

**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра разработки месторождений полезных ископаемых

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов специальности 21.05.04*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021**

УДК 622.232.8:622.275(073)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ: Методические указания к практическим занятиям / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *А.В. Монтиков, П.Н. Дмитриев*. СПб, 2021. 37 с.

Методические указания содержат описание подходов к принятию укрупненных решений по выбору и обоснованию параметров горного отвода, крупных частей шахтного поля, типа вскрытия, способа подготовки, схемы проветривания и типа транспорта, площади поперечного сечения вскрывающих, подготавливающих и участковых горных выработок на стадии технико-экономического обоснования проекта шахты. Для решения этих задач с использованием компьютера даны перечни исходных данных, примерные численные значения моделируемых параметров.

Предназначены для студентов специализации «Подземная разработка пластовых месторождений» специальности 21.05.04 «Горное дело».

Научный редактор проф. *В.П. Зубов*.

Рецензент *Д.Ю. Никишин* (АО «НИУИФ»)

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование шахты начинают с укрупненной оценки параметров горного отвода, способа подготовки шахтного поля, типа вскрытия пластов, схемы проветривания шахты и типа транспорта полезного ископаемого. Предварительные решения по этим вопросам можно получить с помощью программного комплекса UIS, включающего семь задач [1]. Работая с комплексом программ UIS, следует иметь в виду, что методики, которые использованы в комплексе, включают элементы эвристики и могут не гарантировать оптимальности структурных решений по экономическим факторам.

Результат работы каждой отдельной программы комплекса может быть отображен на мониторе компьютера, отправлен на принтер или записан текстовый файл, сохраняемый в папке, из которой программа была запущена. Текстовый файл позволяет преодолеть следующее ограничение программного комплекса UIS: результаты работы входящих в этот комплекс программ выводятся в формате MS DOS, тогда как многие принтеры формат MS DOS не поддерживают. Для корректной работы с комплексом UIS рекомендуется записывать результаты его работы в предлагаемый текстовый файл. Дальнейшая работа с этим текстовым файлом возможна в редакторе MS Word. Для преобразования выходного файла UIS в формат MS Word следует открыть меню «Сервис» – «Параметры» – «Общие» и установить «Подтверждать преобразование при открытии». Текстовые файлы выходных параметров программ расчетов открывать как текст MS DOS. После чего файл можно сохранить как документ *Word* или *RTF*, шрифт – *Courier*.

1. ФОРМИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШАХТЫ

Угольное месторождение можно разделить на горно-геологические блоки, ограниченные по площади характерными линиями: сбросами, осями складок, выходами пластов под наносы, изомощностями. Совмещение границ таких блоков с границами горного отвода шахты позволяет наилучшим образом использовать запасы месторождения.

Поскольку эффективному освоению месторождения способствует правильный выбор параметров шахты, то совместно следует решать вопросы нахождения размеров шахтного поля, определяющего промышленные запасы $Q_{пр}$, производственную мощность $A_{ш}$ и срок службы $T_{ш}$ шахты. Эти величины связаны между собой:

$$\left. \begin{aligned} Q_{пр} &= A_{ш} T_{ш} \\ Q_{пр} &= \sum_{j=1}^{n_{бл}} Q_{бл.j} = \sum_{j=1}^{n_{бл}} \sum_{i=1}^{n_{пл}} S_j m_i \gamma_i c_i \end{aligned} \right\},$$

где $Q_{бл.j}$ – промышленные запасы j -го блока; $n_{бл}$ и $n_{пл}$ – число блоков и пластов в шахтном поле, соответственно; S_j – площадь j -го блока; m_i – мощность i -го пласта; γ_i и c_i – плотность и коэффициент извлечения угля.

Модель формирования основных параметров шахты предназначена для расчета величин, используемых при анализе и принятия последующих решений. Для работы с моделью задаются производственной мощностью шахты и намечают блоки, предназначенные для отработки, вводя в модель $n_{пл}$, S_j , m_i и средний размер шахтного поля по простиранию $L_{ш}$, которые определяют после измерения по геологической карте.

В программах *UIS* шахтное поле интерпретируется в виде параллелепипеда размерами $L_{ш}$ x $H_{ш}$ x $M_{нор}$, погруженного в тело Земли (рис. 1).

