углубки, объём (площадь). Если взять производную этих уравнений и

приравнять её нулю, то получим точку, в которой соблюдается минимум критерия $n_{сно}$. Так, по моему, можно получить искомую рациональную траекторию движения дна карьера. Тебе ясен путь? Дерзай!

→ → прошло время → → →

М. Ну и задачу Вы мне задали! Пришлось мобилизовать все свои силы и знания. Но результат получился невероятный.

Ф. Не торопись. Рассказывай по порядку.

М. Мне удалось получить по каждой зоне уравнение нарастающей площади и критерия (49). За точку отсчёта я взял расстояние по горизонтали от точки траектории до контакта лежачего бока залежи. Я принёс Вам показать полученные уравнения - они оказались громоздкими. Но самое интересное - результат (рис.20).

Оказалось, что горные работы необходимо начинать над серединой рудного тела и вертикально углубляться до выхода откосов рабочего борта на боковые контакты рудного

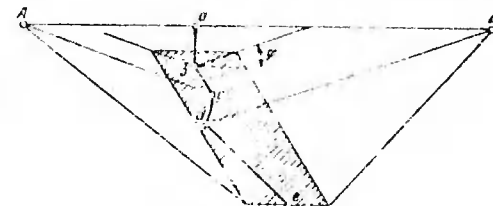


Рис.20

тела (по прямой ab). Затем углубляться параллельно контактам рудного тела до выхода откоса борта на верхнюю бровку карьера со стороны лежачего бока (линия bc). Затем дно карьера нужно переносить всё ближе и ближе к контакту лежачего бока (линия cd) до выхода откоса рабочего борта на верхнюю бровку карьера со стороны висячего бока залежи. В дальнейшем траектория приближается постепенно к середине рудного тела (по линии de) на конечной глубине.

Ф. Это очень интересно - совершенно новый неизвестный ранее результат. Ясно, что ни один проектировщик не додумался до такого направления углубки карьера. Я очень рад, что наши усилия увенчались оригинальным успехом.

М. На основе уравнений можно построить график $\Sigma V = f(\Sigma P)$, который для $\varphi = \varphi_{max}$ описывается четырьмя уравнениями, а для $\varphi = 0$ - одним. Кривая для φ_{max} занимает самое низкое, из всех возможных, положение и соблюдается критерий (49).

Ф. Насколько я тебя знаю, ты на этом не успокоился?

М. Да. Я запрограммировал полученные уравнения и на компьютере выявил влияние различных факторов на положение точки d . В качестве функции я принял x/M - отношение расстояния дна до линии лежащего бока к мощности рудной залежи.

Ф. И что же получилось?

М. Размах колебаний величин функции от -0,15 до +0,6. Получилось, что рациональная траектория находится внутри рудного тела. Только в конце третьей зоны (точка d на рис.20) она может выйти из рудного тела. Наибольшее влияние оказывает угол падения рудного тела: чем он больше, тем ближе к центру рудного тела приближается точка d . С увеличением мощности налегающих сверху рудного тела пород точка d незначительно сдвигается к висячему боку. Мощность рудного тела почти не влияет на величину функции. Из горнотехнических факторов наибольшее влияние оказывают углы погашения бортов карьера. С увеличением угла погашения левого борта точка d подвигается в сторону лежащего бока, а правого борта - в сторону висячего бока. Конечная глубина карьера оказывает незначительное влияние на функцию.

Ф. Давай спокойно разберёмся в результатах. Ясно, что целесообразно перемещать дно карьера внутри рудного тела при небольшой мощности руды без точных расчётов по полученному методу. А вот, если мощность составляет 50 и более метров, то положение меняется - смещение траектории от центра залежи может достигать десятка метров. Также ясно, что полученные уравнения работают при плоском рельефе местности и крутопадающей залежи правильной пластообразной формы. Таких месторождений в природе очень мало.

М. Но всё равно, мы получили сногшибательный результат и нужно радоваться.

Ф. Я радуюсь! Но...

→ → прошло время → → →

М. Вас очень долго не было. Что случилось?

Ф. Я серьёзно болел. Началось с небольшой простуды, а потом пошло, пошло и дошло до воспаления лёгких. Пришлось лечь в больницу. Там меня активно лечили и поставили на ноги. И вот, когда я начал выздоравливать в голове пошли мысли и я разработал универсальный подход к определению рациональной траектории углубки карьера для любой формы крутопадающих залежей и любого рельефа местности.

М. Но это же здорово!

Ф. Да, это очень большой результат.

М. Так в чём же заключается метод?

Ф. Я принёс показать пример. Критерий (49) можно представить в другом виде:

$$n_{CHO} = \frac{\sum_1^i Q_i - \sum_1^i P_i}{\sum_1^i P_i} = \frac{\sum_1^i Q_i}{\sum_1^i P_i} - 1 \quad (50)$$

$$\text{или окончательно } n_{\text{CHO}} = \frac{\sum_{i=1}^i Q_i}{\sum_{i=1}^i P_i} \rightarrow \min \quad (51)$$

где: $\sum Q_i$ - суммарный объём горной массы, вынутый при опускании горных работ на i -й уступ, м³.

М. Ну и что? Обычное алгебраическое преобразование.

Ф. Дело в том, что мы заикнулись на том, что объёмы руды, пород и горной массы переменны. Они, по мере углубки, изменяются - возрастают. И в нашем критерии (49) два неизвестных. Я подумал, а что, если одну величину - объём руды сделать постоянным и известным. Тогда задача сведётся к поиску минимума только объёма горной массы.

М. А как её сделать постоянной?

Ф. Я придумал - с помощью изолиний руды. Вот

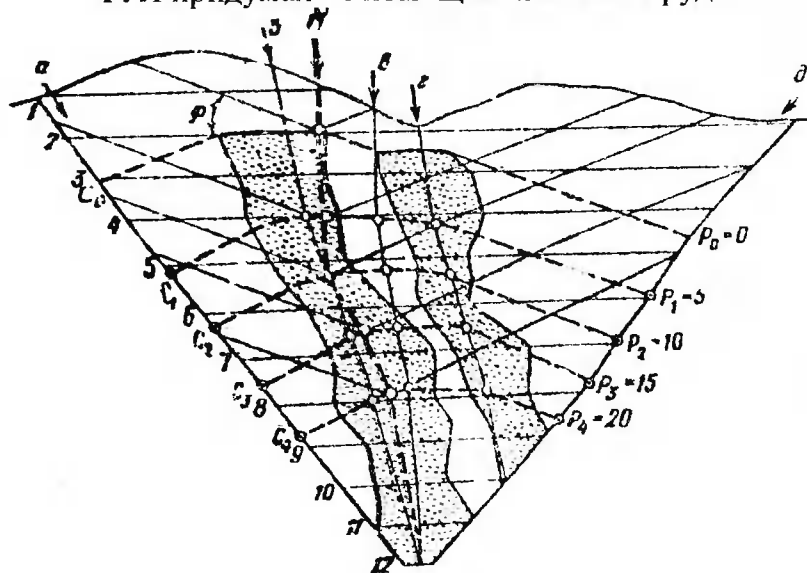


Рис.21

посмотри поперечный разрез рис.21. Представь модель рабочей зоны в виде либо картонного трафарета, либо чертежа на прозрачной кальке - дно карьера (точка) и в обе стороны наклонные линии откосов рабочих бортов под углом $\varphi_{\max}$. Этот трафарет мы перемещаем по площади разреза. В любом месте, если опускать трафарет всё ниже и ниже, наступит момент, когда откос рабочего борта или дно коснётся рудного тела. При дальнейшей углубке мы начинаем добывать руду. Если этот момент фиксировать, то получим первую изолинию руды с объёмом $P_0=0$ (штриховая линия C_0P_0 на рис.21). Если по этой линии перемещать трафарет и замерять площади горной массы, попадающие в рабочую зону, то обнаружим точку, в которой площадь минимальна. Сюда мы опускаем траекторию N. Тебе понятно?

М. Да. И очень интересно.

Ф. Дальнейшая задача - построить изолинии руды, опустившись на которые мы добудем фиксированный постоянный объём (площадь) руды.

М. Это наверное сложно?

Ф. Да. Я воспользовался методом вариантов. Наметил варианты углубки a, b, c, d . И по каждому из них я опускал трафарет рабочей зоны и замерял площади только руды. Данные я заносил в таблицу, часть которой я привожу в табл.9. Затем цифры таблицы я переношу на график рис.22. На оси ординат отмечаю цифры 5; 10; 15; 20. Получаю точки пересечения с линиями вариантов. Эти точки проектирую на ось абсцисс (на рис. 22 показаны для варианта a). Так определяю по каж-

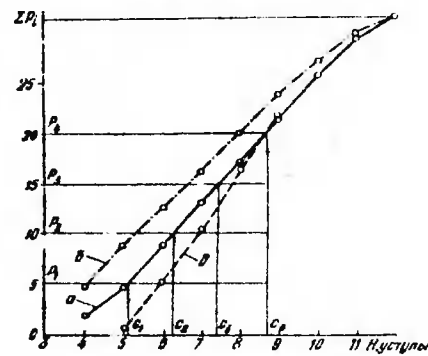


Рис.22

дому варианту точки задуманных объёмов руды, переношу их на рис.21 и, соединив, получаю изолинии $C_1P_1=5$; $C_2P_2=10$ и т.д. Ты следишь за моими словами?

М. Да, слежу и даже понимаю.

Таблица 9.

гор	направления углубки					
	а		б		в	
	P_i	ΣP_i	P_i	ΣP_i	P_i	ΣP_i
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	1,67	1,67	0,66	0,66
4	1,53	1,53	3,04	4,71	3,55	4,21
5	2,90	4,43	4,15	8,86	4,50	8,71
6	4,39	8,82	3,86	12,73	4,51	13,22
7	4,19	13,01	3,43	16,16	3,61	16,83
8	4,02	17,03	3,69	19,85	3,60	20,43
9	4,30	21,33	3,99	23,84	3,78	24,21
10	4,31	24,64	3,27	27,11	3,08	27,29
11	3,66	29,30	2,65	29,76	2,56	29,85
12	2,20	31,50	1,74	31,50	1,65	31,50

Ф. Дальше я по этим изолиниям перемещаю трафарет рабочей зоны, замеряю площади горной массы, попадающие в рабочую зону и нахожу точки, в которых площадь минимальна. Соединяю эти точки и получаю траекторию N движения дна карьера, при которой всё время соблюдается минимум вынужтой горной массы на единицу добытой руды. Я провёл горно-геометрическое моделирование для варианта a и N , определил критерий (51) и показал на графике рис.23. На нём кривая 1 относится к направлению a , а кривая 2 - к N . Результаты видны очень чётко.

М. Это же здорово! Вы замечательный и талантливый человек!

Ф. Я, конечно, вначале возгордился. Какой я молодец и умница! А потом засомневался. Подумал, почему для того, чтобы разработать новый метод мне нужно было серьёзно заболеть? И, наконец, кто же разработал этот метод? Вот что говорит по этому поводу любимый мною поэт Алексей Толстой:

Тщетно, художник, ты мнишь, что творений
своих ты создатель!

Вечно носились они над землёю, незримые оку.
Нет, то не Фидий воздвиг олимпийского славного
Зевса!

Фидий ли выдумал это чело, эту львиную гриву,
Ласковый, царственный взор из-под мрака бровей
громоносных?

Нет, то не Гёте великого Фауста создал, который,
В древнегерманской одежде, но в правде глубокой,
вселенской,

С образом сходен предвечным своим от слова до
слова.

Или Бетховен, когда находил он свой марш
похоронный,

Брал из себя этот ряд раздирающих сердце аккордов,
Плач неутешной души над погибшей великою мыслью
Рушение светлых миров в безнадёжную бездну хаоса?
Нет, эти звуки рыдали всегда в беспредельном
пространстве,

Он же, глухой для земли, неземные подслушал
рыдания.

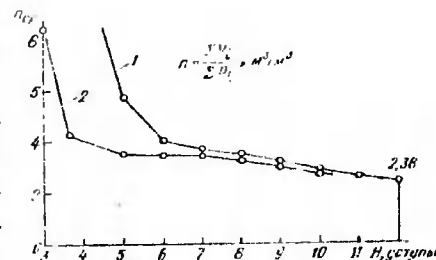


Рис.23

Много в пространстве невидимых форм и
 неслышимых звуков,
 Много чудесных в нём есть сочетаний и слова и света,
 Но передаст их лишь тот, кто умеет и видеть и
 слышать,
 Кто, уловив лишь рисунка черту, лишь созвучье,
 лишь слово,
 Целое с ним вовлекает создание в наш мир
 удивлённый.

Ещё более определённо утверждает об этом индийский поэт и философ Шри Ауробиндо: "Постепенно мы открываем, что нет никакой необходимости в том, чтобы думать. Точность и безошибочность всей нашей работы, которую выполняет это нечто, что находится за нами или выше нас, возрастают по мере того, как мы привыкаем обращаться к нему. Нет никакой необходимости запоминать, потому что точная информация приходит к нам в нужную минуту;" И, в другом месте он пишет: "... ум - это не орудие познания, а лишь организатор знания... знание приходит из другого источника".

Так что, вот какие загадки подбрасывает нам жизнь дорогой мой Миша.

М. Ну, Вы Фёдор Иванович, забрались в такие дебри философии и религии, что мне стало даже тревожно.

→ → *прошло время* → → →

М. Я Ваш метод применил к комплексным месторождениям, из которых добывается много полезных ископаемых. Здесь только нужно строить не изолинии руды, а изолинии ценности добываемых руд. Нужно применять другой критерий;

$$F_i = \frac{\sum_i Q_i}{\sum_i C_i} \rightarrow \min \quad (52)$$

где: $\sum C_i$ - суммарная ценность руд, добытых при опускании дна карьера на i -й горизонт, руб.

Ф. Я знал, что ты не успокоишься.

М. И я, кстати, не болел. Правда и придумывать мне было особенно нечего - ведь Ваша идея ясна. Нужны изолинии руды, ценности; изоповерхности в случае объёмной задачи.

Ф. Вот то, что ты додумался до изоповерхностей это хорошо. Кстати, Александр Твардовский написал:

Лиха беда - пути начало,

Запев даётся тяжело,

А там, глядишь: пошло, пожалуй?

Строка к строке - ну да, пошло.

М. У Вас поэты всегда кстати говорят.

Ф. Дело во всеобщности разных проблем в разных областях жизни и работы. Всё в мире тесно взаимосвязано. Об этом я тебе и напоминаю.

М. Мне это очень нравится. Но, продолжим разговор. Я взял разрез карьера, разрабатывающего три вида руд (рис.24). Сначала построил верхнюю изолинию $C_0=0$, с которой начинается добыча руд. Затем, по Вашему примеру, наметил варианты направлений углубки а. б. в. г. д. Перемещая по этим направлениям трафарет рабочей зоны определил площади каждой из руд. Составил таблицу по типу табл.9, но с тремя рудами.

Ф. А что дальше?

М. Установил ценность каждой руды C_1 , C_2 , C_3 и построил график по аналогии с рис.22 и наметил цифры изолиний 150, 250, 500, 750 млн.рублей. Опреде-

лил высоты, на которых эти цифры достигаются и перенёс их на рис.24. Кстати, эти высоты можно определить методом интерполяции по таблице ценностей.

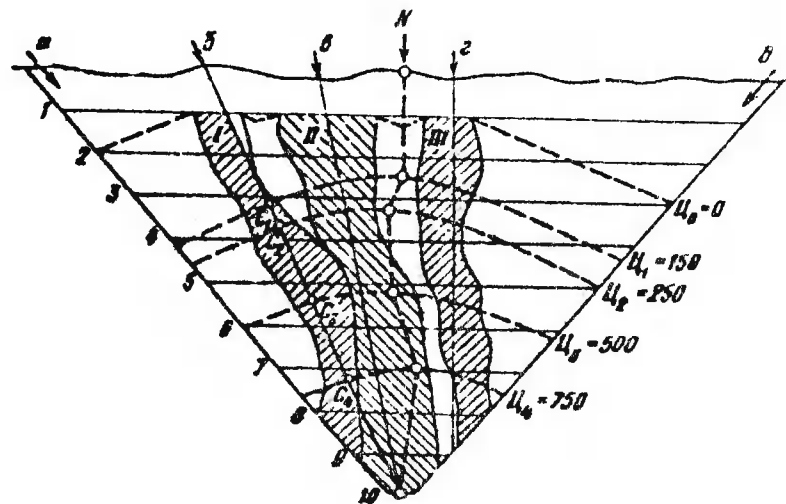


Рис.24.

Ф. Правильно подумал. Продолжай.

М. По полученным точкам построил изолинии ценности. Затем, по ним вёл трафарет и определял точки дна, в которых оказывался минимум горной массы в рабочей зоне. Соединив эти точки получил траекторию движения дна карьера, при которой всегда соблюдается критерий (52).

Ф. Что ж. Всё замечательно.

М. Да. Создан универсальный метод. Им можно решать проблему и в объёмном варианте через построение продольного разреза по карьере.

Ф. Ты не слишком-то радуйся. Во первых, мы не всё знаем о формах и объёмах рудных тел и их положе-

нии в пространстве и нужно определять не линию, а область рациональной траектории; во-вторых, цены на полезные ископаемые на мировом рынке ведут себя капризно; в-третьих, мы принимаем в построениях постоянный максимальный угол откоса рабочего борта, а в действующем карьере он всегда переменный; в-четвёртых, мы решаем плоскую задачу, а карьер - сооружение четырёхмерное: длина, ширина, глубина и время; а в-пятых, мы с тобой наивные простаки, если надеемся, что наши исследования будут востребованы и наступит время, когда в карьерах будут следовать нашим советам, поймут, что карьер это действительно очень сложная система, требующая грамотного управления. Да и, вообще, прав Гавриил Державин, когда на склоне лет с горечью констатировал:

Река времён в своём стремленьи
Уносит все дела людей
И топит в пропасти забвенья
Народы, царства и царей.

М. Но Вы - Фёдор Иванович ещё далеко не на склоне лет. И я уверен, что наши работы понадобятся. Просто Вы устали и поддались унынию.

Ф. Спасибо Миша на добром слове.

Источники: 1. Арсентьев А.И. Аналитический метод определения рационального направления углубки карьера. В сб.: "Совершенствование методов разработки рудных месторождений. Вып.1, КГРИ. М., "Недра", 1966.

2. Бевз Н.Д. Изыскание оптимального направления развития горных работ в карьере при отработке мощных крутопадающих залежей. Канд.дисс., Кривой Рог, 1966.

3. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. 2-е изд., М., "Недра", 1970.

4. Слуцман Л.А. Исследование и разработка методов определения направления углубки карьера в условиях крутопадающих месторождений. Канд.дисс., Л., 1974.

5. Арсентьев А.И. Развитие горных работ в карьерном пространстве. Изд.ЛГИ, Л., 1991.



Все изменения тел происходят
посредством движения.

М.В. Ломоносов.

11. ЕСТЬ ЛИ ЗАКОНЫ У ГОРНОЙ НАУКИ?



М. Как Ваше настроение? Прошло ненастье?