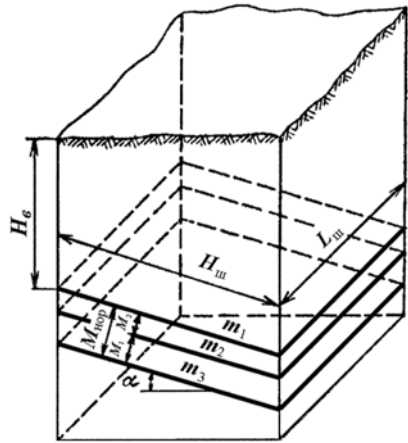


Рис. 1. Модель шахтного поля
 $M_{нор}$ – размер шахтного поля по нормали к напластованию; M_i – мощности междупластий; α – угол падения пластов свиты

Алгоритм задачи предусматривает расчёты срока службы шахты, среднего размера шахтного поля по падению и размера шахтного поля вкрест простирания по нормали:

$$T_{\text{ш}} = \frac{Q_{\text{шп}}}{A_{\text{ш}}}; \quad H_{\text{ш}} = \frac{Q_{\text{шп}}}{L_{\text{ш}} \sum_{i=1}^{n_{\text{ш}}} m_{\text{ср}i} \gamma c}; \quad M_{\text{нор}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{ш}}-1} M_i,$$

где $m_{\text{ср}i}$ - средняя по шахтному полю мощность пласта; M_i – мощность междупластий.

Исходные данные задачи:*

| | | |
|-----|--|------|
| 1. | Производственная мощность шахты $A_{\text{ш}}$, млн. т в год | 2,1 |
| 2. | Коэффициент извлечения угля c | 0,9 |
| 3. | Плотность угля в массиве γ , т/м ³ | 1,38 |
| 4. | Число пластов в шахтном поле $n_{\text{пл}}$ | 4 |
| 5. | Исходные мощности пластов в шахтном поле m_i , м: | |
| | m_1 | 1,2 |
| | m_2 | 1,3 |
| | m_3 | 2,5 |
| | m_4 | 1,1 |
| 6. | Мощность междупластий M_i , м: | |
| | M_{1-2} | 20 |
| | M_{2-3} | 40 |
| | M_{3-4} | 25 |
| 7. | Число геологических блоков в шахтном поле $n_{\text{г.бл.}}$ | 6 |
| 8. | Мощность 1-го пласта в блоках m_{ij} , м : | |
| | m_{1-1} | 1,2 |
| | m_{1-2} | 1,22 |
| | m_{1-3} | 1,18 |
| | m_{1-4} | 1,25 |
| | m_{1-5} | 1,15 |
| | m_{1-6} | 1,3 |
| 9. | Площадь геологических блоков S_j , млн. м ² (км ²): | |
| | S_1 | 3,0 |
| | S_2 | 1,8 |
| | S_3 | 4,1 |
| | S_4 | 2,5 |
| | S_5 | 4,0 |
| | S_6 | 1,9 |
| 10. | Глубина верхней границы геологических блоков $H_{\text{в}j}$, м: | |
| | $H_{\text{в}1}$ | 50 |
| | $H_{\text{в}2}$ | 200 |
| | $H_{\text{в}3}$ | 60 |
| | $H_{\text{в}4}$ | 250 |
| | $H_{\text{в}5}$ | 220 |
| | $H_{\text{в}6}$ | 230 |
| 11. | Размер шахтного поля по простиранию $L_{\text{ш}}$, м | 5200 |

* Здесь и далее численные значения исходных данных приведены в качестве примера

Выходные параметры программы расчета: средняя по шахтному полю мощность пласта $m_{ср}$; промышленные запасы шахтного поля $Q_{пр}$; срок службы шахты $T_{ш}$; размер шахтного поля вкрест простирания $M_{нор}$; глубина верхней границы шахтного поля $H_{в}$; размер шахтного поля по падению $H_{ш}$; суммарная мощность пластов $m_{сум}$.

При анализе результатов моделирования следует иметь в виду, что в расчетной модели приняты следующие допущения: площади всех пластов в геологических блоках одинаковы; плотность угля в массиве по месторождению неизменна; распределение изменения мощности пластов в геологических блоках единое для всех блоков и соответствует изменению мощности первого пласта.

2. ДЕЛЕНИЕ ШАХТНОГО ПОЛЯ НА ЧАСТИ

Необходимым условием обеспечения стабильной работы шахты (добыча, себестоимость) является планомерная отработка запасов шахтного поля, состоящего из отдельных выемочных участков (рис. 2), что требует выделения крупных частей, объединяющих отдельные выемочные участки в связанные крупные структуры,

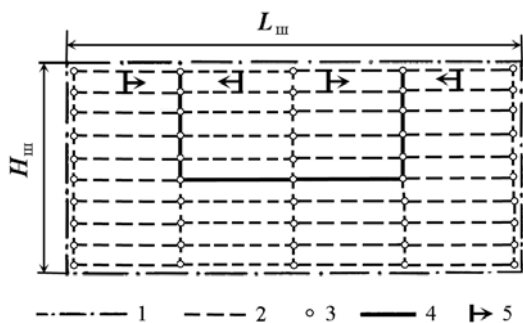


Рис. 2. Выемочные участки в шахтном поле
 1 – границы шахтного поля; 2 – границы выемочных участков; 3 – вероятные точки примыкания участков выработок к общешахтным выработкам;
 4 – трасса подготавливающих выработок (вариант панельной подготовки); 5 – направление движения очистного забоя

обслуживаемые сетью горных выработок, т.е. "раскройки" шахтного поля. При этом в горном отводе выделяют некоторые объемы (параллелепипеды), каждый из которых должен вскрываться и отрабатываться независимо.