Ф. Да, у меня небо прояснилось. Настроение рабочее. А то, что я наговорил на прошлой встрече ты воспринимай, как вариант напутствия М.В. Ломоносова. Пути науки бесконечны.

М. А у меня наоборот. Настроение пакостное. И опять из-за горной науки. Прочёл стенограмму выступления на научном семинаре нашего академика - горняка, где он заявил, что "горная наука отличается тем, что у неё нет научных законов". Что же она тогда такое? Ведь меня учили, что открытие законов и способов их использования - цель и содержание любой науки.

Ф. Тебя учили правильно. Как известно, академики бывают разные. И он не одинок. Все учёные - горняки, которые попадали в академию наук, не привнесли в неё понятий - законов горной науки. Это прискорбный факт. Хотя среди них были умные люди, много сделавшие для престижа горной науки. Любая наука в своём развитии оснащается научными законами и горная наука не исключение. Их только нужно открывать. Нобелевский лауреат венгерский учёный Альберт Сент-Дьерди высказал глубокую мысль: "Сделать открытие - значит увидеть то, что все видят, и подумать при этом то, что до сих пор никому в голову

не приходило". Ты знаешь, что такое научный закон?

М. Конечно! Я сразу же полез в энциклопедию и нашёл, что закон - "необходимое, существенное, устойчивое, повторяющееся отношение между явлениями. Закон выражает связь между предметами, составными элементами данного предмета, между свойствами вещей, а также между свойствами внутри вещи... Связь может быть необходимой и случайной. Закон - это необходимая связь".

Ф. Эту формулировку разработал какой то физик - теоретик и она не совсем точна. Во-первых, закон описывает и процессы. Например - закон Ома, закон Дарси и др. Во-вторых, это отношение не явлений или процессов, а количественных характеристик этих процессов и явлений. Закон должен охватывать множество объектов, т.е. обладать общностью. Обычно в законе содержится ограниченное количество переменных, имеющих решающее влияние на ход процесса, а в действительности таких переменных много. Их влияние обуславливает некоторые отклонения (флуктуации) от действия закона. Очень хорошо об этом сказал наш физик - теоретик Я.И. Френкель: "Хорошая теория сложных систем должна представлять лишь хорошую "карикатуру" на эти системы, утрирующую те свойства их, которые являются наиболее типическими, и умышленно игнорирующую все остальные - несущественные свойства". Так что законы - "карикатуры" реальных процессов. Можешь ты назвать главный, решающий процесс при добывании полезных ископаемых?

М. Конечно! Это извлечение из недр земли полезных ископаемых путём проведения горных работ.

Ф. Правильно. А как теоретически описать этот процесс? По какому закону он происходит?

М. Это известно из учебников. Скорость проходки горных выработок равна:

$$v = \frac{N \cdot Q}{S} \quad (53)$$

где: Q - производительность проходческого оборудования, м³/мес; N - количество работающего в забое оборудования; S - площадь обрабатываемого забоя, м².

Ф. Правильно. Давай проверим эту зависимость на соответствие понятию закона. Эта зависимость необходима? Безусловно. Она существенна? Да. Она устойчива? Да. Она повторяется? Всегда. Обладает общностью? Конечно, т.к. она действует на всех горных предприятиях, разрабатывающих твёрдые полезные ископаемые.

М. А кто первым ввёл эту формулу в горную науку?

Ф. Я думаю, что определять скорость проведения горных выработок умели горняки очень давно. Я изучал многие труды - уравнения (53) нет у Агриколы, Ломоносова, Шлаттера. И вот, попалась книга Алексея Узатиса (1814 - 1875) "Курс горного искусства", изданный в Петербурге в 1843 году. Автор уделил внимание этому очень важному процессу и написал, что "скорость прохода шахты зависит, кроме твёрдости пород, также от размеров её поперечного сечения и от числа рабочих забоев". В связи с этим, я считаю, что эту зависимость (53) следует назвать "законом Алексея Узатиса о динамичности рабочих забоев".

М. Это был крупный учёный - академик?

Ф. Да. Это крупный учёный. Его книга была весьма значительным событием в горной науке. Она вышла через 80 лет после книги М.В. Ломоносова и в ней обоб-

щён и развит российский и иностранный столетний опыт горной науки и производства. Он, в течение двух лет изучал опыт Германии. Но академиком Узатис не был. Он пришёл работать в Санкт-Петербургский горный институт в 1840 году, книгу издал в 1843, а в 1944 был изгнан из института и навсегда отошёл от горной науки.

М. Когда он ушёл ему было всего 30 лет. Жаль.

Ф. Знаешь Миша! Есть какая-то закономерность, связанная с академией наук и при монархии и при советской власти. Наиболее яркие и плодотворно работающие учёные - горняки почему-то не избирались академиками. Достаточно назвать такие имена: А.И. Узатис, Б.И. Бокий, Н.И. Трушков, И.А. Кузнецов, А.П. Зотов, Е.Ф. Шешко, П.И. Городецкий, М.М. Протодьяконов, П.Э. Зурков, Г.Л. Фисенко и т.д.

М. А почему так получилось?

Ф. Очень трудно ответить. У каждого из них своя судьба, свои обстоятельства. И, кроме всего, академиков избирают академики - этим многое сказано. Но продолжим разговор о законе Узатиса. Где он применяется при наземной разработке месторождений?

М. Всюду. На уступе работает экскаватор. Скорость движения заходки:

$$v_1 = \frac{Q}{h \cdot a} \quad (54)$$

где: h - высота уступа, м; a - ширина экскаваторной заходки, м.

Если для каждого экскаватора выделяется экскаваторный блок, то скорость подвигания рабочего уступа в пределах блока:

$$v = \frac{Q}{h \cdot L_6} \quad (55)$$

где: L_6 - длина экскаваторного блока, м.

Если деления на блоки нет, то:

$$v = \frac{N \cdot Q}{h \cdot L_y} \quad (56)$$

где: L_y - длина фронта работ на уступе, м.

Ф. Можно определять и вертикальные скорости. И.А. Кузнецов предлагает определять производительность рудника по руде по формуле:

$$A_p = S \cdot h_o \cdot \gamma \quad (57)$$

где: S - горизонтальная площадь рудного тела, m^2 ; h_o - скорость понижения добычных работ, м/год; γ - плотность руды, t/m^3 .

Кстати, профессор Иван Архипович Кузнецов первым начал выявлять законы горной науки опираясь на труды Ф. Энгельса. Одну из глав своей книги он назвал "Основные законы разработки".

М. Какие законы он открыл?

Ф. К сожалению он путал законы с правилами. Можно, пожалуй, назвать два закона: закон динамичности рабочих забоев, который он назвал "законом интенсивности работ, думаю - он не знал, что за 90 лет до него об этом законе писал Узатис; и "закон соотношения скоростей очистной выемки и подготовки" - он ссылается на Б.И. Бокия, но расширяет его и распространяет на все месторождения.

М. Фёдор Иванович, а какая разница между законами и правилами?

Ф. Очень существенная. Заглянем в энциклопедию - там в 20-м томе написано: "Правило - предложение, выражающее при определённых условиях разрешение или требование совершить или воздержаться от совершения некоторого поступка". Основное свойство правил

- субъективность. Они время от времени меняются, пересматриваются. Их можно нарушать, иногда даже официально с разрешения начальства - "в порядке исключения". Это правила дорожного движения, поступления в учебные заведения и т.д. Не всегда просто отличить их от закона, т.к. в правила попадают и законы. Например, в правила безопасности. Но проверка на критерии научного закона позволяет отличить правила от закона.

М. Вы упомянули о Бокие.

Ф. Борис Иванович Бокий (1873 - 1927) - замечательный учёный - горняк. Он разработал аналитические методы определения параметров и показателей работы угольных шахт. В книге "Практический курс горного искусства" в 1922 году он сформулировал закон: "нужно... чтобы развитие подготовительных работ соответствовало развитию очистных. Это достигается тогда, когда скорость подготовки участков будет равна скорости очистной выемки". Через 10 лет И.А. Кузнецов развил этот закон - включил в него скорость работ по вскрытию участка и ввёл коэффициент опережения работ. В современном виде его можно назвать законом Бокия-Кузнецова о соотношении интенсивности работ по вскрытию, подготовке и очистной выемке:

$$h_g \geq h_n \geq h_o \quad (57)$$

Этот закон применяется при календарном планировании горных и других работ.

Источники: 1. Узатис А.И. Курс горного искусства. Спб, 1843.

2. Кузнецов И.А. Основные расчёты при разработке рудных месторождений. Часть 2. М.-Л., "Горгеолгиз", 1932.

3. Кузнецов И.А. Разработка рудных месторождений. Том 1, Вскрытие месторождений. М.-Л., "Горгеолгиз", 1932.

4. Бокий Б.И. Практический курс горного искусства. Петроград, "Госиздат", 1922.



Наука - капитан, а практика - солдаты.
Леонардо да Винчи.

12. ПОД КАКУЮ МУЗЫКУ ШАГАЮТ РАБОЧИЕ УСТУПЫ?



М. Расскажите пожалуйста как был открыт закон соотношения скоростей понижения горных работ и подвигания рабочих уступов в карьерах?

Ф. Он является развитием закона Бокия-Кузнецова применительно к наземной разработке месторождений твёрдых полезных ископаемых. Родился он на основе горно-геометрического моделирования развития горных работ в карьерном пространстве. Методы моделирования широко применяются в исследованиях и при проектировании. Так при исследовании горного давления, оползней используется моделирование на эквивалентных материалах, в гидравлике - моделирование с помощью электростатических полей, в авиации - с помощью аэродинамических труб и т.д.

М. Даже есть целая наука о методах моделирования.

Ф. Именно так. Применительно к проектированию карьеров давно применяются чертежи положений горных работ в карьере и на отдельных горизонтах на определённый момент времени - пуск карьера, достижения проектной производительности, на конец отработки. Учёные заменили эти статичные чертежи на динамичные, с помощью которых можно изобразить погоризонтное развитие работ на весь срок отработки месторождения и получить большой количественный мате-

риал по распределению объёмов руды, пород, горной массы. При этом на поперечных разрезах участки рабочего борта обычно изображаются линиями откоса рабочего борта, наклон которых определяется по уравнению:

$$\varphi = \arccotg \frac{B + h \cdot ctg \alpha}{h} \quad (58)$$

где: B - ширина рабочих площадок, м; h - высота уступов, м; α - угол откоса рабочих уступов, град.

Представим дно карьера в настоящее время в виде точки O_1 на рис.25 (в предыдущем году - точки O), а откосы рабочего борта O_1C_1 и O_1A_1 под углом φ .

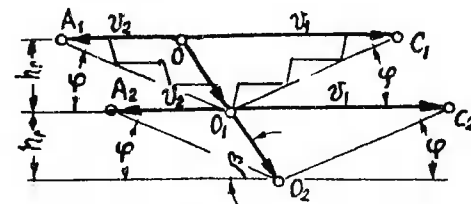


Рис.25

Через один год дно в

результате горных работ переместилось под углом β в точку O_2 и откосы заняли позиции O_2C_2 и O_2A_2 под углом φ . Истинная скорость углубки карьера O_1O_2 и для её обеспечения рабочие уступы справа подвинутся со скоростью $v_1 = O_1C_2$, а слева $v_2 = O_1A_2$. Истинную скорость углубки в действующих карьерах замерить очень трудно, поэтому используют её вертикальную составляющую $h_r = O_1O_2 \cdot \sin \beta$. Из рис.25 получаем:

$$h_r \leq \frac{v}{ctg \varphi \pm ctg \beta} \quad (59)$$

Если взять знак "+", то получим при $h = const$ скорость v_1 , а знак "-" - v_2 . Ясно, что $v_1 > v_2$ и в пределе:

$$v_I = v_{\max} = \frac{Q}{h \cdot L_{\phi \min}} \quad (60)$$

где: $L_{\phi \min}$ - минимальная длина экскаваторного блока, м. Уравнение (59) даёт максимальное значение h_e , но реально можно этим не воспользоваться; поэтому в уравнении стоит знак " $\leq$ ". Величины v и ϕ относятся ко всему рабочему борту. При $\beta=90^\circ$ получаем $v_I=v_2$.

М. Фёдор Иванович, а когда открыт этот закон?

Ф. Он открыт в 1956 году, опубликован впервые на китайском языке в 1958, а на русском - в 1961 году.

М. Разве раньше об этой взаимосвязи не знали?

Ф. Думаю, что проектировщики и опытные инженеры знали. Из учёных только Е.Ф. Шешко в 1950 году писал, что "интенсивность открытой разработки месторождения возможно характеризовать тремя взаимно зависимыми показателями - темпом подвигания забоя, фронта работ и ухода работ на глубину". Но аналитической количественной взаимосвязи никто до 1961 года не предложил.

М. А что, если и с левой стороны (рис.25) развить скорость подвигания уступа $v_2=v_I$. Ведь это вполне реально. Что тогда изменится?

Ф. Давай разберёмся на примере рис.26. Пусть

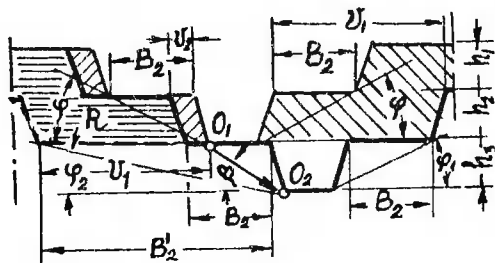


Рис.26.

дно карьера находится на уровне O_1 и рабочие площадки на первом уступе минимальны и равны $B_2=40$ м при высоте уступа $h_2=15$ м. Угол откоса рабочего борта по формуле (58) $\phi=17^\circ$.

Примем направление углубки $\beta=35^\circ$ и скорость углубки равной высоте уступа $h_e=15$ м/год, тогда по формуле (59): $v_I=15(\text{ctg}17^\circ + \text{ctg}35^\circ)=70,5$ м/год;

$$v_2=15(\text{ctg}17^\circ - \text{ctg}35^\circ)=27,6 \text{ м/год.}$$

Если мы слева будем работать со скоростью 70,5 м/год, то рабочая площадка после углубки на уровень O_2 станет равной:

$$B'_2=v_I + h_3(\text{ctg}\beta - \text{ctg}\alpha)=71,3 \text{ м} \quad (61)$$

Угол откоса рабочего борта слева:

$$\phi_2 = \text{arccctg} \frac{71,3 + 15,0,58}{15} = 10,5^\circ.$$

Справа площадка $B_2=40$ м и угол $\phi_1=17^\circ$.

М. Значит мы имеем слева резерв R площадки $v_I - v_2=42,9$ м и при желании можем его использовать.

Ф. Да. Особенно, если в этот резерв попадает руда.

М. Но резерв появляется только при наклонной углубке. Чем меньше угол углубки тем больше резерв.

Ф. Полезно помнить, что скорость углубки ограничивается максимумом возможной скорости подвигания рабочего уступа и с уменьшением угла углубки возможная скорость углубки уменьшается.

М. Получается, что рабочие уступы и дно карьера в процессе работ маршируют под музыку закона (59).

Ф. Да, пожалуй очень похоже. Вообще, этот закон позволяет при умелом использовании очень тонко и точно руководить горными работами в карьере. В особенности в сочетании с законом соразмерного развития работ на смежных рабочих уступах.

→ → прошло время → → →

М. Я разобрался поглубже с законом (59) и узнал,

что с его помощью можно определять не только скорость понижения горных работ, но и скорости пони-

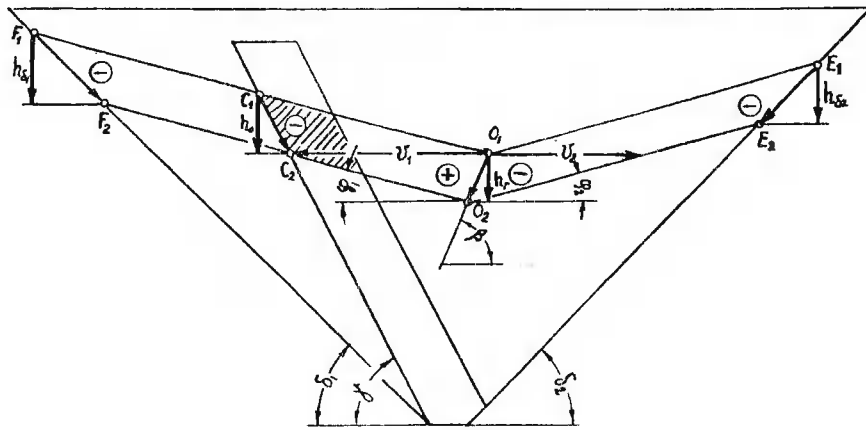


Рис.27.

жения: 1) добычных работ

$$h_o = \frac{v}{ctq\phi \pm ctq\gamma} \quad (62)$$

где: γ - угол падения рудного тела;

2) формирования нерабочих бортов

$$h_6 = \frac{v}{ctq\phi - ctq\delta} \quad (63)$$

где: δ - угол погашения нерабочего борта.

Ф. Да, этот закон царит в карьерном пространстве. Но, послушаем какие марши играет второй закон.

М. Это закон соразмерного развития горных работ на смежных рабочих уступах (рис.28). Его уравнение:

$$v_i \geq v_{i+1} - \frac{1}{t}(B_i - B_{oi}) \quad (64)$$

где: v_i - скорость подвигания i -го рабочего уступа, м/год

v_{i+1} - скорость подвигания нижележащего $(i+1)$ -го уступа, м/год; B_{oi} - минимальная расчётная ширина рабочей площадки i -го уступа, м; B_i - фактическая ширина рабочей площадки i -го уступа, м; t - время, годы.

Ф. Этот закон впервые опубликован в 1973 г. Но проблема известна давно и её не обошёл вниманием И.А. Кузнецов. В 1932 году он считал, что все рабочие уступы должны передвигаться с одинаковой скоростью при сохранении нормальной ширины рабочих площадок. Упомянул об этом и Е.Н. Барбот-де-Марни. Эти мнения - частный случай закона. Если принять, что $v_i = v_{i+1}$, то:

$$B_i \geq B_{oi}, \quad (65)$$

т.е. должны соблюдаться рабочие площадки на менее минимальных. Если же принять $B_i = B_{oi}$, то:

$$v_i \geq v_{i+1}. \quad (66)$$

т.е. верхний уступ должен передвигаться со скоростью равной или большей скорости подвигания нижележащего уступа.

М. Я понял, что закон (64) описывает общий случай, возможный в действующем карьере.

Ф. Да, ты правильно понял. Предположим, что верхний уступ нужно остановить на время t_i , т.е. $v_i = 0$.

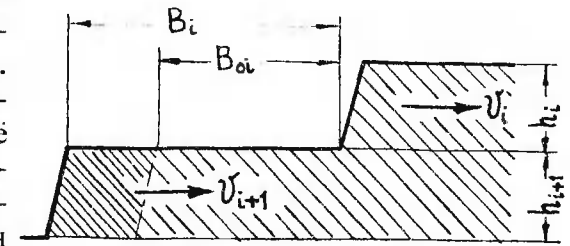


Рис.28.

Тогда должна быть создана избыточная ширина рабочей площадки равная:

$$B_i \geq B_{oi} + t_i \cdot v_{i+1} \quad (67)$$

Если, по каким-то причинам замедляется скорость подвигания верхнего уступа, то время, в течение которого можно нормально работать равно:

$$t \leq \frac{B_i - B_{oi}}{v_{i+1} - v_i} \quad (68)$$

М. Да. Этот закон тоже хорошо “играет марш”, под который движутся рабочие уступы - соседи.

Ф. Ты понял, что современный карьер действительно сложная система и горные работы развиваются по законам горной науки.

М. Это я понял.

Ф. Тогда тебе задание. Рассмотрим два теоретических варианта развития горных работ в карьерном пространстве при углубке переменного направления:

а) работа с максимальным углом откоса рабочего борта $\varphi_{max}=20^\circ = \text{const}$;

б) работа с максимальной скоростью подвигания рабочих уступов во всех направлениях

$v_{max}=70 \text{ м/год} = \text{const}$.

На поперечных разрезах постарайся показать динамику развития рабочей зоны в обоих случаях.

→ → прошло время → → →

М. Ваше задание оказалось очень интересным. На поперечном разрезе я принял условно направление углубки N123456 для карьера глубиной 300 м и высотой

уступов 12,5 м (рис.29). Сначала по закону (59) определил допустимые скорости углубки карьера и время эксплуатации. Например, при $\beta=90^\circ$:

$$h_r \leq \frac{70}{\text{ctg}20^\circ + \text{ctg}90^\circ} = 25,5$$

Из условия $\varphi_{max}=20^\circ$ и $h=12,5 \text{ м}$ определяем, что минимальная ширина рабочих площадок $B_o=27,1 \text{ м}$. Определил также время отработки этапов углубки. Оказалось, что срок эксплуатации равен 15,15 лет (табл.10).

таблица 10.

№ этапа	высота этапа	$\varphi_{max}=\text{const}$					$v_{max}=\text{const}$	
		β_i	h_{ri}	v_{2i}		ΣT_i	B_{2i}	φ_{2i}
1	25	90	25,5	70,0		0,98	27,1	20,0
2	50	64	21,6	48,8	2,31	3,29	39,4	15,0
3	50	45	18,7	32,7	T_i	5,96	52,0	11,8
4	75	37	17,2	24,4	0,98	10,32	60,2	10,5
5	75	55	20,3	41,6	3,70	14,02	44,6	13,5
6	25	68	22,2	52,0	1,13	15,15	37,2	16,3

Данные первого варианта развития при $\varphi=20^\circ$ приведены в табл.10 и на рис.29а. Затем я перешёл ко второму варианту развития рабочей зоны при максимальной на все стороны скорости подвигания уступов $v=70 \text{ м/год}$. Прежде всего понадобилось уточнить формулу (61) ширины рабочих площадок, т.к. она действительна только для случая, когда скорость углубки равна высоте уступа. В общем случае ширина рабочих площадок должна определяться по формуле:

$$B_i = v_i \frac{h}{h_r} + h(\text{ctg}\beta - \text{ctg}\alpha) \quad (69)$$

Ф. Вот за то, что ты разобрался с формулой (61)

большое спасибо. Ты молодец.

М. Приятно слышать. А дальше я определил по формуле (69) ширины рабочих площадок со стороны противоположной направлению углубки. После чего по формуле (58) определил угол φ_{21} . Полученные данные я

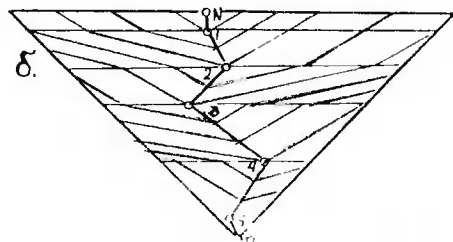
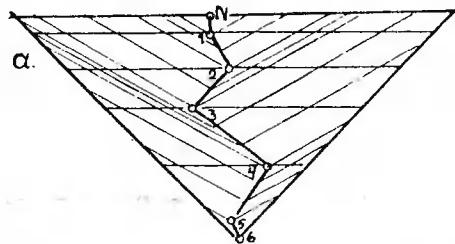


Рис.29.

занёс в табл.10 и на рис.29б. Результаты очень интересны: на этапе (N- 1) с обеих сторон угол откоса рабочего борта 20°; на этапе (1-2) слева угол откоса 15° - борт вогнутый, справа угол откоса 20° - борт плоский; на этапе (2-3) слева угол откоса 20° - борт выпуклый, а справа угол откоса 11,8° - борт вогнутый; на этапе (3 - 4) слева угол откоса 10,5° - борт вогнутый, затем плоский, а справа угол откоса 20° - борт выпуклый; на этапе (4 - 5) слева угол откоса 20° - борт выпуклый, а справа угол откоса 13,5° - борт вогнутый, затем плоский.

Ф. Очень убедительно.

М. Я показал, как пользуясь законами (59) и (64) можно управлять параметрами и показателями карьера.

Ф. Свободное владение законами формирования рабочей зоны карьера позволяет в процессе проектирования и планирования в действующем карьере получать надёжные и высокоэффективные результаты. Здесь широкое поле действий для горных инжене-



Евгений Фомич Шенко
(1901-1961)

Автор учебника "Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом" (1949)

ров. Б.И. Бокий не случайно писал, что проект горного предприятия "является таким же произведением гения горного инженера, как и создание картины художником".

М. Но проект делают несколько человек, а картину пишет один художник.

Ф. Ты ошибаешься. Иконы всегда писала группа иконописцев. Картина "Заседание государственного совета" писалась группой под руководством И.Е. Репина; Айвазовский и Репин написали картину "Пушкин у моря".

М. Сдаюсь.

Ф. Но ты, надеюсь, не упал духом. Многое ещё нужно доисследовать. И.В. Гёте призывал:

Но вы идите - смело в мир огромный.

В великолепье, в роскошь бытия!

Всё познавайте - небо, земли, воды,

За слогом слог - до самых недр природы!

Источники: 1. Шенко Е.Ф. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. М.-Х., "Углетехиздат", 1951.

2. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. М., "Гостехиздат", 1961.

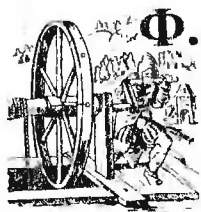
3. Арсентьев А.И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей. Л., изд.ЛГИ, 1973.

4. Шпанский О.В. Исследование влияния направления развития и интенсивности горных работ на формирование рабочей зоны и возможную производительность карьера по руде. Канд. дисс., 1973.



По утру был хорош,
а к вечеру стал непригож.
Пословица.

13. МОРОЗ - ВРАГ ИЛИ ДРУГ?



Ф. Посмотри Миша какой симпатичный снег выпал ночью. Можно сказать словами Афанасия Фета:

Чудная картина,
Как ты мне родна:
Белая равнина,
Полная луна.

М. Что это Вы так расхваливаете зиму. Нет в ней ничего симпатичного - морозы, ветер, снежные заносы и прочие неприятности.

Ф. Не думал, что у тебя такое плохое мнение о зиме. А я собираюсь отправить тебя в Сибирь.

М. За что такая немилость? Ведь туда, если верить Александру Твардовскому, люди ехали по разным поводам:

И как в иной таёжный угол
Издалека вели сюда
Кого приказ,
Кого заслуга,
Кого мечта,
Кого беда...

А у меня, вроде, нет ни одного из этих поводов.

Ф. Если уж следовать Твардовскому, то в той же поэме он сказал, что

Есть два разряда путешествий:
Один - пускаться с места вдаль,

Другой - сидеть себе на месте.

Листать обратно календарь.

Так вот, я отправляю тебя в научное путешествие. Вот возьми многолетние данные о климате одного из районов Забайкалья, где среднегодовая температура воздуха составляет $1,5^{\circ}\text{C}$ (рис.30). Ожидая: что ты скажешь о разработке в этом районе месторождений наземным способом?

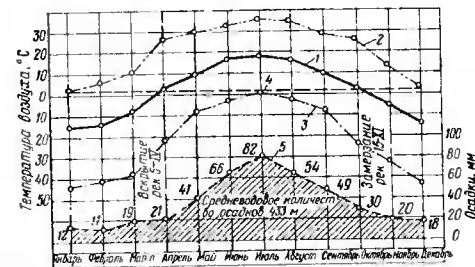


Рис.30

1 - среднегодовая температура воздуха; 2 - абсолютный месячный максимум; 3 - то же, минимум; 4 - среднегодовая температура; 5 - среднее месячное количество осадков, мм.

М. Сразу могу сказать, что там издавна практикуется сезонная работа. На период сильных морозов горные работы прекращаются.

Ф. А на сколько дней они прекращаются?

М. Ну, этого я точно не знаю.

→ → прошло время → → →

М. Я поработал над проблемой отношения горняков к зиме. Узнал, что работы ведутся сезонно, продолжительность эксплуатационного сезона зависит от климата и применяемого горного оборудования. Многолетние данные подверглись обобщению и в министерстве составлены таблицы по районам, на основе которых проектируются и планируются горные работы.

Ф. Это конечно правильно, но ...

М. Я понял почему Вы мне подбросили климатические данные. Нужно выявить общий подход к этой

проблеме. Здесь есть два варианта:

1) определение продолжительности сезона для конкретного района и конкретного оборудования;

2) удлинение сезона различными способами.

Ф. Ну и что?

М. Если, например, работают бульдозеры или тракторные скреперы, то они могут снимать стружку

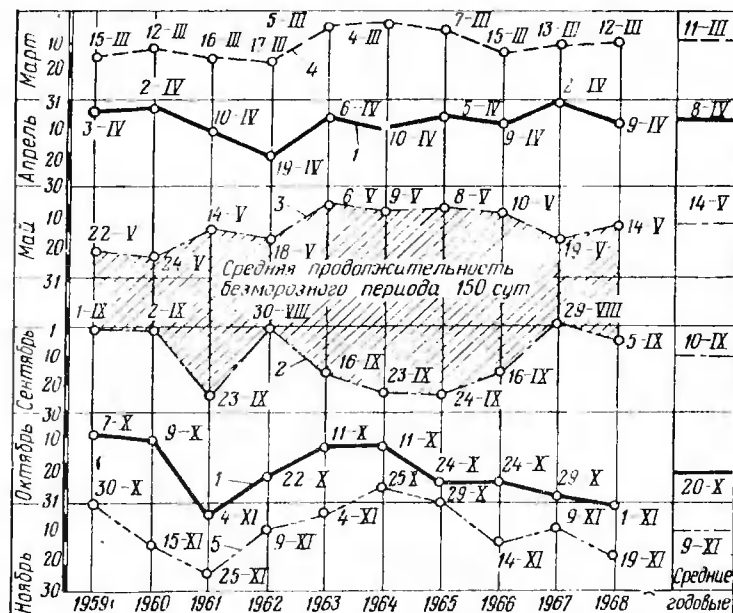


Рис.31.

1 - устойчивый переход среднесуточных температур через 0°C; 2 и 3 - последние и первые заморозки; 4 - первые весенние оттепели +5°C; 5 - переход среднесуточных температур через минус 5°C.

грунта толщиной 15 - 20 см. На основе данных рис.31 можно уточнить дату начала вскрышного сезона. Его можно начинать после перехода среднесуточных температур через 0°C, т.е. в конце апреля. А конец сезона определяется осенним переходом температур либо через 0°C, либо -5°C, т.е. в конце октября.

Ф. Твои рассуждения логичны. Но, если породы сухие, то работы можно начинать раньше, а если влажные, то позже. Нужно учитывать направление склона. Если оно юго-западное, то грунт прогревается быстрее.

М. В общем ясно, что для каждого месторождения нужен очень серьезный анализ всех обстоятельств. Особенно нужно помнить, что в некоторых районах имеется вечная мерзлота.

Ф. Из года в год климат меняется - это видно из рис.31. Поэтому правильнее в проектах говорить об некоторой области начала и конца сезона.

М. Значит и здесь есть ещё над чем работать.

Ф. Конечно. Но давай поработаем над методом определения параметров и показателей систем разработки в условиях сезонной работы.

→ → прошло время → → →

М. Я рассмотрел горизонтальное месторождение, на котором применяется система разработки продольными заходками. В карьере 3 вскрышных и 1 добычной рабочие уступы (рис.32).

Ф. А какова организация работ?

М. Принял, что вскрышные работы ведутся сезонно, а добычные - круглый год. Движение уступов во



Павел Иванович
Городецкнй (1902-1960)
Автор книги "Проектирование горно-
рудных предприятий" (1949).

времени и пространстве показаны на графике рис.32. Для упрощения принял, что скорости подвигания вскрышных уступов одинаковы, а добычного - постоянна.

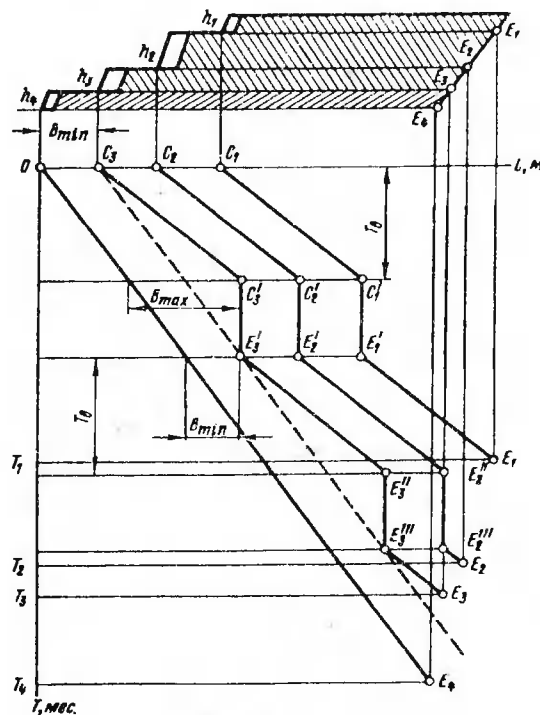


Рис.32.

М. Вот и аналитика. В течение сезона 3-й уступ переместится на расстояние:

$$L_3 = B_{min} + v_3 \cdot T_6 \quad (70)$$

где: B_{min} - минимальная ширина рабочей площадки 3-го уступа, м; v_3 - скорость подвигания вскрышного уступа, м/год; T_6 - продолжительность вскрышного сезона, суток.

на. Движение добычного уступа - прямая OE_4 . Вскрышных - ломаная $C_3C_3'E_3'$ и т.д. Вскрышные уступы движутся быстрее и к концу сезона рабочая площадка 3-го уступа достигнет максимума. В зимний период вскрышные уступы стоят, а добычной движется и "съедает" избыток рабочей площадки.

Ф. Рассуждения хороши, но где же аналитика? Где метод?

За это время добычной уступ продвинется на:

$$L_4 = v_4 \cdot T_6 \quad (71)$$

где: v_4 - скорость подвигания добычного уступа, м/год.

Создается рабочая площадка максимальной ширины:

$$B_{max} = L_3 - L_4 = B_{min} + T_6(v_3 - v_4) \quad (72)$$

К концу года все уступы подвинутся на одинаковое расстояние, отсюда:

$$v_3 = v_4 \cdot \frac{T_7}{T_B} \quad (73)$$

где: T_7 - продолжительность года, суток.

Формулу (72) можно представить в более удобном для использования виде, подставив значение v_3 из формулы (73):

$$B_{max} = B_{min} + \frac{v_4}{365}(T_7 - T_B) \quad (74)$$

Если, например, принять, что на добычном уступе $h_4=12$ м и длиной 850 м работает экскаватор ЭКГ-4.6 производительностью $Q=0,6$ млн.м³/год, то скорость подвигания добычного уступа:

$$v_4 = \frac{600000}{12 \cdot 850} = 58,8 \text{ м/год.}$$

Принимаем продолжительность вскрышного сезона 170 суток и $B_{min}=40$ м. Тогда к концу сезона ширина рабочей площадки достигнет:

$$B_{max} = B_3 = 40 + \frac{58,8}{365}(365 - 170) = 71,4 \text{ м.}$$

Необходимая скорость подвигания вскрышных уступов:

$$v_3 = 58,8 \cdot \frac{365}{170} = 126,3 \text{ м/год.}$$

По этой скорости подбираются экскаваторы на вскрышных уступах по законам динамичности рабочих забоев и соразмерного развития горных работ на смежных уступах.

Ф. Ты хорошо справился с заданием. А если и вскрышные и добычные работы производятся сезонно?

М. Я решил и эту задачу. Если сезоны начинаются одновременно (рис.33а), то движение добычного уступа изображается ломаной линией $OC_1C_2C_3E_1E_2E_3$, а вскрышных $C_3C_3'C_3''E_3'E_3''$. Аналогичными рассуждениями получаем, что необходимая скорость подвигания вскрышных уступов:

$$v_3 = v_4 \cdot \frac{T_{di}}{T_B} \quad (75)$$

Максимальная ширина рабочей площадки:

$$B_{\max} = B_3 = B_{\min} + \frac{v_4}{365} (T_d - T_B) \quad (76)$$

Таковыми же уравнениями описывается вариант разновременного начала добычного и вскрышного сезонов (рис.33б). Могу добавить, что при переменной мощности рудного уступа скорость его подвигания будет также переменной. Это нужно учитывать при определении интенсивности движения вскрышных уступов.

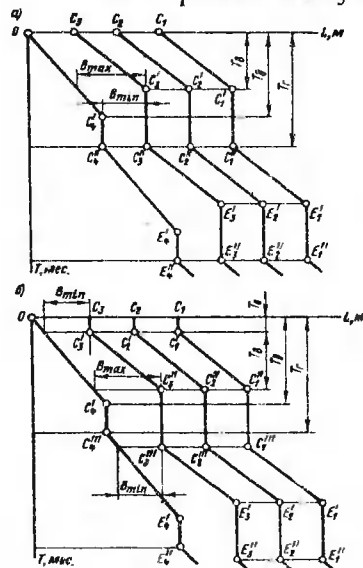


Рис.33.

Ф. Ты стал такой эрудит, что “щёлкаешь” задачи как семечки. У меня есть идея. Подумай над тем, как добиться опережения скорости выемки грунта над скоростью его замерзания и продлить эксплуатационный сезон?

→ → прошло время → → →

М. Идея оказалась интересной. Но самое трудное было узнать и понять закономерности замерзания и оттаивания грунтов. Это очень сложный вероятностный процесс, который зависит от сотни факторов. Для его описания разработаны очень сложные формулы, для которых ещё сложнее найти исходные данные. Я нашёл эмпирическую формулу и решил ею воспользоваться:

$$T = \alpha \frac{h_{II}}{t} \left(1 + \frac{h_{II}}{2} \right), \text{ суток} \quad (77)$$

или $h_{II}^2 + 2h_{II} - \frac{2 \cdot t \cdot T}{\alpha} = 0$, откуда получаем, что

$$h_{II} = -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot t \cdot T}{\alpha}}, \text{ см} \quad (78)$$

где: h_{II} - глубина промерзания или протаивания, см; t - средняя температура воздуха у поверхности земли за период промерзания (протаивания), °C (со знаком +); T - продолжительность промерзания (протаивания), суток; α - коэффициент для:

крупно-галечных и галечных отложений	0,05-0,07;
галечно-песчаных и песчаных	0,08-0,09;
глинисто-песчаных	0,10-0,11;
илловато-глинистых	0,13-0,14.