В качестве наиболее крупных частей обычно выступают горизонты вскрытия и вентиляционные блоки, опре-

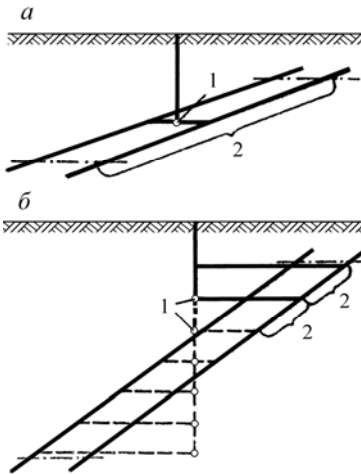


Рис. 3. Одногоризонтное (а) и многогоризонтное (б) вскрытие шахтного поля
1 – околоствольный двор; 2 – горизонт вскрытия

деляющие тип вскрытия шахтного поля (рис. 3, 4, 5).

Горизонт вскрытия – это часть горного отвода, обслуживаемая откачным околоствольным двором. При одногоризонтном вскрытии понятия горизонта вскрытия и шахтного поля совпадают. При залегании пластов, близком к горизонтальному, в горизонт вскрытия включают группу пластов (пласт). При

этом шахтное поле разбивают на горизонты плоскостями, параллельными напластованию (см. рис. 4).

При наклонном и крутом залегании пластов в горизонты вскрытия включают все шахтопласты. В этом случае горизонты вскрытия формируют делением шахтного поля горизонтальными плоскостями и включают в них все шахтопласты.

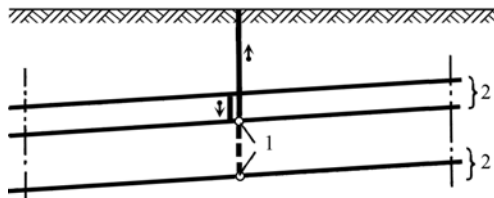


Рис. 4. Многогоризонтное вскрытие горизонтальных пластов
1 – околоствольный двор; 2 – горизонт вскрытия

Блок - это обособленно проветриваемая часть шахтного поля. Шахтное поле разделяют на блоки, как правило, системой вертикальных (перпендикулярно простиранию) и горизонтальных плоско-

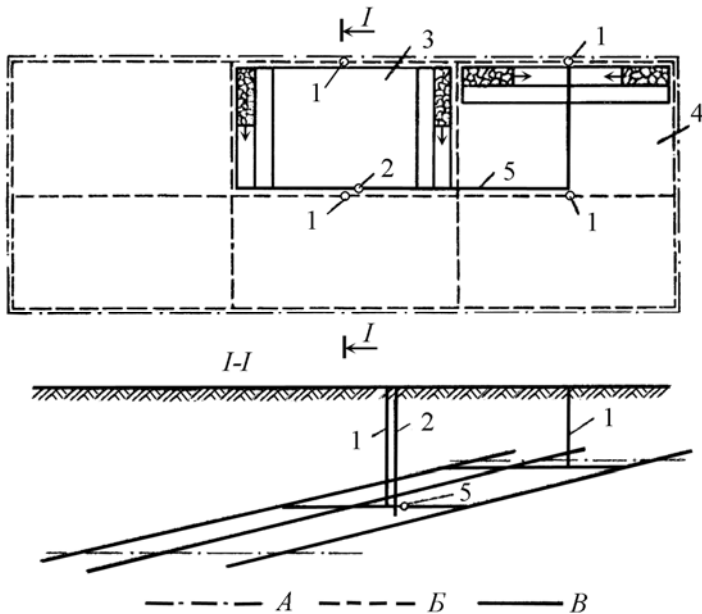


Рис. 5. Блоковое вскрытие шахтного поля

1 – блоковый ствол; 2 – транспортный ствол; 3 – блок с горизонтной подготовкой;
4 – блок с панельной подготовкой; 5 – магистральный штрек; А и В – границы шахтного поля и блоков; В – трасса подготавливающих выработок

стей. Каждый блок обслуживают два вентиляционных ствола, а уголь из всех блоков доставляют к одному главному стволу шахты.

Горизонты вскрытия и блоки, в свою очередь, разделяют на более мелкие части, определяющие способ подготовки шахтного поля (горизонта): этажи, панели или горизонты подготовки (рис. 6, 7).

Этаж - это часть шахтного поля (горизонта вскрытия), имеющая общие с ним границы по простиранию. Этаж обслуживают этажные штреки. При поэтажном вскрытии шахтного поля понятия этажа и горизонта вскрытия совпадают.

Панель – это часть горизонта вскрытия или вентиляционного блока, состоящая из группы выемочных участков, вытянутых по простиранию и обслуживаемых общими наклонными выработками (бремсбергами, уклонами).