На основе формулы (78) при значении $\alpha=0,1$ создана табл.11 и рис.34, на котором прямые 1 и 2 показывают ход оттаивания при температурах 15° и 10° и ежесуточ-

ном снятии слоя оттаявшего грунта; кривые 3 и 4 - ход естественного оттаивания грунта при 15° и 10°.

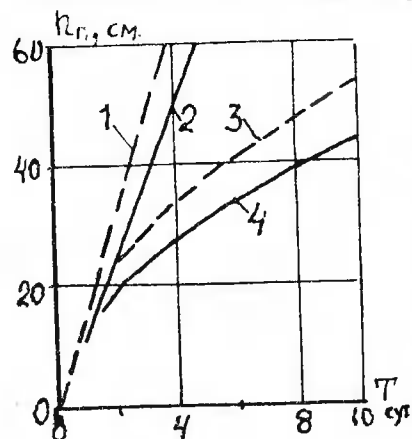


Рис.34.

Ф. Что же ты намерен предложить?

М. Давайте рассмотрим осенний период. Предположим, что работают тракторные скреперы Д-511 с ковшом ёмкостью 15 м³ и грузоподъёмность 30 т. Расстояние доставки 500 м. Эксплуатационная производительность $Q=200$ м³/час или 4,8 тыс.м³/сутки. При работе одного агрегата в течение суток и срезке слоя грунта 20 см обрабатывается

площадь 24 тыс.м²/сутки. Будем считать, что скрепер снимает стружку $h_c=20$ см при замерзшей корке $h_n=15$ см.

Таблица 11.

Т сутки	глубина промерз., см	
	-10°C	-15°C
1	13,2	16,3
2	19,0	23,5
4	27,3	33,7
6	33,7	41,4
8	39,0	48,0
10	43,7	53,8

Такая корка образуется при температуре -10° за $T=1,26$ суток (по формуле (77)). За это время скрепер добудет объём:

$$V=Q \cdot T, \text{ м}^3 \quad (79)$$

т.е. должен обработать площадь:

$$S_c \leq \frac{Q \cdot T}{h_c} \quad (80)$$

Получается $S_c=30,24$ тыс.м², если полигон шириной 50 м, то его длина будет равна 605 м. Работать нужно кругло-суточно. Я составил вспомогательную таблицу 12, на ос-

новании которой можно определять необходимую площадь, обрабатываемую скрепером при непрерывной работе в зависимости от температуры воздуха. При $t=-10^\circ$ на полигон 30 тыс.м²

Таблица 12

$t, ^\circ\text{C}$	$T, \text{сутки}$	$S_c, \text{тыс.м}^2$
-10	1,26	30,2
-15	0,85	20,4
-20	0,64	15,4
-25	0,51	12,2

необходим 1 скрепер, а при $t=20^\circ$ - уже 2. В течение 10 суток можно опустить забой на 1,5-2 м и значительно продлить сезон. Для надёжности полезно держать в работе трактор с рыхлителем.

Ф. Ты предложил красивое решение. И на сколько же суток можно продлить эксплуатационный сезон?

М. Теоретически на всю зиму, если есть достаточное количество скреперов и бульдозеров. При определённом количестве оборудования можно определить площадь, которую можно обработать за зиму. Например, если морозы не будут ниже -20° и есть 6 скреперов, то они могут обрабатывать 30 тыс.м² (табл.12). При мощности вскрышного уступа 10 м и длине 300 м за зиму можно продвинуть уступ на 100 м в течение 70-80 суток.

Ф. Фантастика!

М. Ничего не фантастика. Это реально при чёткой организации работ и научном подходе.

Ф. А что ты скажешь о весне. Что делать весной?

М. Весной можно начинать работать при наличии оттаявшего слоя грунта 10-20 см. Нужно соблюдать условие, чтобы скорость опускания забоя за один слой h_c не была больше толщины оттаявшего слоя h_n :

$$h_c \leq h_n \quad (81)$$

Средняя скорость опускания забоя:

$$h_i = \frac{Q}{S} \quad (82)$$

Средняя скорость протаивания:

$$h_i = \frac{h_n}{T} \quad (83)$$

Отсюда, с учётом формулы (77) и перевода с см. в м.:

$$S \geq \frac{100 \cdot Q \cdot \alpha}{t} \left(1 + \frac{h_n}{2} \right) \quad (84)$$

где: Q - производительность скрепера, м³/сутки; S - площадь забоя, м²; h_n - толщина оттаявшего слоя грунта, см; t - температура воздуха у поверхности земли, °С.

Например, если начинать работу при температуре +5° и принять $h_n=16$ см, то:

$$S \geq \frac{100 \cdot 1,6 \cdot 0,1}{5} \left(1 + \frac{16}{2} \right) = 28,8 \text{ тыс.м}^2.$$

Скрепер может обработать этот полигон в течение смены, т.к. его производительность 4,8 тыс.м³/сутки. При ширине россыпи 150 м полигон будет иметь длину 192 м. С увеличением температуры воздуха толщина оттаявшего слоя будет увеличиваться и работа пойдёт ещё более успешно. Отработку нужно вести последовательно-каждый раз от начала к концу полигона. Скорость углубки будет в десятки раз больше чем скорость естественного оттаивания.



Павел Эдуардович
Зурков (1906-1968)

Автор книги "Разработка рудных месторождений открытым способом" (1953).

Ф. А как быть, если породы сильно переувлажнены и в летнее время их обрабатывать очень трудно?

М. В данном случае мороз - наш друг. Весной, с началом оттаивания грунтов на полигон можно ввести тракторные скреперы. Работа должна вестись круглосуточно таким образом, чтобы машины двигались по мёрзлому грунту. Для определения площади полигона на один скрепер можно использовать формулу (84), но с другим знаком:

$$S \leq \frac{100 \cdot Q \cdot \alpha}{t} \left(1 + \frac{h_n}{2} \right) \quad (85)$$

Если принять $h_n=20$ см и $t=20^\circ$, то при $Q=4,8$ тыс.м³/сутки площадь полигона на один скрепер должна быть равной $S=26,4$ тыс.м².

Ф. Научные подходы к способу продления сезона ты разработал успешно. Поздравляю! Правда, есть ещё много других способов, над которыми следует также работать. Кстати, твои материалы по продлению сезона советую оформить в небольшую научную брошюру. Только надо помнить и по возможности всегда учитывать мнение М.В. Ломоносова, сказавшего, что "те, кто пишут темно, либо невольно выдают этим своё невежество, либо намеренно, но худо скрывают его. Смутно пишут о том, что смутно себе представляют".

Источники: 1. Лукьянов В.С. Методика расчёта глубины промерзания грунтов. М., "Трансжелдориздат", 1951.

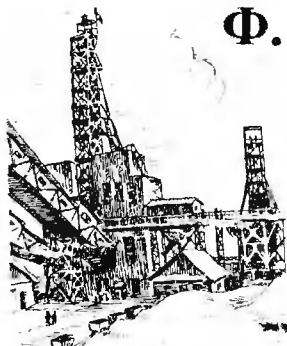
2. Арсентьев А.И. Разработка месторождений тракторно-скреперными агрегатами. М., "Металлургиядат", 1955.

3. Арсентьев А.И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей. Л., изд.ЛПИ, 1973.



Сперва рассуди, а там осуди!
Пословица

14. ГРАНИЦЫ КАРЬЕРОВ - ГДЕ ОНИ?



Ф. Как ты относишься к критике?

М. Если критикуют меня - плохо, а если других - хорошо.

Ф. Думал, что ты человек оригинальный. Ошибся. Ну что ж! Пусть будет по-твоему - будем критиковать других.

М. С этим я согласен. А на кого мы будем нападать?

Ф. Ни на кого. Мы займёмся

благодарной критикой.

М. Что же это за критика? Если уж критиковать, то на всю катушку. как рекомендовал Владимир Маяковский:

Мы всех зовём,
чтоб в лоб,
а не пятась

критика
дрянь
косила.

И это
лучшее из доказательств
нашей
чистоты и силы.

Ф. Мы будем действовать по другому - критиковать талантливых людей и благодарить их за то, что

они что-то не доработали, где-то ошиблись - оставили нам работу развивать их идеи и труды, исправлять их ошибки. Такая критика не осквернит их памяти и не обидит ныне живущих учёных. Об этом писал Иван Андреевич Крылов:

Таланты истинны за критику не злятся:
Их повредить она не может красоты:
Одни поддельные цветы
Дождя боятся.

М. Так кого и за что мы будем критиковать?

Ф. Есть проблема в горной науке, которая, как корь в младенчестве, поражает учёных - горняков. Это проблема соотношения двух основных способов разработки твёрдых полезных ископаемых - наземного и подземного. Особенно интересен вопрос о границах между ними, т.е. о конечных границах карьеров.

М. Фёдор Иванович! Вы всё время употребляете термин "наземная разработка", а во всех учебниках говорится об "открытой разработке" месторождений. Как это объяснить?



Александр Иванович
Стещенко (1889-1966).
Автор книги "Разработка железных
руд в Криворожье" (1929).

Ф. Дело в том, что термин "открытая" разработка находится в резком противоречии с нормами русского языка. Антоним этого слова - "закрытая", а противостоящий способ давно и правильно называется "подземная" разработка. Значит антоним - "наземная".

М. А почему же неверный термин употребляется?

Ф. Я думаю, что введён он благодаря тому, что первые авторы владели английским языком и читали на этом языке труды по горной науке. Они термин "open cut mining" перевели на русский, не подумав о терминологических последствиях. Во всех нормальных странах интересующий нас способ называется "наземным". Но возвратимся к нашей теме. Как ты думаешь - какой основной критерий и когда принят для определения границ карьеров?

М. Ну, это известно - граничный коэффициент вскрыши. Он появился в 30-е годы и его основная формула:

$$n_r = \frac{C_d - a}{b} \quad (86)$$

где: C_d - допустимая себестоимость руды, руб/м³; a - себестоимость выемки только руды, руб/м³; b - то же, пустых пород, руб/м³.

Причём вначале в качестве C_d использовали себестоимость руды из подземных работ. Основная идея - определить такие границы карьера, при которых себестоимость руды будет не выше чем при подземной разработке этого месторождения.

Ф. Критерий ты указал правильный, хотя его называли по разному: предельный, экономически целесообразный, граничный. А появился он раньше, чем ты указал. В Германии он был известен в конце XIX века, а может быть и раньше. И в основу было положено условие, что разность между ценой и себестоимостью полезного ископаемого должна быть больше нуля. Тогда параметр C_d обозначал цену. Это замечательный критерий. Он держится в горной науке 100 лет.

М. Но ведь предложено много других формул для определения n_r ?

Ф. Да, позже мы поговорим об этом. Хотя все формулы крутятся около формулы (86). Давай мы подумаем, чем же занимались учёные в течение 100 лет, решая проблему границ наземных работ?

М. Я пожалуй понял. Всё это время они решали - как использовать граничный коэффициент вскрыши?

Ф. Ты абсолютно прав! Вот об этом и будет наш разговор.

→ → *прошло время* → → →

М. Несколько дней работал в библиотеке и изучал проблему границ карьеров. Действительно в начале XX века в Германии использовался критерий (86). Для определения границ карьерного поля при разработке горизонтальных пластов угля рассчитывалась максимально возможная мощность налегающих вскрышных пород по принципу:

$$n_r \geq \frac{h_B}{h_P} \quad (87)$$

где: h_B - мощность налегающих пустых пород, м; h_P - то же, полезного ископаемого, м.

Ф. Кстати, ты правильно употребил термин "принцип". Так в дальнейшем называли способы использования граничного коэффициента вскрыши. А само это слово латинское - *principium* (основа, первоначало). В словарях оно трактуется, как "основоположение, руководящая идея, основное правило поведения, действия". Знаешь Миша, я вспомнил 50-е годы. Тогда компартия объявила и возглавила "борьбу с иностранщиной" в советской науке. Представляешь, в какое положение были поставлены учёные во всех науках. Горная наука была "засорена" такими чуждыми терминами, как шахта, квершлаг, штрек, зумф, трактор.

экскаватор, гидромонитор и т.д. и т.п. Никто тогда не вспоминал умнейшее высказывание Антона Чехова: "Национальной науки нет, как нет национальной таблицы умножения".

М. Неужели была такая кампания?

Ф. Да! Я сам, будучи в аспирантуре, замазывал названия иностранных фирм на демонстрационных фототграфиях, используемых на лекциях профессором - моим учителем. Но возвратимся к нашей проблеме. Продолжай.

М. Тогда же в начале 20-х годов горный инженер Р. Мэрш изложил методы, которые могут быть представлены двумя принципами:

$$n_z \geq n_{cp} \quad (88)$$

$$n_z \geq n_k \quad (89)$$

Сравнение граничного коэффициента вскрыши со средним (n_{cp}) он рекомендует для предварительного решения, а с контурным (n_k) - для окончательного определения границ карьера. Он анализирует поперечный

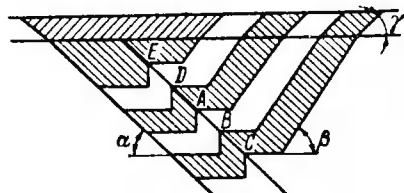


Рис.35. (по Р.Мэршу).

разрез по месторождению (рис.35) и отстраивает контуры карьера по мере опускания с горизонта на горизонт. Определяет соотношение прирезаемого объёма пород к объёму руды на горизонте и когда

появится соотношение (89) фиксируется конечная глубина карьера. Книга Р.Мэрша была переведена на русский язык в 1924 году.

Ф. А как называлась эта книга?

М. "Экскаваторы и применение их при горных работах", перевод с английского В.Б. Комарова. А что?

Ф. Ты не заметил в методе Р. Мэрша противоречия?

М. Нет. И в современной литературе контурный коэффициент вскрыши трактуется также.

Ф. Я не об этом. Подумай, при какой технологии горных работ рабочая зона карьера развивается по схеме Р. Мэрша?

М. Пожалуй, если не применять экскаваторы и на рабочих площадках бурить скважины вручную, то всё будет идти по схеме рис.35.

Ф. Молодец! Это показывает, что Р. Мэрш видимо имел первоисточник, восходящий к ручному бурению и уборке, и распространил его на современные ему карьеры, в которых уже начали применять экскаваторы.

М. Это очень интересно. Теперь я понимаю почему аналогичные принципы бурно развивались в России в 20-х годах. Тогда в Кривбассе применялись ручные работы при бурении шпуров и погрузке пород. Угол откоса рабочего борта был около 45° , т.к. рабочие площадки составляли 1 -1,5 м. Взорванная порода силой взрыва сбрасывалась на дно карьера, там вручную грузилась в вагонетки и по рельсам лебёдкой подавалась наверх.



Борис Петрович
Боголюбов (1890-1964)

Основные труды: "Открытые работы" (1949). "Целесообразные границы открытых работ" (1950)

Ф. Ты абсолютно прав. Первым, кто в 1927 г. предложил использовать принцип (89) для определения конечных

границ Криворожских карьеров был М.И. Гоберман. Он впервые, при суммировании объёмов пустых пород (кварцитов и наносов) предложил вводить объём наносов, приведённый по себестоимости к кварцитам. Объёмную задачу решил в 1928 г. С.И. Пилявский, посчитав карьер в плане прямоугольным. Он впервые учитывает возможность влияния на себестоимость руды первоначального объёма налегающих над рудным телом пустых пород (горнокапитальные работы!), затраты на которые он распределяет на все запасы руды (это n_o - первоначальный коэффициент вскрыши!). Таким образом предложен новый принцип:

$$n_v \geq n_k + n_o \quad (90)$$

Но для условий Кривбасса он считал $n_o = 0$ и не развивал этот принцип. На основе анализа поперечного разреза (рис.36) была предложена формула для определения конечной глубины карьера, которую можно представить в виде:

$$x_1 = \frac{M \cdot n_c \cdot k}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta} + \frac{h}{2} \quad (91)$$

Рис.36.(по С.И.Пилявскому) где: k - отношение объёмных весов руды и кварцитов.

С целой серией работ в 1927-30-е годы выступил А.И. Стешенко. Он сторонник принципов (88) и (89) и развивает их аналитически для месторождений простой формы с учётом объёмов пород в торцах карьера.

М. С 1930 г. печатает статьи И.А. Кузнецов, а в 1932 г. издаёт книгу. Предлагает для горизон-

тальных месторождений использовать принцип (88), а для крутопадающих - (89). Он первый учитывает удорожание доставки пород и руды по мере углубки карьера.

Ф. Он первый развивает принцип (90) и ведёт аналитические расчёты для карьера прямоугольной формы. Учитывает (рис.-37) первоначальный объём вскрыши, дополнительный объём руды на дне карьера. Упоминает о рудных телах сложной формы и предлагает строить "усреднённые" поперечные разрезы.

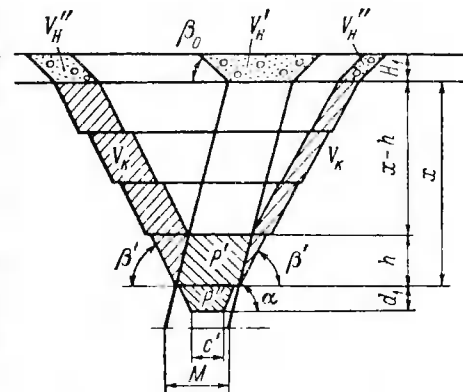


Рис.37(по И.А. Кузнецову)

М. В это же время П.С. Бондарь (1932) выдвигает идею о поиске максимальной экономичности разработки месторождения сначала наземным, а потом подземным способами, но эту идею не развивает.

Ф. В 1933 году А.Л. Штединг охлаждает пыл исследователей, т.к. все исходные данные, которые используют они в своих методах имеют ошибку не менее $\pm 20\%$. Нет смысла в математических тонкостях, а нужно пользоваться совместно двумя принципами:

$$n_{cp} \leq n_c \leq n_k \quad (92)$$

и для определения границ карьеров при разработке наклонных пластов рекомендует упрощённую формулу С.И. Пилявского:

$$x = \frac{M \cdot n_f}{2 \operatorname{ctg} \beta} + \frac{h}{2} \quad (93)$$

где: M - горизонтальная мощность рудного тела, м; h - высота уступов, м; β - угол погашения бортов карьера.

Так закончился плодотворный период исследований 1927-33 гг. Миша! Твои комментарии?

М. Я, пожалуй, могу сказать следующее. Из новых принципов появился только (90) у С.И. Пилявского. Все методы годятся только для пластовых рудных тел простой формы и горизонтальной поверхности земли. Форму карьера все принимали слишком упрощенной - обратная усеченная четырехгранная пирамида. Таких карьеров не существует. Все исследователи оперировали с контурным коэффициентом вскрыши и не учитывали, что с переходом на работу экскаваторов и буровых станков развитие работ изменится.



Николай Васильевич Мельников (1909-1980). Автор работ: "Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом" (1948), "Развитие горной науки в области открытой разработки месторождений в СССР" (1961).