Горизонт подготовки - это часть горизонта вскрытия или блока (может быть целый блок), которую обрабатывают лавами,

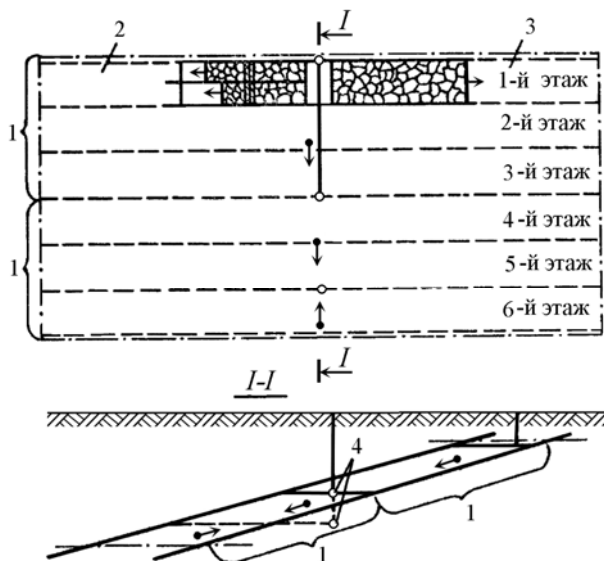


Рис. 6. Деление горизонта вскрытия на этажи

1 – горизонт вскрытия; 2 – крыло этажа с делением на подэтажи; 3 – крыло этажа без деления на подэтажи; 4 – околоствольный двор

движущимися по падению, либо по восстанию.

Горизонты вскрытия, горизонты подготовки, панели и этажи для концентрации работ могут быть объединены в группы для одновременно разрабатываемых пластов – потенциальных объектов групповой подготовки.

Одновременная оценка основных составляющих системы «шахта» требует создания сложной многомерной модели, на исследование которой нужно затрачивать много времени, так что анализ полученных при этом результатов, особенно на стадии анализа эффективности горного производства, будет затруднен.

Выбор способа деления шахтного поля на части тесно связан с выбором не только состава и структуры сети выработок, но и типа

транспорта, схемы вентиляции и даже системы разработки, иначе говоря, с созданием "образа" функционирующей шахты.

Поэтому целесообразным представляется поэтапный подход

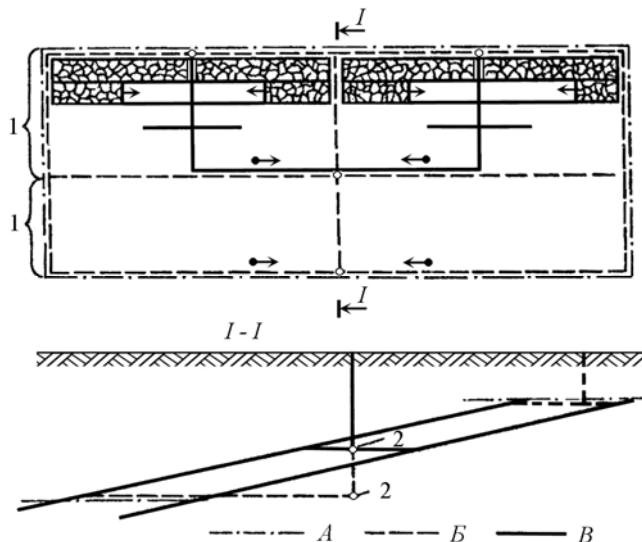


Рис. 7. Деление горизонта вскрытия на панели

1 – горизонт вскрытия; 2 – околостольный двор; А и Б – границы шахтного поля и панелей;
В – трасса горных выработок

к выбору решений проекта шахты.

Алгоритм задачи “Деление шахтного поля на части” предусматривает расчеты следующих параметров:

1. Срок отработки горизонта вскрытия (параметры всех горизонтов приняты одинаковыми):

$$T_{\text{гор}} = \frac{T_{\text{ш}}}{n_{\text{гор}}} = \frac{Q_{\text{ш}}}{A_{\text{ш}} n_{\text{гор}}};$$

2. Максимальное число лав, которые необходимо разместить на пласте для надежного обеспечения производственной мощности шахты (принято, что нагрузки на очистные забои пропорциональны мощности пластов):

$$n_{л} = \frac{A_{ш}}{A_{ср}} k_p \frac{m_{б}}{m_{гр}},$$

где $A_{ср}$ – средняя по выемочному полю нагрузка на очистной забой; k_p – коэффициент резерва производственной мощности шахты; $m_{б}$ – мощность базового пласта (для которого определена нагрузка на очистной забой); $m_{гр}$ – суммарная мощность пластов группы).

3. Расчет производственной мощности шахты по методике А.С. Малкина [5].

Исходные данные задачи «Деление шахтного поля на части»:

| | |
|---|--------|
| 1. Угол падения пластов α , градус | 12° |
| 2. Производственная мощность шахты $A_{ш}$, млн.т/год | 2,1 |
| 3. Глубина верхней границы шахтного поля $H_{в}$, м | 50 |
| 4. Число горизонтов вскрытия $n_{гор}$ | 2 |
| 5. Размер шахтного поля по падению $H_{ш}$, м | 3320 |
| 6. Промышленные запасы шахтного поля $Q_{ш}$, млн.т | 158,4 |
| 7. Средняя нагрузка на базовый очистной забой $A_{ср}$, т/сутки | 1100 |
| 8. Коэффициент влияния средней нагрузки на очистной забой на годовую мощность шахты Ψ ($\Psi = 0,0006$ для Донецкого, $\Psi = 0,0016$ для Кузнецкого, $\Psi = 0,0009$ для Печорского и Карагандинского бассейнов) | 0,0006 |
| 9. Коэффициент резерва очистных забоев k_p | 1,2 |
| 10. Число пластов в шахтном поле $n_{пл}$ | 5 |
| 11. Суммарная мощность пластов $m_{сум}$, м | 7,83 |
| 12. Мощность пластов $m_{срi}$, м: | |
| $m_{ср1}$ | 1,2 |
| $m_{ср2}$ | 1,3 |
| $m_{ср3}$ | 2,51 |
| $m_{ср4}$ | 1,0 |
| $m_{ср5}$ | 1,82 |
| 13. Число пластов, принятых к одновременной обработке $n_{од}$ | 2 |
| 14. Индекс базового пласта i | 1 |
| 15. Индексы пластов, принятых к одновременной обработке $I(k): I(1)$ | 1 |
| $I(2)$ | 2 |
| 16. Мощность междупластий M_i , м: M_{1-2} | 20 |
| M_{2-3} | 40 |
| M_{3-4} | 25 |
| M_{4-5} | 30 |

Выходные данные программы: расчетная производственная мощность шахты A_p , млн.т/год; максимальное число лав на пласте $n_{л}$; срок отработки горизонта $T_{гор}$, годы; наклонная высота горизонта $H_{гор}$; мощность базового пласта $m_{б}$, м.

При анализе результатов следует сопоставить заданную и рекомендуемую производственные мощности шахты, рассчитанный и рекомендуемый сроки службы горизонта, а также оценить трудности, могущие возникнуть при размещении необходимого числа лав. В случае неудовлетворенности результатами расчетов, следует вновь обратиться к программе, введя в неё измененные значения исходных данных. При работе с задачей рекомендуется разбить все пласты в пределах горного отвода на группы, и работать с группами.

3. ФОРМИРОВАНИЕ СЕТИ ВЫРАБОТОК ШАХТЫ

Затраты на проведение и поддержание горных выработок зависят от состава и строения шахтной сети [2, 3, 5] и во многом влияют на себестоимость угля. Конструирование сети горных выработок аналогично решению задачи по раскройке шахтного поля, выбору типа вскрывающих выработок, их размещению в пласте и принятию решения об уровне группирования пластов.

Способ деления шахтного поля на части определяет местоположение возможных точек примыкания общешахтных выработок к участковым, накладывая определенный отпечаток на степень сложности сети [6, 9].

От взаимного положения вскрывающих выработок зависит степень разобшенности воздухоподающей и воздухоотводящей ветвей, т.е. от схемы проветривания шахты. Различают три схемы проветривания: центральную, отнесенную, фланговую (рис. 8).

Первая приводит к возвратноточному движению воздуха по двум направлениям, третья обеспечивает прямоточное движение воздуха, при второй - по одному из направлений движение воздуха прямоточное, а по другому – возвратноточное [8].

Уровень группирования определяет положение, которое занимают в структуре сети соединительные выработки, т.е. выработки, вскрывающие пласты в группе. Тип вскрывающих выработок детализирует конструкцию сети выработок, завершая ее пространственный образ.

Выбор оптимальной сети горных выработок шахты обычно осуществляется методом сравнения вариантов, число которых может

быть весьма велико, что требует выделения квазиоптимальных сетей, под которыми понимаются сети, имеющие минимальные объемы проходки.

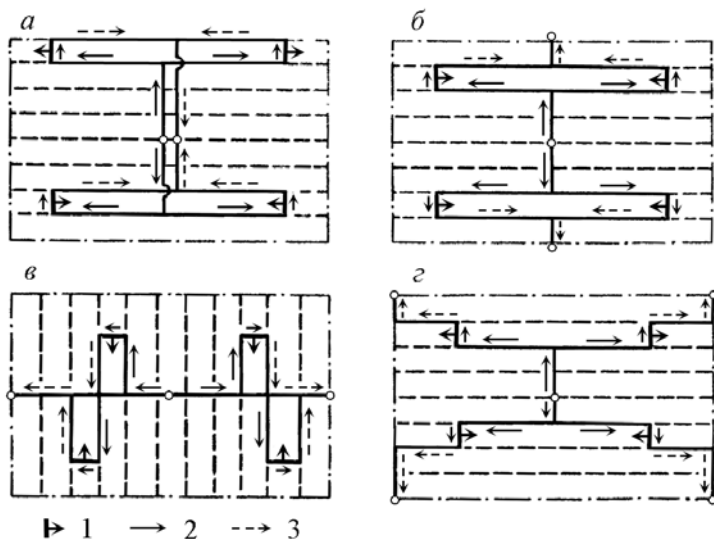


Рис. 8. Схемы расположения вентиляционных стволов: *а* – центральная; *б* и *в* – отнесенная (с расположением воздухоотводящих стволов соответственно по падению и по простиранию); *г* – фланговая
 1 – направление подвигания очистного забоя; 2 и 3 – свежая и исходящая струи воздуха

Предлагаемая математическая модель представляет собой матрицу, каждый из элементов которой соответствует одной выработке (табл. 1). Положение выработки в строке определяет ее название, а в столбце – назначение.