Ф. В общем, ты прав. Можно добавить, что авторы не справлялись с месторождениями сложной формы и сложным рельефом местности. Что касается их любви к контурному коэффициенту вскрыши, то в первых конечно над ними довлела "ручная" традиция, а во-вторых влиял процесс построения контуров карьера при проектировании. Не хотелось прирезать объемы руды "тянущие" за собой избыточные (выше n_f) объемы пустых пород. Авторы еще неясно представляли законо-

мерности развития рабочей зоны карьера, которые и определяют эффективность работы карьера. Ну что ж. Мы хорошо поработали и можно уехать отдыхать на зеленый луг по совету Ивана Никитина:

Здесь твой ночлег уединенный
Здесь отдохнешь ты до утра;
Твоя постель - цветы живые,
Трава пахучая - ковер,
А эти своды голубые -
Твой раззолоченный шатёр.

→ → прошло время → → →

М. Продолжаю нашу беседу. В 40-е годы идет быстрое развитие в СССР горных предприятий, накапливается опыт проектирования. В этот период вошел в науку П.И. Городецкий. Первая его статья о границах карьеров опубликована в 1941 г., а в 1949-м вышла книга, в которой подробно изложен предлагаемый им метод. Он решил задачу, поставленную в 1932 г. П.С. Бондарем об определении границ карьера из условия максимальной эффективности разработки месторождения сначала наземным, а потом подземным способами.

Ф. И как же он ее решил?

М. Аналитически. На поперечном разрезе он определил геологические запасы P руды на 1 пог.м длины карьера, объем снимаемых над руд-

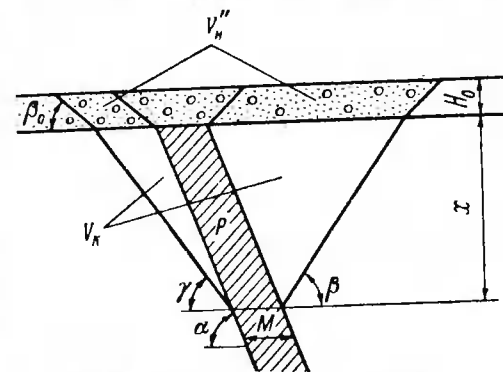


Рис.38 (по П.И. Городецкому).

ным телом наносов V_n (рис.38), объём пород V_k висячего и лежащего боков и объём остающей части наносов V''_n . Экономия S за счёт открытых работ верхней части месторождения:

$$S = P \cdot k (C_n - a) - V \cdot b \quad (94)$$

где: P - объём руды в контурах карьера, м³; k - коэффициент извлечения руды; C_n - себестоимость добычи руды из подземных работ, руб/м³; a - себестоимость руды из открытых работ без учёта удаления пустых пород, руб/м³; V - объём пустых пород в контурах карьера, м³; b - себестоимость выемки пустых пород, руб/м³.

Затем он записывает общее уравнение S , берёт первую производную и приравнивает её нулю. В результате получает уравнение:

$$x = \frac{k \cdot M \cdot n_r}{ctg\beta + ctg\gamma} - h_0 \quad (95)$$

Получена формула, аналогичная (91) и (93). Выражение:

$$\frac{(h_0 + x)(ctg\beta + ctg\gamma)}{M} = n_k \quad (96)$$

представляет контурный коэффициент вскрыши. Значит принят принцип (89). Исследуя зависимость (94) и её производную (Рис.39) он получил затраты S_0 на горно-капитальные работы. Эффективность возрас-

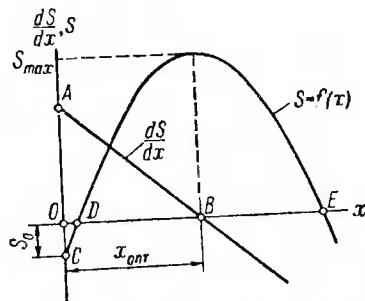


Рис.39 (по П.И. Городецкому).

тает до глубины x_{opt} , затем снижается и при $x=OE$ равна нулю. Он заметил, что с увеличением мощности наносов H_0 эффективность снижается и может быть равной нулю, и рекомендует учитывать общую эффективность работ (94). Иными словами общий подход П.И. Городецкого можно выразить принципом (92).

Ф. Выходит - он ничего принципиально нового не предложил?

М. Пожалуй да. Он "одел" старые идеи в хорошие математические "одежды". Но, кроме этого, он предложил определять C_d по всему производственному циклу, включая обогащение и выплавку металлов. Проблема границ карьеров, побочный продукт деятельности, т.к. П.И. Городецкий разработал эффективные методы проектирования подземных рудников.

Ф. А ещё он убедительно доказал, что проблема границ наземных работ очень сложная. Ну, а что же дальше?

М. Шла активная работа над граничным коэффициентом вскрыши. В 1945 г. Н.А. Стариков рекомендует учитывать коэффициенты извлечения полезных компонентов при открытой k_o и подземной k_n способах разработки:

$$n_r = \frac{(C_n - S)k_n - (a - S)k_o}{b \cdot k_o} \quad (97)$$

где: S - цена полезного ископаемого, руб/м³.

Автор не учёл разубоживание. Этот недостаток устраняет в 1948 г. П.Э. Зурков.

Ф. В 1948 г. появились работы А.С. Фиделева, в которых на основе принципа (89) даётся глубокая математическая проработка возможных случаев.

М. В 1950 г. появились работы Б.П. Боголюбова. Он, подобно Штедингу, указывает на бессмысленность

тщательных расчётов на основе неточных исходных данных. Предлагает упрощённую формулу конечной глубины карьера:

$$H = \frac{M(k \cdot n_f + 1) - D}{\text{ctg} \beta + \text{ctg} \gamma} \quad (98)$$

где: D - минимально возможная ширина дна карьера, м.

Ф. Формула Б.П. Боголюбова широко использовалась в проектной практике для предварительных решений. В её основе всё тот же принцип (89). В 1951 г. Н.С. Попов доказал, что себестоимость добычи зависит не только от глубины карьера, но и от его производительности.

М. Были и другие разработки. Следует упомянуть С.И. Попова предложившего учитывать изменении угла погашения бортов с глубиной карьера. Эту идею развил в 1953 г. С.Л. Иофин. К этому же времени относятся работы А.В. Бричкина и М.Е. Медведева основанные на принципе (92).

Ф. Здесь нам следует остановиться и подвести некоторые итоги. Ясно, что идёт развитие и совершенствование объединённого принципа:

$$n_{cp} \leq n_s \leq n_k + n_a \quad (99)$$

М. Фёдор Иванович! Но почему же в результате работы многих учёных предложено мало принципиально нового?

Ф. Об этом сейчас легко говорить. Но проблема то сложная и не созрела для новых решений. Как писал замечательный художник и поэт Тарас Шевченко:

Ї день їде, ї ніч їде,
Ї голову схопивши в руки,
Дивуєшся, чому не їде
Апостол правди ї науки?

М. Я думаю, исследователи заикнулись на контурном коэффициенте вскрыши, который не имеет прямого отношения к формированию календарного распределения объёмов пород и руды, которое и определяет экономику карьера.

Ф. Правильно. Но почти все авторы это понимали и поэтому они приходили к обобщённому принципу (99). На первом этапе определяли контуры карьера до равенства граничного коэффициента вскрыши среднему. Затем проверяли вариант равенства граничного контурному коэффициенту вскрыши. Таким образом ограничивалась область рациональных решений, а дальше всё зависело от мастерства проектировщика. Можно утверждать, что в 1939-1954 годах закончился второй цикл исследований. Всё, что можно было выжать из принципов (99) было сделано.

М. Фёдор Иванович! Вы вспоминали А.П. Зотова. А он участвовал в подобных исследованиях?

Ф. Жизнь Зотова трагична. Он в 1932 г. издал первый в мире двухтомный учебник для Вузов по открытым работам. А всего он издал 5 книг.

М. А где он работал?

Ф. Он был главным инженером проектов в институте "Гипроруда" и одновременно доцентом Ленинградского горного института. Это был очень талантливый человек - проектировщик, исследователь, педагог, художник (я видел его пейзажи маслом). После убийства С.М. Кирова в 1934 г. началось уничтожение



Владимир Васильевич
Ржевский (1919-1992)
Автор книг: "Режим горных работ при открытой добыче угля и руды" (1957).
Учебника по открытым работам (1966-1980).

интеллигенции и партийной элиты Ленинграда. Он был арестован, осуждён и сослан в Кемеровскую область. Там он работал на каком то руднике и умер в 1942 г. Все его работы были изъяты из библиотек и уничтожены. Библистекари горного института тайно сохранили один экземпляр его книг. В общем, как писал Гавриил Державин:

Поймали птичку голосисту
И ну сжимать её рукой.
Пищит бедняжка вместо свисту,
А ей твердят: пой, птичка, пой!

М. Но, что же он писал о проблеме границ карьеров?

Ф. Он ссылается на работы А.И. Стешенко и И.А. Кузнецова, в которых "можно найти попытки применить математический анализ для определения предельной глубины карьера". Т.е. относился к этим работам скептически. Сам Зотов проблемой границ карьеров глубоко не занимался, ограничился общими соображениями и таблицей показателей карьеров мира. Но, давай отдохнём перед рассмотрением третьего периода исследований. Как ты предпочитаешь отдыхать?

М. Мне симпатично предложение Роберта Бернса:

Мне дай свободный вечерок
Да крепкие объятья -
И тяжкий груз мирских тревог
Готов к чертям послать я!

Ф. Желаю успеха.

Источники: 1. Кузнецов И.А. Определение предельной глубины карьеров. М., "Горный журнал", №12, 1930.

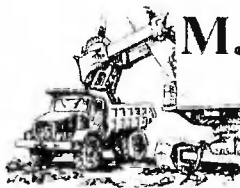
2. Арсентьев А.И., А.К. Полищук. Развитие методов определения границ карьеров. Л., "Наука", 1967.



-Посмотри-ка на дорогу! Кого ты там видишь?
-Никого, - сказала Алиса.
- Какое у тебя прекрасное зрение! - заметил Король с завистью. - Увидеть Никого! Да ещё на таком расстоянии!

Льюис Кэрролл.

15. ГРАНИЦЫ КАРЬЕРОВ. ПОДХОДЫ НОВЫЕ - ПРОБЛЕМА СТАРАЯ!



М. Мы перешли к 50-м годам. В этот период в СССР идёт строительство горнообогатительных комбинатов, накапливается опыт проектирования крупных угольных и рудных карьеров. Появилась необходимость в развитии теории проектирования и, в том числе, теории определения границ карьеров.

Ф. И что же ты нашёл в литературе?

М. Начиная с 1954 г. по нашей проблеме публикуются статьи В.В. Ржевского. А в 1956-57 гг. издаются его книги. Он пришёл к правильному и давно известному выводу, что "... ни один из известных ранее расчётных принципов, взятый в отдельности, не может служить общей основой при обосновании границ открытых разработок". А затем делает неожиданно столь же "новый" вывод: "Для практического решения вопроса необходимы построение и анализ графиков среднего, контурного, текущего и граничного коэффициентов вскрыши". Он добавляет сюда ещё текущий коэффициент вскрыши.

Ф. Это показывает, как силен груз выученных ранее методов. Известно, что американский промышлен-

ник Форд, решивший создать современный автомобиль, формировал конструкторскую группу только из инженеров никогда не занимавшихся автомобилями. Он был очень умным человеком.

М. У Ржевского есть совершенно новый подход. Он использует моделирование рабочей зоны карьера с откосами рабочего борта, характерными для современного карьера.

Ф. Да. Это значительный шаг вперёд в теории проектирования.

М. Предлагается новый принцип:

$$n_c \geq n_m \quad (100)$$

где: n_m - "текущий" коэффициент вскрыши, т.е. теоретический коэф. вскрыши при φ_{max} (без усреднения).

Рассмотрим поперечный разрез (рис.40).

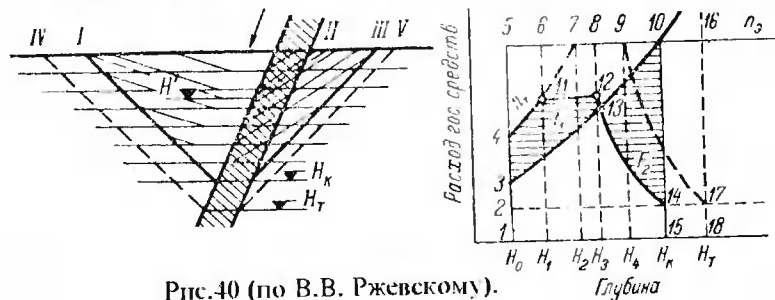


Рис.40 (по В.В. Ржевскому).

Если его конечную глубину определять по принципу (89), то глубина будет равна H_k (контур на поверхности I-III). Контурный коэффициент вскрыши по мере углубки растёт по кривой 3-13-10 (на графике рис.40) и на глубине H_k он равен граничному коэффициенту вскрыши. Реальное развитие работ с φ_{max} приводит к тому, что до глубины H_r текущий коэффициент вскрыши растёт (кривая 4-11), затем он стабилизируется (11-12) и

начинает уменьшаться (12-14). Получается, что фактически он не достигает n_c . Появляется возможность увеличить глубину карьера до H_r с контурами IY-Y до положения, при котором $n_c = n_m$.

Ф. Интересно, что независимо от В.В. Ржевского в 1956 г. китайский инженер Ван Чжень-шань пришёл к этому же принципу (100). Он предложил (рис.41) по принятому направлению углубки (показано стрелкой) отстраивать откосы рабочего борта с φ_{max} и определять "текущий" коэффициент вскрыши. Когда он станет равным граничному фиксируется точка B на поверхности. От неё вниз под углом погашения β отстраивается борт карьера до встречи с рудным телом. Правда красивое решение?

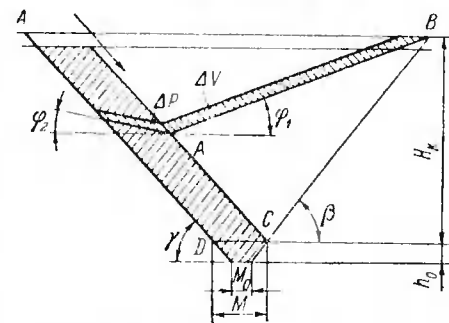


Рис.41 (по Ван Чжень-шаню)

М. Да, согласен. Но, в этот же период начиная с 1956 г. публикуется в статьях, а затем в книгах 1958-61 гг. принцип А.И. Арсентьева. Он подошёл к проблеме границ с позиции горно-геометрического моделирования и законов формирования рабочей зоны карьера. Показал, что себестоимость руды формируется исходя не из среднего, контурного, "текущего" коэффициентов вскрыши, а за счёт фактического текущего коэффициента вскрыши (в проектах - эксплуатационного) и погашения горнокапитальных работ, т.е.:

$$C = a + b(n + n_0) \quad (101)$$

где: a - себестоимость только руды, руб/м³; b - то же, пустых пород, руб/м³; $n_0 = n_{оп} \cdot b_0 / b$ - первоначальный ко-

эффицент вскрыши, приведённый по себестоимости к пустым породам (h), $\text{м}^3/\text{м}^3$; n - усреднённый по периодам работы карьера эксплуатационный коэффициент вскрыши, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Допустимая себестоимость руды не должна превышать фактическую. Тогда принцип:

$$n_c \geq n + n_o \quad (102)$$

Ф. Я знаю, что А.И. Арсентьев пришёл в науку из проектного института - он опытный проектировщик.

М. Да, это заметно. Он сразу же утверждает, что карьер реально работает с переменным значением угла откоса рабочего борта и ширины рабочих площадок. Поэтому рассматривается область работы от $\varphi=0$ до $\varphi=\varphi_{\max}$ (рис.42). Для выявления этой области на графике $\Sigma V=f(\Sigma P)$ строятся две кривые нарастающих объёмов пород и руды, между которыми и может быть реализован календарный план горных работ.

Дальше он указывает,

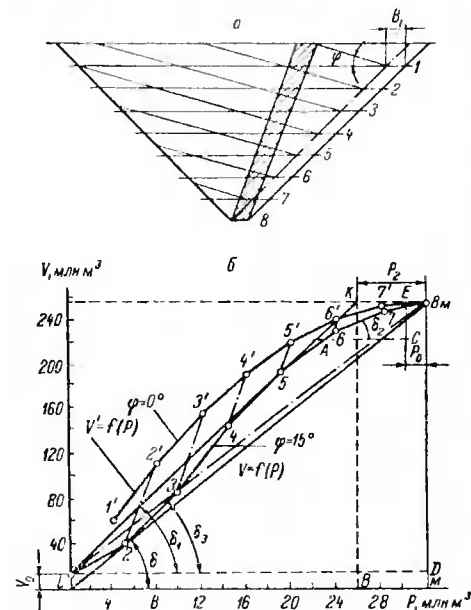


Рис.42 (по А.И. Арсентьеву)

что эксплуатационный коэффициент вскрыши и в проектах и на практике усредняют на определённый период и значение его легко определить на этом графике.

Проводим прямую LK внутри области двух кривых и определяем n .

Ф. Мы с тобой уже работали раньше с таким графиком.

М. Я не сказал ещё о том, что автор решает не только плоскую, но и объёмную задачу с помощью погоризонтных планов, выполненных на прозрачной кальке. Его метод пригоден для любых условий рельефа и количества и формы рудных тел. А.И. Арсентьев пишет, что "при подземной разработке экономические показатели работы шахты целиком зависят от горнотехнических факторов и современного уровня техники и технологии и сравнительно мало - от желания проектировщиков. В отличие от этого, при открытой разработке месторождения можно построить во многих случаях карьер с заранее заданной себестоимостью полезного ископаемого... возможностью варьирования конечной глубиной карьера и направлением развития горных работ...".

Ф. Какие же способы реализации принципа (102) предлагаются?

М. Проектируется карьер с заданной себестоимостью руды. Предлагаются:

а) метод вариантов; б) метод использования допустимого среднего коэффициента вскрыши.

По первому методу на поперечных разрезах наме-

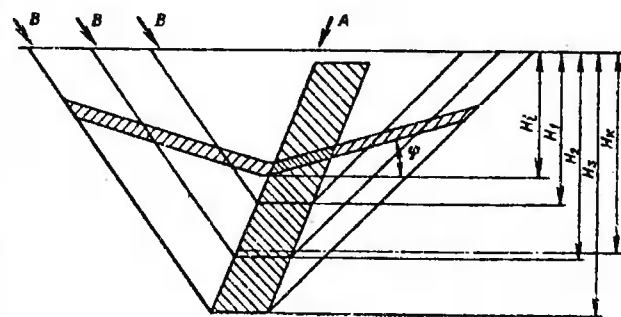


Рис.43.

чаются два-три варианта конечной глубины карьера (рис.43). Определяется направление углубки (на рис.43 - по стрелкам *A* и *B*) и производится горногеометрическое моделирование. На основе графика $\Sigma V=f(\Sigma P)$ определяется сумма ($n + n_o$) и сравнивается с n_c . Если равенства нет, то рассматривается второй вариант глубины и т.д. В случае необходимости производится интерполяция данных (рис.44). В примере данные по стрелке *A* показаны линией 1, а по стрелке *B* - 2.

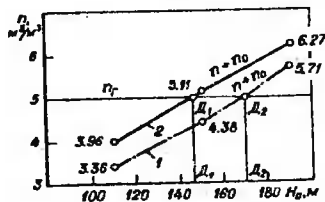


Рис.44.

Пересечение этих линий с горизонталью n_c даёт варианты глубины D_1 и D_2 . Таким образом обрабатываются *a)* все разрезы. Затем полученные отметки дна переносятся на продольный разрез (рис.45) и строится план карьера в отрабатанном виде.

Ф. Очень трудоёмкий способ.

М. Да. Поэтому предлагается другой, значительно более простой способ. Автор указывает, что между эксплуатационным, средним и первоначальным коэффициентами вскрыши существует известная связь:

$$n_i = \lambda_i (n_{cp} - n_o)$$

(103)

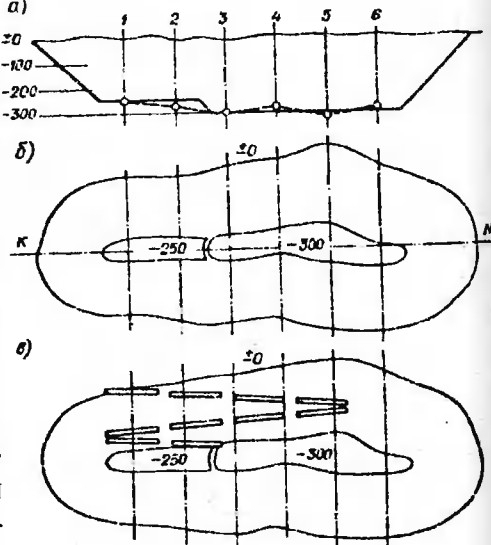


Рис.45.

где: λ_i - коэффициент неравномерности вскрышных работ i -го периода работы карьера; $(n_{cp} - n_o)$ - средне-эксплуатационный коэффициент вскрыши за весь период работы карьера, м³/м³.

Если значение n_i подставить в формулу (103), заменить знак " $\geq$ " на " $=$ " и решить уравнение относительно n_{cp} , то получим:

$$n_{c\ o} = \frac{n_i}{\lambda_i - \mu(\lambda_i - 1)} \quad (104)$$

где: $n_{c\ o}$ - допустимый средний коэффициент вскрыши, м³/м³; μ - коэф. отношения n_o/n_{cp} , т.е. доля горно-капитальных работ в объёме вскрышных пород. Автор установил, что λ мало зависит от глубины карьера, а μ мало влияет на величину $n_{c\ o}$.

Ф. А как он это установил?

М. Расчётом нескольких вариантов. Он, видимо, не знал о коэффициенте эластичности.

Ф. Вот тебе и работа.

М. Да, это я сделаю. Но продолжаю. Автор предлагает выбрать из поперечных разрезов наиболее характерный, наметить на нём направление углубки и вариант конечной глубины. Горногеометрическим моделированием определить коэффициенты λ и μ .

На их основе по формуле (104) определить допустимый средний коэффициент вскрыши. Затем на



Владимир Степанович Хохряков (рожд.1927)
Автор книг: "Проектирование карьеров" (1980). "Открытая разработка месторождений полезных ископаемых" (1982)

всех поперечных разрезах отстраивается конечная глубина карьера из равенства $n_{сд} = n_{ср}$ (рис.46), строится продольный разрез и контуры карьера в плане (рис.45). Этот способ значительно проще, хотя и уступает методу вариантов в точности.

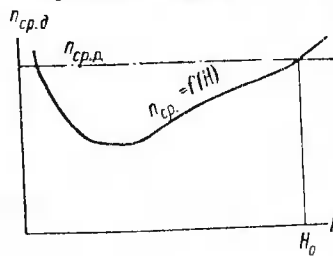


Рис.46.

Ф. Ты хорошо поработал. Теперь наступило время разоб-
раться с новыми принципами.

→ → прошло время → → →

М. Первое, что я сделал - разобрался с формулой (104) при помощи коэффициента эластичности (25). В результате получил табл.13.

Таблица 13.

Параметры	1	2	3	4	5	$\epsilon, \%$
n_r	4	6	8	10	12	
$n_{сд}$	3,03	4,55	6,06	7,58	9,09	+99,8
λ	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	
$n_{сд}$	8,00	6,90	6,06	5,41	4,88	-75,4
μ	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	
$n_{сд}$	5,88	5,97	6,06	6,15	6,25	+5,4

Оказалось, что наибольшее влияние на $n_{сд}$ оказывают: граничный коэффициент вскрыши (+99,8%) и коэффициент неравномерности вскрышных работ (-75,4%), а коэффициент μ влияет незначительно (+5,4%).

Ф. Что ещё тебе удалось сделать?

М. Я взял пример рудного карьера, определил для него конечные границы по всем принципам, получил зависимости конечной глубины о разных параметров. Оказалось, что принцип (102) в зависимости от мощности рудного тела (рис.47) даёт средние величины H_0

по сравнению с остальными принципами. Меньшее влияние мощности рудного тела при использовании n_m . Очень большая разница при учёте мощности налегающих пород (рис.48). Принципы с использованием контурного и "текущего" коэффициентов вскрыши вообще не реагируют на наличие наносов. Реагируют принципы с использованием $n_{ср}$ и $(n + n_0)$.

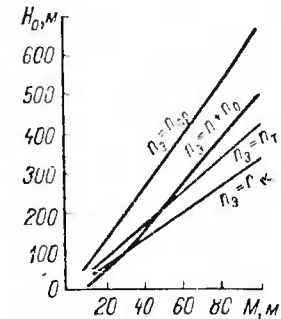


Рис.47.

Ф. Ты проделал хорошую работу. Каковы выводы?

М. До выводов ещё далеко. Самое интересное впереди. Дело в том, что принцип (102) можно выразить через коэффициенты λ и μ :

$$n_r \geq n_{ср} [\lambda - \mu(\lambda - 1)] \quad (106)$$

Если объём горнокапитальных работ незначителен и можно считать $\mu=0$, то:

$$n_r \geq \lambda \cdot n_{ср} \quad (107)$$

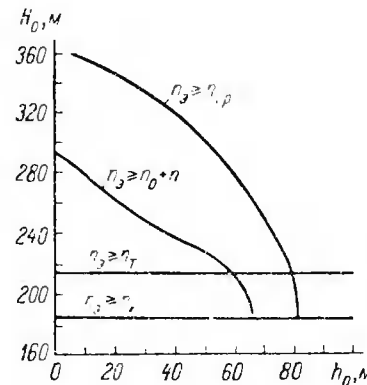


Рис.48

Правая часть неравенства - усреднённый эксплуатационный коэффициент вскрыши. Если его не усреднять получим "текущий" коэффициент вскрыши и принцип (100). Если удастся снизить коэффициент λ до 1,0, то получаем принцип (88). Когда при отработке крутопадающего месторождения и углубке по всяческому

боку залежи рабочие борта карьера одновременно выходят на контуры карьера на поверхности (рис.49), то значение “текущего” коэффициента вскрыши становится

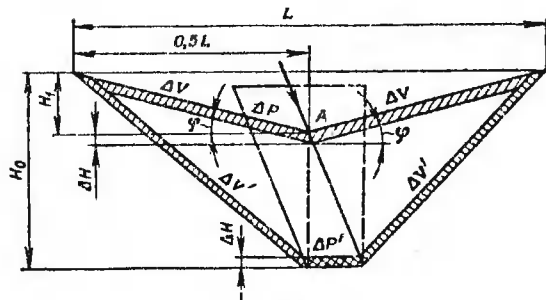


Рис.49.

равным контурному и работает принцип (89). Оказывается, что все предложенные ранее принципы являются частными случаями принципа (102). Вот это и есть мой вывод!

Ф. Вывод очень существенный. Он показывает, что принцип (102) действительно представляет шаг вперед в развитии способов определения конечных границ карьеров.

М. Следует отметить ещё одно предложение 1976 г. А.И. Арсентьева определять уровень риска принятой глубины карьера. Рекомендуются определить погрешность граничного коэффициента вскрыши на основе теории ошибок:

$$\Delta n_r = \left| \frac{\partial n_r}{\partial C_d} \right| \cdot |\Delta C_d| + \left| \frac{\partial n_r}{\partial a} \right| \cdot |\Delta a| + \left| \frac{\partial n_r}{\partial b} \right| \cdot |\Delta b| \quad (108)$$

где: ΔC_d , Δa , Δb - абсолютные погрешности параметров, руб/м³.

Относительная погрешность:

$$\Delta_o n_r = \Delta n_r / n_r \quad (109)$$

Отметим, что:

$$\frac{\partial n_r}{\partial C_d} = \frac{1}{b} \dots \frac{\partial n_r}{\partial a} = -\frac{1}{b} \dots \frac{\partial n_r}{\partial b} = \frac{a - C_d}{b^2}.$$

В приведенном примере $\Delta n_r = 1,11$; $\Delta_o n_r = 1,11/2,5 = 0,444$;

Затем автор продолжает пример и при $\sigma = 0,444/3 = 0,148$; $n_r = 2,5$ м³/м³; $\lambda = 1,2$; $\mu = 0$, а так же приняв ошибку подсчёта запасов $\pm 0,39$ ($\sigma = 0,13$) составляет табл.14 и рис.50.

Таблица 14.

показатели	уровень риска, %					
	0	2,3	15,9	25	50	75
n_r	1,39	1,76	2,13	2,25	2,50	2,75
δ_i	0	0,27	0,53	0,62	0,80	0,98
n_{ce}	1,16	1,47	1,78	1,88	2,08	2,29
руда, М.м	152	185	218	228	250	273
δ_i	0	0,22	0,43	0,50	0,65	0,80

Из таблицы и графика можно установить, что при расчёте на математические ожидания (точка E) общий риск составит:

$R_o = 0,50 + 0,50 - 0,50 \cdot 0,50 = 0,75$, а конечную глубину карьера можно принять $H_m = 432$ м. Если совсем не рисковать (точка A), то $H_o = 145$ м. Если брать параметры с уровнем риска 0,25 (точка D), то общий риск составит:

$R_o = 0,25 + 0,25 - 0,25 \cdot 0,25 = 0,44$, а конечную глубину карьера можно принять равной $H = 358$ м.

Ф. Эту проблему можно рассматривать и с позиций психологических подходов. Мы с тобой этот подход уже изучали раньше.

М. Да. Автор рассматривает и этот подход. По данным табл.14 находит, что при смелом отношении к риску ($R_{rc} = 0,5$) величина $\delta_c = 0,8$. По графику функции опасения последствий риска (рис.14) находим для равно-

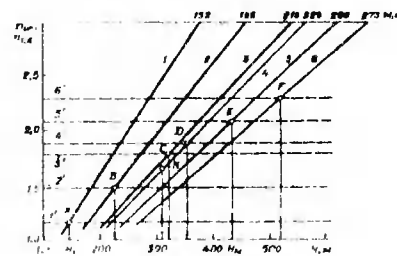


Рис.50.

го отношения $\delta_p=0,55$, осторожного $\delta_o=0,44$ (табл.15)
Таблица 15.

Отношение к риску	Данные по n_p			Данные по n_{cp}				$R_o, \%$
	n_{cp}	δ_i	R_i	M	δ_i	R_i	H_k	
Смелое	2,08	0,80	50	250	0,65	50	432	75
Ровное	1,80	0,55	17,7	225	0,48	22,4	336	36
Осторожн.	1,67	0,44	8,9	211	0,39	11,0	293	19
Без риска	1,16	0	0	152	0	0	147	0
Решение	1,67	0,44	8,9	225	0,48	22,4	312	29

По геологическим данным (табл.14) при смелом отношении $\delta_c=0,65$. По рис.14 находим $\delta_p=0,48$; $\delta_o=0,39$. Учитывая большую ошибку в определении n_z ориентируемся на осторожное отношение к риску. Геологические данные более надёжны - принимаем ровное отношение к риску. Общий риск $R_o=29\%$ (табл.15).

Ф. Пример очень интересный.

М. В этот же период идёт совершенствование граничного коэффициента вскрыши - учитывается всё больше и больше параметров. уравнение (86) усложняется и удлиняется.

Ф. К 1984 году завершается третий этап исследований проблемы границ карьеров. Всё чаще выдвигаются проблемы, связанные с экологией и сохранением природы. Как писал Василий Фёдоров:

Чтобы себя и мир спасти,
Нам нужно, не теряя годы,
Забуть все культы
И ввести
Непогрешимый
Культ природы.

М. Фёдор Иванович. Мне что-то грустно от дурных мыслей. Вот проблема границ карьеров. Мы отсле-

живаем её на протяжении 80 лет. Столько талантливых учёных над ней работали. А какие результаты? Всего два с половиной новых принципа! И только! Так медленно и трудно развивается наука. Зачем я только занялся этим безнадёжным делом?

Ф. Я тебя понимаю. Действительно временами приходят безотрадные мысли. Об этом убедительно писал и Тарас Шевченко:

Думи мої, думи мої,
Лихо мені з вами!
Нащо стали на папері
Сумними рядами?
Чом вас вітер не развіяв
В степу як пилину?
Чом вас лихо не приспало,
Як свою дитину?..

У него, кстати, было значительно больше оснований для сумных переживаний. Пройдёт хандра, мы сделаем, что сможем и что нам сделать суждено.

→ → прошло время → → →

Ф. Как настроение Миша?

М. Вполне нормальное. Я готов работать.

Ф. Давай попробуем выявить основной недостаток или, лучше сказать, недоработку исследований в течение рассмотренных нами 30 лет (1954-1984). Хочу выслушать твоё мнение?

М. Сначала остановлюсь на достижениях этого периода. Главным я считаю широкое внедрение в исследования горно-геометрического моделирования и законов формирования рабочей зоны карьеров. Это позволило начать серьёзное внедрение более надёжных программ для ЭВМ как в исследованиях так и при проектировании. Второе достижение - совершенствова-

ние граничного коэффициента вскрыши. В нём начали учитывать потери и разубоживание, обогащение и металлургическую переработку; доказали, что он не является постоянным и нужно учитывать изменчивость с глубиной качества руд.

Ф. Я тебя не узнаю! Прошлый раз ты был совсем другого мнения.

М. За эти дни я помудрел.

Ф. Это очень заметно.

М. Но, я выявил и основное, по-моему, препятствие, на котором застряли исследователи. Они не справились с проблемой разработки комплексных месторождений, в которых не одна, а несколько руд. Здесь, видимо, мешала и традиция, т.к. всех заворожил граничный коэффициент вскрыши. Начали пытаться приспособливать его к наличию в карьере нескольких руд. Из этих попыток ничего стоящего не вышло.

Ф. Ты прав. Впереди оказалась непроезжая дорога в XXI век и количество проблем не уменьшилось. Мешало развитию и засилье авторитетов. Как говорил М.В. Ломоносов: "через сие отнято было благородное рвение, чтобы в науках упражняющиеся один перед другим старались о новых и полезных изобретениях".

Источники: 1. Ржевский В.В. Графический метод определения объёмов, коэффициентов вскрыши и контуров карьера. М., "Горный журнал", №10, 1954.

2. Арсентьев А.И. Определение производительности и глубины карьеров. В кн.: "Сб. трудов КГРИ, вып.У". Киев, "Гостехиздат УССР", 1956.

3. Ржевский В.В. Проектирование контуров карьеров. М., "Металлургиздат", 1956.

3. Арсентьев А.И., А.К. Полищук. Развитие методов определения границ карьеров. Л., "Наука", 1967



У природы нет плохой породы!
Почти Эльдар Рязанов.

16. ОТВАЛЫ ПУСТЫХ ПОРОД - МУСОР XX-го ВЕКА!



М. Начнем разговор о четвертом периоде исследований проблемы конечных границ карьеров?

Ф. Я уже говорил, что всё большее беспокойство вызывают нарушения людьми природной среды, значительный вклад в которые вносят и карьеры - отчуждая большие площади земли и отравляя воздух вредными выбросами. В идеале, не столь уж фантастичном, все добываемые из недр земли горные породы и выработанное пространство должны быть использованы. Никаких отвалов пустых пород не должно быть. Надо глубоко воспринять красоту нашей земли и необходимость бережного к ней отношения. Пора всерьёз воспринять наших поэтов, воспевающих родную землю. Вот что сказал о родине Илья Сельвинский:

Люблю, Россия, твой пейзаж:
Твои курганы печенежьи,
Стамухи белых побережий,
Оранжевый на синем пляж,
Кровавый мех лесной зари,
Олений бой, тюленьи игры,
И в кедраче над Уссури
Шаманскую личину тигра.

М. А мне вспомнился Игорь Северянин:
 О России петь - что стремиться в храм
 По лесным горам, полевым коврам...
 О России петь - что весну встречать.
 Что невесту ждать, что утешить мать...
 О России петь - что тоску забыть,
 Что любовь любить, что бессмертным быть!

Я думаю, что со всех юношей и девушек по окончании школы нужно брать, по аналогии с клятвой Гиппократы, клятву любви к родной природе.

Ф. Полностью с тобой согласен. Нужно готовить такой закон. Но, вернёмся к той частице вклада в сохранение природы, которую вносят учёные при решении проблемы границ карьеров. Началом четвёртого периода исследований я считаю 80-е годы, когда в Ленинградском горном институте начали пересматривать отношение к понятию "коэффициент вскрыши". Уже в 1984 г. Г.А. Холодняков в статье пришёл к выводу, что при наличии в месторождении нескольких полезных ископаемых коэффициент вскрыши становится ненужным и предложил ввести понятие "коэффициент выемки":

$$k_i = \frac{A_i}{A_{\text{лм}}} \quad (110)$$

где: A_i - объём разновидности горных пород, выдаваемых из карьера, м³/год; $A_{\text{лм}}$ - производительность по горной массе м³/год.

Если в карьере добывается n полезных ископаемых и A_o отходов (вскрышных пород), то:

$$k_1 + k_2 + \dots + k_n + k_o = k_{\text{л}} + k_o = 1 \quad (111)$$

где: $k_{\text{л}}$ - коэффициент добычи, м³/м³; k_o - коэффициент отходов, м³/м³.

Если добывается одно полезное ископаемое, то есть простая связь с коэффициентом вскрыши:

$$k_{\text{л}} = \frac{1}{n+1}; \dots n = \frac{1}{k_{\text{л}}} - 1 \quad (112)$$

Г.А. Холодняков предлагает в качестве критерия определения границ карьеров "граничный коэффициент добычи":

$$k_{\text{г}} = \frac{a_{\text{л}}}{\frac{\nu \cdot \Pi_1}{1 + R_c} - a_o - a_{\text{л}} - a_{\text{т}} - a_{\text{лр}} + a_{\text{л}}}, \text{ т/т} \quad (113)$$

где: a_n - затраты на выемку отходов, руб/т; ν - выход концентрата из основного (№1) полезного ископаемого; Π_1 - цена концентрата из 1т руды №1, руб/т; a_o - затраты на обогащение 1т руды №1, руб/т; a_{δ} - затраты на добычу руды, руб/т; $a_{\text{т}}$ - то же, на транспорт, руб/т; $a_{\text{лр}}$ - то же, на охрану природы, руб/т; R_c - уровень рентабельности.