По назначению выработки классифицированы на 10 групп. Одна из строк матрицы "Уровень группирования" характеризует положение соединительных выработок в общей структуре.

Выделяют три уровня группирования пластов: нулевой, первый и второй. При нулевом уровне групповая подготовка пластов не производится. При первом уровне группирование пластов производится на выработки, подготавливающие горизонт при панельной и горизонтной подготовке (капитальные или горизонтные штреки) или

вскрывающие этаж при этажной подготовке шахтного поля (капитальные бремсберги и уклоны). При втором уровне группирования за групповые принимаются панельные и этажные выработки.

Таблица 1

Матрица сети горных выработок шахты

| № группы | Название выработки | Выработка (пример) | | |
|----------|-------------------------------|--------------------|-----------------|----------------|
| | | Главная | Вспомогательная | Дополнительная |
| 1 | Вскрытие первого горизонта | Вертикальный | Вертикальный | Нет |
| 2 | Вскрытие новых горизонтов | То же (углубка) | То же (углубка) | Нет |
| 3 | Вскрытие этажей горизонтов | Нет | Нет | Нет |
| 4 | Вскрытие групп пластов | Квершлаг | Квершлаг | Нет |
| 5 | Подготовка горизонтов | Штрек | Штрек | Нет |
| 6 | Подготовка этажей | Нет | Нет | Нет |
| 7 | Подготовка панелей | Бремсберг | Ходок | Ходок |
| 8 | Подготовка выемочных полей | Нет | Нет | Нет |
| 9 | Подготовка выемочных участков | Штрек | Штрек | Нет |
| 10 | Уровень группирования | Первый | Первый | Нулевой |
| 11 | Соединительные | Квершлаг | Квершлаг | Нет |

По назначению выработки разделяют: главные, вспомогательные и дополнительные. Главными считают выработки, по которым транспортируется уголь, вспомогательными – выработки, обеспечивающие выполнение других функций, а дополнительными – выработки, которые нужно проходить параллельно главным и вспомогательным, если последние не могут выполнить все функции, необходимые для деятельности шахты.

Исходные данные для моделирования сети выработок шахты:

| | |
|---|------|
| 1. Угол падения пластов, градусы..... | 12° |
| 2. Глубина верхней границы шахтного поля H_v , м | 50 |
| 3. Размер шахтного поля вкрест простирания по нормали к напластованию $M_{нор}$, м | 115 |
| 4. Размер шахтного поля по падению $H_{ш}$, м | 3327 |
| 5. Производственная мощность шахты $A_{ш}$, млн.т/год | 2,1 |
| 6. Число пластов в одновременной отработке (группе) $n_{гр}$ | 2 |

| | |
|---|----|
| 7. Мощность междупластья группы $M_{гр}$, м | 35 |
| 8. Тип вскрытия шахтного поля: 1 - одногоризонтное, 2 - погоризонтное, 3 - поэтажное вскрытие | 2 |
| 9. Число горизонтов вскрытия $n_{гор}$ | 2 |
| 10. Способ подготовки шахтного поля (горизонта вскрытия): 1 - этажный, 2 - панельный, 3 - горизонтный | 2 |
| 11. Размещение стволов в шахтном поле: 1 - центральное, 2 - отнесенное, 3 - фланговое, 4 - блочное | 1 |
| 12. Наличие подэтажей при этажной подготовке шахтного поля (горизонта вскрытия): 1 - да, 2 - нет | 2 |
| 13. Тип вспомогательного транспорта: 1 - монорельсовый, 2 - рельсовый ... | 2 |
| 14. Наличие уклонных полей в шахтном поле: 1 - нет, 2 - да | 1 |

4. ПАРАМЕТРЫ СЕТИ ВЫРАБОТОК ШАХТЫ

Для проектирования сети выработок шахты необходимо знать параметры составляющих её элементов: ориентировку выработок в пространстве, объемы проходки и сроки службы выработок (рис. 9 – 15). Эти значения возможно получить после детальной про-