М. Дальше он идёт проторенным путём - приравнивает граничный коэффициент добычи к контурному коэффициенту добычи:

$$k_{\text{г}} \leq k_{\text{к}} \quad (114)$$

или же эксплуатационному:

$$k_{\text{г}} \leq k_{\text{рз}} \quad (115)$$

или же среднему допустимому:

$$k_{\text{г}} = k_{\text{л}} \cdot \lambda^{-1} \cdot [1 - \mu(1 - \lambda)] \quad (116)$$

Все эти коэффициенты определяются по основной руде №1, считая всё остальное пустыми породами.

Ф. Твоё мнение о предложенных принципах?

М. Я считаю, что отказ от использования коэффи-

циентов вскрыши правомерен - они честно и долго послужили горной науке. А, вот принципы не вызывают доверия. т.к. слишком похожи на уже известные с коэффициентами вскрыши.

Ф. А, если посмотреть поглубже? Как можно сформулировать замысел автора?

М. Попробую. Основная идея граничного, приведенного к руде №1, коэффициента добычи - доля основного полезного ископаемого k_r заменяет по стоимости все полезные ископаемые добываемые в карьере.

Ф. Это ты понял правильно. А принципы?

М. Вот здесь сложнее. Из формул (114-116) следует, что будет окупаться карьер, при работе которого доля добываемой руды №1, т.е. k_r обеспечит экономическую эффективность работы карьера с рентабельностью R_r . Но, ведь в карьерном поле есть и другие полезные ископаемые и они будут добыты и проданы. Значит, контур карьера сильно занижен и ценность добытой продукции будет значительно выше, чем это декларировано.

Ф. Вот нам и работа разобраться в этом вопросе.

→ → прошло время → → →

М. Фёдор Иванович! Что-то вид у Вас очень грустный. Что-нибудь случилось?

Ф. Нет Миша, не случилось. Приближается дата



Георгий Лаврентьевич
Фищенко (1922-1990)
Автор книги: "Устойчивость бор-
тов карьеров и отвалов (1956)

освобождения Белграда в Югославии. Там на подступах к столице погибли мои друзья, а это очень тяжёлое воспоминание. Сейчас они лежат на братском кладбище в Белграде. Проникновенно и точно сказал Сергей Орлов, сам все подобное переживший:

Его зарыли в шар земной,
А был он лишь солдат,
Всего, друзья, солдат простой,
Без званий и наград.
Ему как мавзоль земля -
На миллион веков,
И Млечные Пути пылят
Вокруг него с боков.
На рыжих скалах тучи спят,
Метелицы метут,
Грома тяжёлые гремят,
Ветра разбег берут.
Давным-давно окончен бой...
Руками всех друзей
Положен парень в шар земной,
Как будто в мавзоль...

Ну, да ничего. Продолжим работу. Расскажи, что у тебя получилось?

М. Повторим, немного по другому, рассуждения Г.А. Холоднякова. Используется широко применяемый в экономике метод приведения к стоимости основного продукта. Пусть в карьере добывается n полезных ископаемых в объёмах A_i по цене C_i . Приведённая по стоимости к руде №1 производительность по руде:

$$A_{пр1} = \frac{1}{C_1} \sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i \quad (117)$$

Приведённый коэффициент добычи:

$$k_{пр1} = \frac{A_{пр1}}{A_{M1}} \quad (118)$$

Допустимые затраты на 1 т горной массы:

$$Z_d = \frac{C_1}{1+\rho} \cdot k_{np1} \quad (119)$$

Фактические затраты:

$$Z_\phi = \sum_1^{n+1} k_i \cdot a_i + a_{on} \quad (120)$$

где: k_i - коэффициент выемки i -той породы, включая руды и отходы, т/т; a_i - себестоимость выемки i -той породы, руб/т; a_{on} - затраты на охрану природы, руб/т; ρ - уровень рентабельности.

Условие эффективности работ:

$$\frac{C_1}{1+\rho} \cdot k_{np1} \geq \sum_1^{n+1} k_i \cdot a_i + a_{on} \quad (121)$$

Отсюда граничный коэффициент добычи:

$$k_{m1} = \frac{1+\rho}{C_1} \left(\sum k_i \cdot a_i + a_{on} \right) \quad (122)$$

Уравнение получилось красивое, но что с ним делать я не знаю?

Ф. Давай порассуждаем. Нам нужно запроектировать карьер, в котором доля основной руды №1 была-бы такой, чтобы стоимость **всех** добываемых руд обеспечивала допустимые затраты Z_d . Значит, нужно выяснить какую долю стоимости всех руд составляет руда №1? Это:

$$\delta_1 = \frac{k_1 \cdot C_1}{\sum_1^n k_i \cdot C_i} \quad (123)$$

где: - числитель - стоимость руды №1 на 1 т добываемой горной массы; - знаменатель - стоимость всех добываемых руд.

А теперь вносим поправку в граничный коэффициент добычи:

$$K_{r1} = k_{m1} \cdot \delta_1 = \frac{k_1 \cdot (1+\rho)}{\sum_1^n k_i \cdot C_i} \left(\sum_1^{n+1} k_i \cdot a_i + a_{on} \right) \quad (124)$$

Можно также ориентироваться на концентраты, тогда:

$$K_{K1} = \frac{k_1 \cdot (1+\rho)}{\sum_1^n k_i \cdot C_{ki}} \left(\sum_1^{n+1} k_i \cdot a_i + a_{on} + \sum_1^n k_i \cdot a_{oi} \right) \quad (125)$$

где: C_{ki} - стоимость концентратов, получаемых из 1 т руды №1, руб/т; a_{oi} - себестоимость обогащения 1 т i -й руды, руб/т.

М. А как же дальше?

Ф. Как использовать напрямую граничный коэффициент добычи я пока не знаю. Но есть обходной путь - возврат к обруганному ранее граничному коэффициенту вскрыши. Из формулы (112) мы определяем граничный коэффициент вскрыши, считая, что в карьере только руда №1:

$$n_{r1} = \frac{1}{k_{r1}} - 1 \quad (126)$$

А дальше работаем по известным принципам или методом вариантов, или методом использования допустимого среднего коэффициента вскрыши.

М. Вы красиво всё расписали. А как определять все доли полезных ископаемых и отходов, если нет ещё календарного плана горных работ?

Ф. Ты уже научился задавать каверзные вопросы. Это конечно слабое место нового метода. Для начала можно определять k_i как средние в контурах карьера, либо выбрать характерный разрез, наметить ориентиры-

вочную конечную глубину и горно-геометрическим моделированием определить n_0 , n , μ , λ , k_i . Это не очень надёжно, но воспользоваться можно. Вот и займись иллюстрацией метода на каком либо простом примере.

→ → прошло время → → →

Ф. Как твои успехи?

М. Я взял характерный разрез по комплексному месторождению с рудами трех видов (рис.51), наметил ориентировочную конечную глубину $H_1=300$ м и провёл горно-геометрическое моделирование. Полученные данные приведены в табл.16.

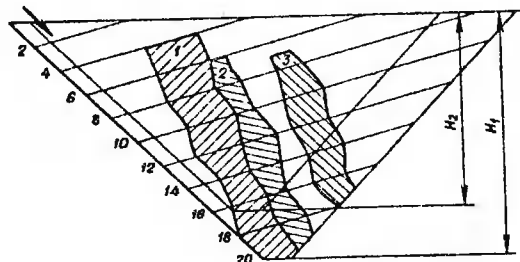


Рис.51

Коэффициенты выемки определил как средние в контурах карьера (табл.16 и 17).

Таблица 16.

Гор	$\varphi=15^\circ$							$\varphi=0^\circ$	
	ΣQ_i	ΣP_{1i}	ΣP_{2i}	ΣP_{3i}	ΣV_i	ΣT_i	ΣV_{1i}	ΣP_{1i}	ΣV_{1i}
2	83	-	-	-	83	3,5	83	-	675
4	323	-	-	-	323	7,0	323	-	1290
6	708	85	-	-	623	10,5	623	80	1650
8	1248	167	36,5	19,2	1025,3	14,0	1080,7	160	2049
10	1875	247	73,0	56,7	1479,1	17,5	1627,9	230	2160
12	2405	327	113,5	140,6	1823,9	21,0	2078,0	300	2495
14	2831	391	168,2	201,3	2070,5	24,5	2440,0	375	2550
16	3158	445	212,8	258,0	2242,2	28,0	2713,0	450	2825
18	3380	509	253,3	300,0	2317,7	31,5	2871,0	430	2840
20	3500	580	290,0	300,0	2330,0	35,0	2920,0	580	2920
k_i	1,00	,166	0,083	0,086	0,665	-	-	-	-

Для определения граничного коэффициента добычи

Таблица 17.

Показатели	руб/м ³			
	P_1	P_2	P_3	T
Себест. a_i	3,00	3,22	3,15	2,97
Цена, I_i	12,5	10,9	10,2	-
k_i	0,166	0,083	0,086	0,665

принял экономические исходные данные (табл.17). Уровень рентабельности $\rho=0,15$; $a_{оп}=0,24$ руб/м³. Определяем об-

щую ценность руд:

$$C_{об}=0,166.12,5+0,083.10,9+0,086.10,2=3,85 \text{ руб/м}^3.$$

Доля руды №1:

$$\delta_1=0,166.12,5/3,85=0,539.$$

Фактические затраты:

$$Z_{ф}=0,166.3+0,083.3,22+0,086.3,15+0,665.2,97=3,25 \text{ руб/м}^3.$$

Граничный коэффициент добычи по формуле (124):

$$K_{г1} = \frac{0,166.(1+0,15)}{3,85} \cdot 3,25 = 0,161 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Переводим его в граничный коэффициент вскрыши:

$$n_{г1} = \frac{1}{0,161} - 1 = 5,211 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

На основе горно-геометрического моделирования были получены коэффициенты $\mu=0,11$ и $\lambda=1,2$. Тогда допустимый средний коэффициент вскрыши:

$$n_{д1} = \frac{5,211}{1,2 - 0,11.(1,2 - 1)} = 4,424 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Средний коэффициент вскрыши $n_{ср}=2920/580=5,034$, т.е. выше допустимого. Поэтому конечную глубину карьера пришлось уменьшить до $H=240$ м и средний коэффициент вскрыши составил:

$$n_{ср} = 1873/457=4,1 < 4,424.$$

Принимаем на разрезе $H_2=240$ м. На остальных разрезах находим глубину, на которой средний коэффициент

вскрыши не более $4,424 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Вот такой получился пример.

Ф. Пример вполне убедительный. Он хорошо иллюстрирует рассмотренный принцип. Конечно, после построения контуров карьеров, рассмотрения объёмной задачи на погоризонтных планах и стабилизации производительности по горной массе, распределение типов руд, выдаваемых из карьера будет отличаться от принятых в расчёте и, может быть, потребуется уточнение границ карьера. Это постоянная очень неприятная особенность проектирования - в самом начале приходится пользоваться данными, которые станут известны только в конце проектирования.

М. Всё же метод нужно совершенствовать.

Ф. Конечно. Вот тебе и проблема на долгое время. Решешь её - готова докторская диссертация.

М. Это слишком сложная проблема - боюсь, что она мне не по зубам?

Ф. Ты уподобился лисе из знаменитой басни. Вот как один учёный объяснит её поступок: "не имея способностей достать виноград, лиса говорит: - "Зелен, ягодки нет зрелой". Она рационализирует своё несоответствие современным требованиям". Вот так!

М. Приложу все старания, чтобы отличаться от этой лисы и соответствовать требованиям.

Источники: 1. Холодников Г.А. Показатель эффективности открытого способа комплексной разработки месторождений полезных ископаемых. В кн.: "Проектирование открытой разработки месторождений". Л., изд.ЛГИ, 1984.

2. Марков Е.Е. Определение глубины карьеров с учётом комплексного использования руд. Канд. дисс. Л., ЛГИ, 1985.

3. Холодников Г.А. Определение основных параметров открытой разработки комплексных месторождений. Л., изд.ЛГУ, 1988.

4. Арсентьев А.И. Конечные границы карьеров. СПб., изд. СПГГИ, 1995.



Борода - апостольская,
а усок - дьявольский.

Пословица.

17. ДВУЛИКИЙ ЯНУС - ОПОЛЗЕНЬ!



Ф. Что-то я очень давно тебя не видел. Где ты был?

М. Я три месяца был на бокситовом карьере и вёл наблюдения.

Ф. За кем же ты наблюдал?

М. За очень капризным и опасным объектом - оползнем. Там такая ситуация: верхний вскрышной уступ сложен очень слабыми и влажными породами. Их несущая способность мала, а при переувлажнении падает до нуля. Высота уступа 16-18 м и, по мере подвигания уступа длиной 1000 м. будет увеличиваться до 20-25 м. На уступе широко распространены оползни (рис.52) Обычная ширина призмы обрушения $b=5-6 \text{ м}$, максимальная длина языка оползня $l=50 \text{ м}$ (обычно 25-30 м); после оползня угол откоса уступа выполаживается до $34-36^\circ$. Если в оползень попадает оборудование, то обрывается тяговый канат, разбиваются траки, ломаются автосамосвалы. Один аварийный оползень приносит карьере убытки 9-10 тыс. рублей.

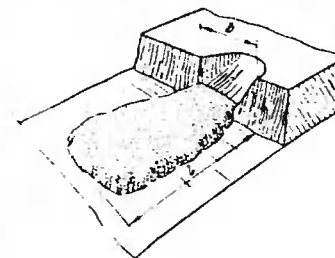


Рис.52.

Ф. А какая организация работ?

М. На уступе работают два экскаватора ЭКГ-8и.

производительностью $Q=2000 \text{ м}^3/\text{смену}$, ширина заходок $a=18 \text{ м}$. Доставка пород автосамосвалами. Работы ве-

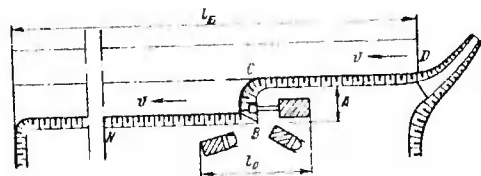


Рис.53.

дуются в три смены в сутки. Экскаваторные блоки $L_6=500 \text{ м}$. Комплекс оборудования длиной $l_0=30 \text{ м}$ движется вдоль фронта рабочего уступа. После отработки заходки экскаватор холостым ходом возвращается в исходное положение и начинает отрабатывать следующую заходку (рис.53). Скорость движения заходки:

$$v_3 = \frac{3 \cdot Q}{h \cdot a}, \text{ м/сутки} \quad (127)$$

где: Q - производительность экскаватора, $\text{м}^3/\text{смену}$; h - высота уступа, м; a - ширина заходки, м.

В настоящее время $v_3=3 \cdot 2000/17 \cdot 18=19,6 \text{ м/сутки}$.

Этот комплекс подходит к участку откоса NB через время отработки заходки:

$$t_3 = \frac{L_6}{v_3}, \quad (128)$$

в данное время $t_3=500/19,6=25,5$ суток. Через каждый участок откоса комплекс проходит в течение:

$$\Delta t = \frac{l_0}{v_3}, \quad (129)$$

в настоящее время $\Delta t=30/19,6=1,53$ суток или 37 часов.

Ф. Ну и что?

М. Дальше я рассуждаю так: процесс оползнеобразования является вероятностным, т.к. на него влияют огромное количество трудно учитываемых факторов. Поэтому я собрал большое количество фактов -

частично по моим наблюдениям, частично - по наблюдениям в течение двух лет маркшейдера карьера.

Таких данных накопилось 320. На их основе я построил кривую плотности распределения и получил эмпирическую зависимость (рис.54) вероятности оползня от времени стояния откоса рабочего уступа:

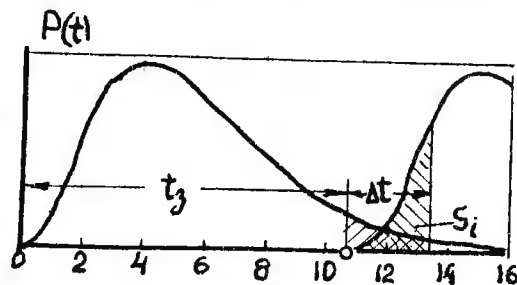


Рис.54.

$$P(t) = 0,27 \cdot t^{2,5} \cdot e^{-0,6 \cdot t} \quad (130)$$

где: t - время стояния откоса уступа до начала оползня, сутки.

Ф. Ты знаешь какой закон плотности распределения у тебя получился?

М. Не знаю. Я пользовался руководством по эмпирическим формулам.

Ф. У тебя получилось гамма-распределение, его формула:

$$P(t) = \frac{\lambda^\eta}{\Gamma(\eta)} \cdot t^{\eta-1} \cdot e^{-\lambda \cdot t}, \quad (131)$$

в науке считается, что это распределение описывает время необходимое для появления независимых событий, которые происходят с постоянной интенсивностью. Так что ты вышел точно на нужное распределение, с чем тебя и поздравляю!

М. Спасибо. Дальше, я на основе теории вероятностей установил, что вероятность схода оползня за вре-

мя Δt (рис.54):

$$R(\Delta t) = \frac{S_i}{S_o}. \quad (132)$$

где: S_i - площадь под кривыми распределения в интервале Δt ; S_o - общая площадь под кривой распределения. Эта вероятность при устойчивой работе комплекса постоянна, т.к. к моменту подхода комплекса откос стоит время $t_3 = const$. На рабочем уступе наблюдаются два вида оползней. Первый возникает на откосе NB (рис.53), сформированном в предыдущей заходке экскаватора. Второй - на вновь созданном откосе CD . Опасность вто-

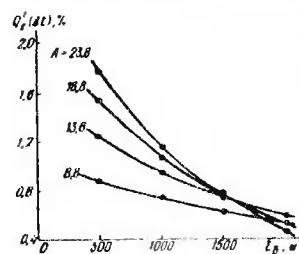


Рис.55.

рого вида оползней постоянна, а на первый вид оползня можно повлиять, управляя длиной экскаваторного блока и шириной заходки. Я получил зависимость вероятности попадания под оползень комплекса машин (рис.55). В карьере при длине экскаваторных блоков 500 м комплекс за лето попадал под оползень 8 раз. Если увеличить экскаваторный блок до 1000 м, то вероятность попадания под оползень снизится в 1,35 раза (рис.55) и количество попаданий снизится до 6 раз.

Ф. Твои предложения?

М. Я собираюсь предложить увеличить длину блока до 1000 м и оставить на уступе один экскаватор. Вы со мной согласны?

Ф. Ты меня не убедил. Нужно сопоставить вероятности попадания под оползень предыдущего откоса NB и вновь создаваемого CD . Давай посчитаем и сравним. Ты неверно определил Δt , т.к. эта величина разная для оползней 1-го и 2-го видов. Забой находится

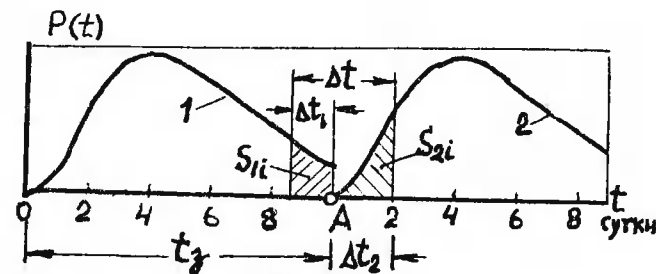


Рис.56.

в точке A (рис.56). На старом откосе NB длина комплекса $l_1=8$ м, т.к. там находится только автосамосвал. Значит:

$$\Delta t_1 = \frac{l_1}{v_3}, \quad (133)$$

или $\Delta t_1=8/19,6=0,41$ суток = 9,84 часов.

Под новым откосом работает экскаватор с автосамосвалом и длина $l_2=22$ м. Отсюда:

$$\Delta t_2 = \frac{l_2}{v_3}, \quad (134)$$

или $\Delta t_2=22/19,6=1,12$ суток=27 часов.

Включим в работу формулу (130). Для откоса NB :

$$P(t_2)=0,27 \cdot (25,5+0,41)^{2,5} \cdot e^{-0,6 \cdot 25,91} = 163 \cdot 10^{-6};$$

$$P(t_1)=0,27 \cdot 25,5^{2,5} \cdot e^{-0,6 \cdot 25,5} = 201 \cdot 10^{-6}.$$

Площадь $S_i=0,41 \cdot 10^{-6}(163+201)/2 = 74,62 \cdot 10^{-6}$; $S_o=5,2$. Значит опасность попасть под оползень 1-го вида:

$$R(\Delta t_1)=74,62 \cdot 10^{-6}/5,2 = 14,35 \cdot 10^{-6}.$$

Ясно, что с этой опасностью в нормальном случае не стоит считаться.

Рассмотрим оползень 2-го вида. По формуле (130):

$$P(t_2)=0,27 \cdot 1,12^{2,5} \cdot e^{-0,6 \cdot 1,12} = 183,4 \cdot 10^{-3}; P(t_1)=0.$$

Площадь $S_{21}=183,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1,12/2 = 102,7 \cdot 10^{-3}$; Отсюда:

$$R(\Delta t_2)=102,7 \cdot 10^{-3}/5,2 = 19,75 \cdot 10^{-3}, \text{ т.е. около } 2\%.$$

Этот риск выше первого в $19,75 \cdot 10^{-3}/14,35 \cdot 10^{-6}=1376$ раз.

М. Ну, Фёдор Иванович! Вы меня убили!

Ф. Но не совсем. Так что мобилизуйся и продолжим. Ясно, что увеличивать длину блока нет смысла. Да и скорость подвигания уступа снизится, а это скажется на производительности карьера. Вспомни закон соразмерного развития горных работ на смежных рабочих уступах.

М. Да, я понял.

Ф. Займёмся экскаваторным забоем, который ты принял за неприкосновенную "священную корову". Заметим, что:

$$\Delta t_2 = \frac{l_2}{v_3} = \frac{l_2 \cdot h \cdot a}{3 \cdot Q}, \quad (135)$$

подставим цифры $\Delta t_2=a \cdot 22,17/6000$, т.е.:

$$\Delta t_2=0,0623 \cdot a \quad (136)$$

Из рис.55 видно, что целесообразно ширину заходки уменьшать. Давай определим как будет изменяться риск попадания комплекса под оползень в зависимости от ширины заходки?

М. Я этим займусь. Но, как я попал впросак?

Ф. Ошибаются все, кто что-нибудь делают. Так что не грусти, а лучше почитай Сергея Есенина, напри-

мер его песнь о черёмухе:

Черёмуха душистая
С весною расцвела
И ветки золотистые,
Что кудри, завила.

.....
А рядом, у проталинки,
В граве, между корней,
Бежит, струится маленький
Серебряный ручей.

.....
Ручей волной гремячу
Все ветки обдаёт
И вкрадчиво под кручею
Ей песенки поёт.

→ → *прошло время* → → →

М. Я произвёл вычисления - они в табл.18.

Таблица 18.

a, м	Δt_2 , сутки	$P(t_2) \cdot 10^{-3}$	$S_{21} \cdot 10^{-3}$	$R(\Delta t_2) \cdot 10^{-3}$	$R(\Delta t_2), \%$	K_n
18	1,12	183,4	102,7	019,75	100,0	8,0
16	1,00	148,2	074,1	014,25	72,2	5,8
14	0,87	113,1	049,2	009,46	47,9	3,8
12	0,75	083,9	031,5	006,06	30,7	2,5
10	0,62	056,3	017,5	003,37	17,1	1,4
8	0,50	036,3	009,1	001,75	08,9	0,7

Риск при $a=18$ м я принял за 100% и определил относительные риски при других значениях ширины заходки (табл.18 и рис.57), определил так же вероятное количество K_n попаданий комплекса под оползень.

Ф. Какое напрашивается решение?

М. Экскаваторные блоки оставить без изменений, а ширину заходки экскаватора уменьшить до 14 м, что вдвое снизит опасность попадания комплекса в оползень

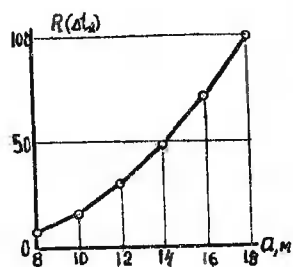


Рис. 57

Скорость движения забоя составит 25,2 м/сутки, время отработки заходки длиной 500 м - около 20 суток.

Ф. Теперь решение более разумное. Можешь вполне заканчивать отчёт и посылать его в карьер. Но десять раз подчеркни, что рекомендация вероятностная, ориентировочная.

М. А ещё напишу, что в случае остановки работ, следует срочно выводить экскаватор вперёд к откосу предыдущей заходки, на котором все оползни уже сошли. Напишу также, что выработать рекомендации помогал широко известный учёный Федор Иванович.

Ф. По поводу известности хорошо сказал один остроумный человек: - "Я широко известен в узком кругу!". Ты почти успешно закончил этап борьбы с коварными оползнями - нащупал тропинку, по которой можно двигаться в согласии с характером, нравом оползня. Ты читал, наверное, что в Советском Союзе усиленно проповедывался лозунг борьбы с природой, покорения природы. Значительно мудрее - не бороться с природой, а уважать её законы и повадки, дружить с ней. Всегда нужно помнить, что мы просто частицы этой природы и частицы далеко не лучшие.

Источники: 1. Кирюков С.В. Исследование процесса потери устойчивости рабочих уступов сложенных скальными породами. Канд.дисс. Л., ЛГИ, 1983.

2. Арсентьев А.И. С.В. Кирюков. Определение параметров работы экскаваторов на оползнеопасных уступах. В кн.: "Проектирование открытой разработки месторождений". Л., изд. ЛГИ, 1984.



И это всё? - спросила робко Алиса.
- Да, - сказал Шалтай-Болтай. - Прощай!
Льюис Керролл.

18. ПРОБЛЕМЫ ОСТАЮТСЯ С НАМИ.



М. Фёдор Иванович! Мы много и интересно работали и беседовали о научных и других проблемах, а всё равно в Вашей позиции по многим вопросам есть для меня неясности.

Ф. Это нормально. Ведь писал об этом мой тёзка Фёдор Тютчев:

Как сердцу высказать себя?
Другому как понять тебя?
Поймёт ли он, чем ты живёшь?
Мысль изречённая есть ложь.
Взрывая, возмутишь ключи, -
Питайся ими - и молчи.

Лишь жить в себе самом умей -
Есть целый мир в душе твоей
Таинственно-волшебных дум;
Их оглушит наружный шум.
Дневные разгонят лучи, -
Внимай их пенью - и молчи!..

М. У Вас всегда есть подходящая мысль поэтов. А Вы, сами, писали стихи?

Ф. Как человек крайне любознательный я пробовал в юности писать стихи. У меня ничего не выходило и с этим я сразу примирился. Осталось лишь любовь и восхищение к поэзии. Кстати, многие учёные писали и пишут хорошие стихи. Среди моих знакомых есть поэты

и учёные, ведущие серьёзные исследования. Один из моих друзей Александр Богданович так характеризует свою жизнь:

Когда мне грозно
крикнут критики:
- А ну-ка,
посмотрим,
ты от молота
иль от сохи! -
Я виновато прошепчу:
- Кормлюсь наукой,
а по ночам
пишу стихи.

М. А что Вы ждёте от XXI-го века?

Ф. Не жду, а гадаю - доживу или не доживу? Если верить Мишелю Нострадамусу, то этот век будет весьма пакостным. Даже в предверии века он обещает:

“Подобно великому королю Анголмойса
в седьмой месяц 1999 года Великий король
террора спустится с неба; В это время будет
царствовать Марс для добрых целей.”

На 2010-й год он предрекает мировую войну, которая продлится четыре года и будет расплавлена половина замного шара и т. д. . . У тебя Миша есть шанс всё это увидеть и пережить.

М. Вы меня очень утешили. Но, может быть Нострадамус ошибается?

Ф. Возможно. Но, хватит о мрачном! Какие вопросы тебя ещё интересуют?

М. Мы обсуждали многие вопросы, но мало касались компьютеров. Как Вы к ним относитесь?

Ф. С восторгом и удивлением, как к чуду XX-го века! У них три стороны: сам компьютер, программы и алгоритмы, заложенные в эти программы. Так вот, мы с

тобой создавали основу алгоритмов. Вообще, уже наметилось два типа специалистов, связанных с ком-

пьютерами - пользователи и создатели. Граница между ними уже видна.

М. А при подготовке инженеров?

Ф. Положительно, но с опаской. Ещё не найдена золотая середина в применении компьютеров в процессе учёбы. Широкое использование компьютеров не всегда стимулирует стремление понять сущность методов науки.

М. В Ваших книгах, в отличие от всех авторов-горняков, приводится много портретов учёных. Это делается Вами специ-



Михаил Михайлович
Прото́дьяконов (1874-1930)
Автор книги: “Материалы для учрочного
положения горных работ” (1926).

ально?

Ф. Да, специально! Горная наука создавалась в течение тысячелетий трудами многих учёных, проектировщиков, производственников. И наиболее выдающихся учёных, труды которых оказывают большое влияние на развитие горного дела или горного искусства, нужно помнить и пропагандировать для повышения престижа горной науки. Особенно это нужно в учебниках. А то, ведь смотри, в учебнике под редакцией М.Г. Новожилова нет никаких исторических данных о предшественниках, не считая нескольких сносок в конце страниц. Мало того, даже классификацию

систем разработки Н.В. Мельникова профессор М.Г. Новожилов приписал себе. В учебнике В.В. Ржевского тоже есть только сноски в конце страниц, а в тексте он упоминает 2-3-х учёных. Был только один человек, который много сделал для прославления наших учёных - академик Н.В. Мельников.

М. Да, я знаком с его книгами о горных инженерах - выдающихся деятелях горной науки.

Ф. Никогда не нужно себя переоценивать. Каждый из нас - продукт труда очень многих людей и обстоятельств. Это родители, друзья, враги, учителя, книги и т.д. А в науке! Сколько математиков, физиков, конструкторов вложили в наши руки и головы замечательные инструменты: функции, методы, законы распределения и т.д. и т.д. Поэтому я всюду, где это возможно, стараюсь помещать портреты учёных, чтобы их облик связывался в нашей памяти с их трудами.

М. А что Вам не нравится в науке?

Ф. Факты плагиата и активная зависть. Писатель Юрий Бондарев писал, что в искусстве (добавлю - и в науке) в определённые периоды "властвуют две царицы - это зависть к чужому успеху и ревность к чужой возможности". К сожалению, это неистребимо. Я лично знал трёх академиков, которые без ссылок заимствовали идеи и методы других исследователей. Мне известно несколько диссертаций, где украдены мои методы.

М. А как Вы реагировали на эти факты?

Ф. Есть интересный рассказ (а может быть и анекдот) об Александре Суворове. В период альпийского похода на заседании Военного Совета с участием австрийских генералов (союзников), генерал - начальник тыла высказал беспокойство о том, что австрийские войска идут по следам побед русских и захватывают трофеи, которые завоёваны русскими, ушедшими вперёд.

Суворов резко прервал своего помощника: - Как Вам не стыдно жадничать! Ведь русские ещё завоюют богатые города, а австрийцам как быть? Где им бедным кормиться?

М. Я Вас понял. Меня очень беспокоит положение нашей науки. Теория открытых горных работ у нас развита очень хорошо, но она слабо используется в проектировании и практике. Когда бываешь в карьерах, то виден низкий теоретический уровень организации горных работ и малая заинтересованность инженеров теорией горных работ.

Ф. Думаю, что здесь сказывается наследие советской действительности - абсолютная незаинтересованность в творческой работе и, в значительной мере, менталитет русского народа, воспитанный тысячелетней работой православной церкви. Развитие науки сейчас тоже приостановилось. Вот как об этом пишет Александр Богданович:

России свойственно порой с весельем
рубить в азарте под собою сук.

Вот и идёт, невиданный доселе,
процесс приватизации наук.

Нам рынка оползень насел на плечи,
и там, в грядущем, не видать ни зги.

Придётся нам, как Прометею печень,
орлам заморским скормливать мозги.

Нам не помогут, как бы ни просили
мы власти, угрожая и моля.

Потомкам нашим на полях России
придётся видно всё начать с нуля.

В стране страстей, грехов и ослеплений,
воров, святых, богатырей, калек
ещё одно из многих преступлений
запишет на свой счёт двадцатый век.

М. Не работает ли против принятия к использованию методов русских учёных в России известный принцип: “нет пророка в своём отечестве”?

Ф. Он тоже работает. А, кстати, кто это сказал?

М. Точно не знаю. Наверное какой-то философ древности.

Ф. Этот философ - Иисус Христос. Евангелист Лука в главе 4 пишет, что его учение не было принято в Назарете, Иисуса изгнали из города. И Христос сказал: - “Истинно говорю вам: никакой пророк не принимается в своём отечестве”.

М. Вы сказали, что православие на Руси сделало недоброе дело и тут же цитируете Иисуса Христа.

Ф. Иисус Христос - великий и благородный философ, может быть - посланник Бога или инопланетных цивилизаций. Но его учение было искажено в интересах “наместников бога” на земле - императоров, королей, духовенства, которые использовали его для воспитания послушного стада рабов, ждущих милостей от господ, работающих из под палки, не любящих умных и инициативных людей. Иисус был высоко образованным человеком и сам мог изложить своё учение. Это почему-то не было сделано, или же его труды были уничтожены. Интересно, что его постигла судьба справедливого человека, о которой ещё намного раньше в споре с Сократом философ Фразимах Халкедонский сказал: - “Справедливый человек не только не может быть счастливым, но его обязательно проклянут и скорее всего убьют”.

М. Но в евангелиях много разумного и хорошего.

Ф. Да, ты прав! Но реально все христианские религии не следуют заповедям Христа. Он говорил - не убий, а церковь благословляет кровавые походы крестоносцев, захватнические войны. Вот последний пример -

чтобы убрать одного негодяя - руководителя страны, бандиты в военной форме уничтожают сотни невинных людей и их трудами созданные ценности в Ираке, Югославии, и священники в войсках благословляют их на это злое дело. Иисус призывает к любви и дружбе, а в религиях царствует нетерпимость. В нашем православии, например, не могут примириться три церкви - советская, зарубежная и украинская. Иисусу приписываются слова: “не противься злему. Но кто ударит тебя в правую щёку твою, обрати к нему и другую” (Ев.от Матфея, гл.5). Сам Иисус поступал по другому. Когда он обнаружил в храме торговцев, то “сделав бич из верёвок, выгнал из храма всех, также и овец и волов, и деньги у меновщиков рассыпал, а столы их опрокинул” (Ев.от Иоанна, гл.2). Он поступил как нормальный справедливый человек, возмущённый тем, что из храма делают дом торговли.

М. Я, к сожалению, не изучал евангелия. А зря!

Ф. Знаешь Миша! Читая евангелия чувствуешь, что над ними поработала цензура, хотя кое-что осталось и от Иисуса Христа. Он сформулировал замечательный закон, по которому должно жить человечество, и призывал ему следовать: “И как хотите, чтобы с вами поступали люди, так и вы поступайте с ними” (Ев.от Луки, гл.6). В другом месте он говорил: “Не давайте святыни псам и не бросайте жемчуга вашего пред свиньями, чтобы они не попрали его ногами своими и, обратившись, не растерзали вас” (Ев.от Матфея, гл.7). Это был гордый и светлой души человек.

М. Это новый для меня взгляд на религию. А, применительно к горной науке, я понял, что нужно уважительно относиться к учёным предшественникам - они сами внесли вклад в науку и нам завещали - развивать её дальше.

Ф. А что ты ещё понял за последнее время?

М. Я уразумел, что проблемы и задачи, которые мы решаем в горной науке являются частицами общечеловеческих проблем, над которыми работает народная мудрость в пословицах и поговорках, учёные в своих трудах, строители в своих сооружениях, поэты в стихах, писатели в романах, художники и композиторы в своих произведениях.

Ф. Вот этим ты меня сильно порадовал. Всегда надо видеть своё место в общем потоке жизни. И творчески работать в той области, в которую попал по велению судьбы. Нужно помнить страстные слова М.В. Ломоносова в его "Слове о пользе химии" (1751 г.):

"- Рачения и трудов для сыскания металлов требует пространная и изобильная Россия. Мне кажется, я слышу, что она к сынам своим вещает: - Простирайте надежду и руки ваши в моё недра, и не мыслите, что искание ваше будет тщетно. Воздают нивы мои многократно труды земледельцев, и тучные поля мои размножают стада ваши, и леса и воды мои наполнены животными для пищи вашей; всё сие не токмо довольствует мои пределы, но и во внешние страны избыток их проливается; того ради можете ли помыслить, чтобы горы мои драгоценными сокровищами поту лица вашего не наградили... От сих трудов ваших ожидаю приращение купечества и художеств; ожидаю вящего градов украшения и укрепления, и умножения войска; ожидаю и желаю видеть пространные моря мои покрыты многочисленным и страшным неприятелю флотом, и славу и силу моего державы распространить за великую пучину в неведомые народы. Спокойна буди о сём благословенная страна, спокойно буди дражайшее Отечество!"

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Предисловие	3
1. Масштаб - разве это важно?	5
2. Где же наука?	9
3. Для чего всё это?	15
4. Хитрая наука - тригонометрия.	18
5. Что главнее? Что важнее?	22
6. Приглашаем принцессу.	27
7. Ну, а ты рискни!	36
8. Ну, а ты решишь!	47
9. Куда ты скачешь - дно карьера?	54
10. Ищем чудо-тропу.	60
11. Есть ли законы у горной науки?	72
12. Под какую музыку шагают рабочие уступы?	78
13. Мороз - враг или друг?	88
14. Границы карьеров- где они?	100
15. Границы карьеров. Подходы новые - проблема старая!	115
16. Отвалы пород - мусор XX-го века!	129
17. Двуликий Янус - оползень!	139
18. Проблемы остаются с нами.	147

.....

АРСЕНТЬЕВ Александр Иванович

ДИАЛОГИ О ГОРНОЙ НАУКЕ

Лицензия ЛР № 020355 от 30.12.96

Подписано в печать 30.04.99.

Формат 60 x 84/16. Бум. для копировальной техники. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 9. Усл. кр.-отт. 9. Уч.-изд. л. 7,67.

Тираж 225 экз. Заказ 250. С 49

Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В.Плеханова
РИЦ Санкт-Петербургского государственного горного института
Адрес института и РИЦ: 199026 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2