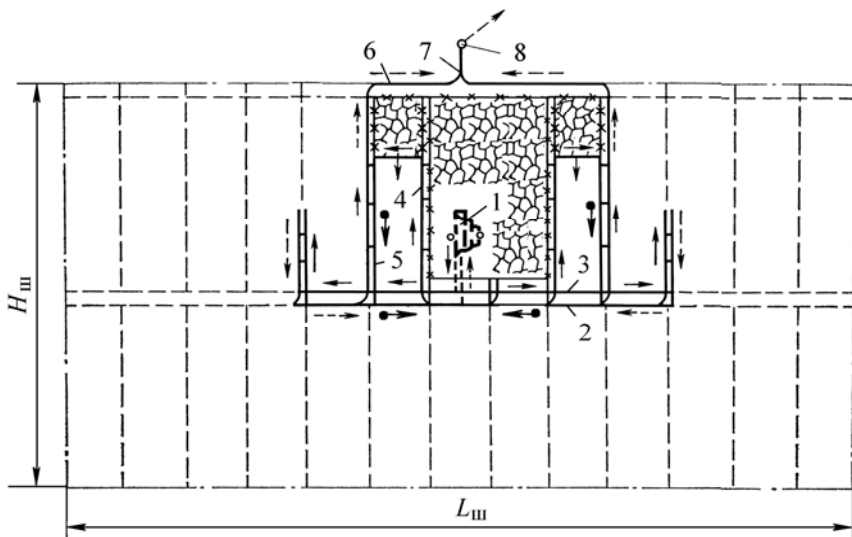


Рис. 9. Схема горизонтальной подготовки шахтного поля

1 – околоствольный двор; 2, 3 – главные откаточный и вентиляционный штреки; 4, 5 - участковые вентиляционные ходок и бремсберг; 6, 7 – вентиляционные штрек и квершлаг; 8 - вентиляционный ствол (квершлаг)

работки проекта шахты в целом, в процессе чего последовательно рассчитывают нагрузки на очистные забои, выбирают транспортное оборудование, рассчитывают необходимое для проветривания количество воздуха, составляют календарный план вскрытия, подготовки и отработки, выполняют предварительный расчет деформаций выработок. Разумеется, в этих расчетах используют параметры горных выработок, которые принимают ориентировочно, с использованием аналогов – для эскизной проработки проекта.

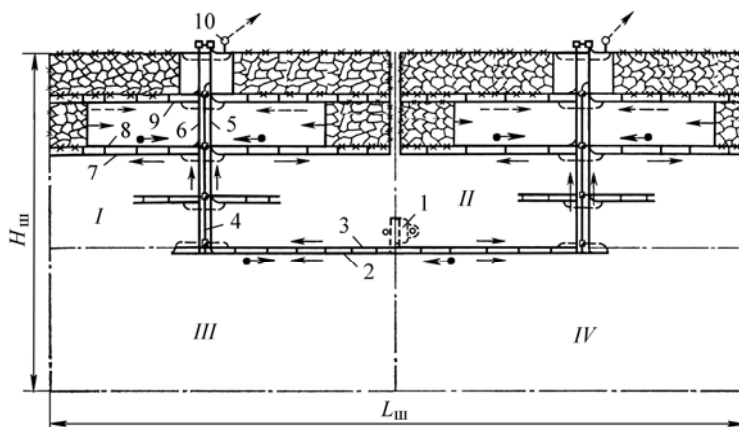


Рис. 10. Схема панельной подготовки шахтного поля

- 1 – околоствольный двор; 2, 3 – главные откаточный и вентиляционный штреки; 4 – панельный бремсберг; 5, 6 – грузовой и людской ходки панельного бремсберга; 7, 8, 9 – ярусные откаточный, конвейерный и вентиляционный штреки; 10 – панельный квершлаг (ствол, шурф)

Исходными данными для определения параметров сети выработок могут служить эскиз структуры сети или её состав по выходным данным программы «Формирование сети горных выработок шахты» (см. табл. 1), а также следующие дополнительные данные:

| | |
|--|------|
| 1. Угол падения пластов α , градус..... | 12° |
| 2. Глубина верхней границы шахтного поля $H_{в}$, м..... | 50 |
| 3. Размер шахтного поля вкрест простирания по нормали к напластованию $M_{нор}$, м..... | 115 |
| 4. Размер шахтного поля по падению $H_{ш}$, м..... | 3327 |
| 5. Производственная мощность шахты $A_{ш}$, млн.т/год..... | 2,1 |
| 6. Мощность междупластья базовой группы $M_{гр}$, м..... | 35 |
| 7. Число горизонтов вскрытия $n_{гор}$ | 2 |
| 8. Способ подготовки шахтного поля: 1 - этажный, 2 - панельный, 3 - | 2 |

| | | |
|--|------|--|
| горизонтный | | |
| 9. Размер шахтного поля по простиранию $L_{ш}$, м | 5200 | |
| 10. Срок службы шахты $T_{ш}$, годы | 50 | |
| 11. Расход воздуха для проветривания шахты $Q_{в}$, m^3/c | 50 | |
| 12. Число вентиляционных блоков по простиранию $n_{бл.пр.}$ | 1 | |
| 13. Число панелей в шахтном поле по простиранию пласта $n_{пан}$ | 4 | |
| 14. Наклонная высота этажа (яруса) или ширина столба выемочного участка при погоризонтной подготовке шахтного поля h_3 , м | 200 | |
| 15. Длина выемочного участка $l_{в.у.}$, м | 1000 | |

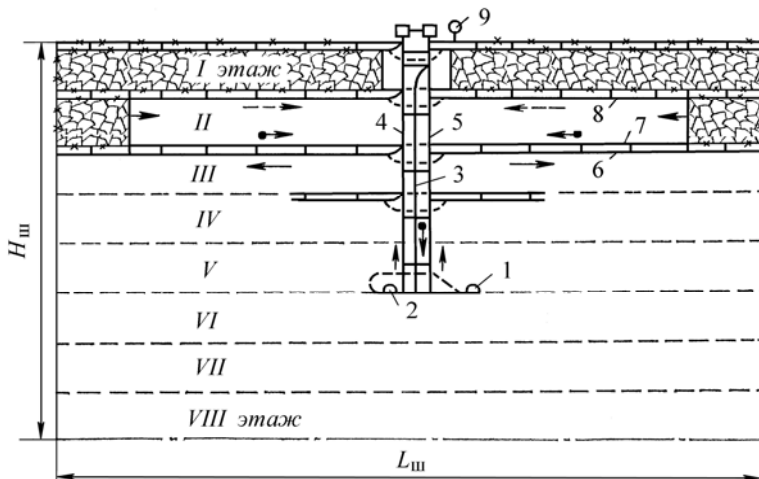


Рис. 11. Схема этажной подготовки шахтного поля

1, 2 – капитальные откаточный и вентиляционный квершлаг; 3 – капитальный бремсберг; 4, 5 – людской и грузовой ходки капитального бремсберга; 6, 7, 8 – этажные откаточный, конвейерный и вентиляционный штреки; 9 – вентиляционный шурф (квершлаг, ствол)

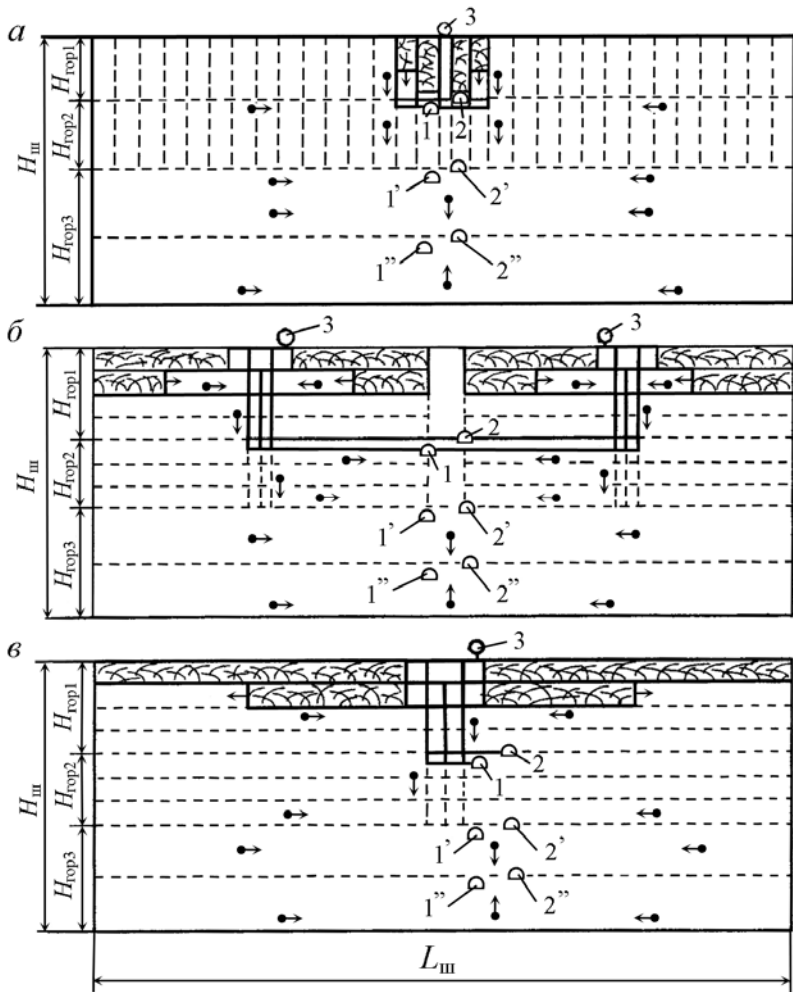


Рис. 12. Деление горизонтов вскрытия шахтного поля на горизонты подготовки (а), панели (б) и этажи (в) при погоризонтном типе вскрытия шахтного поля 1 и 2 – главная и вспомогательная вскрывающие выработки; 3 – вентиляционная выработка; 1', 1'' и 2', 2'' –соответствующие выработки при вскрытии новых горизонтов

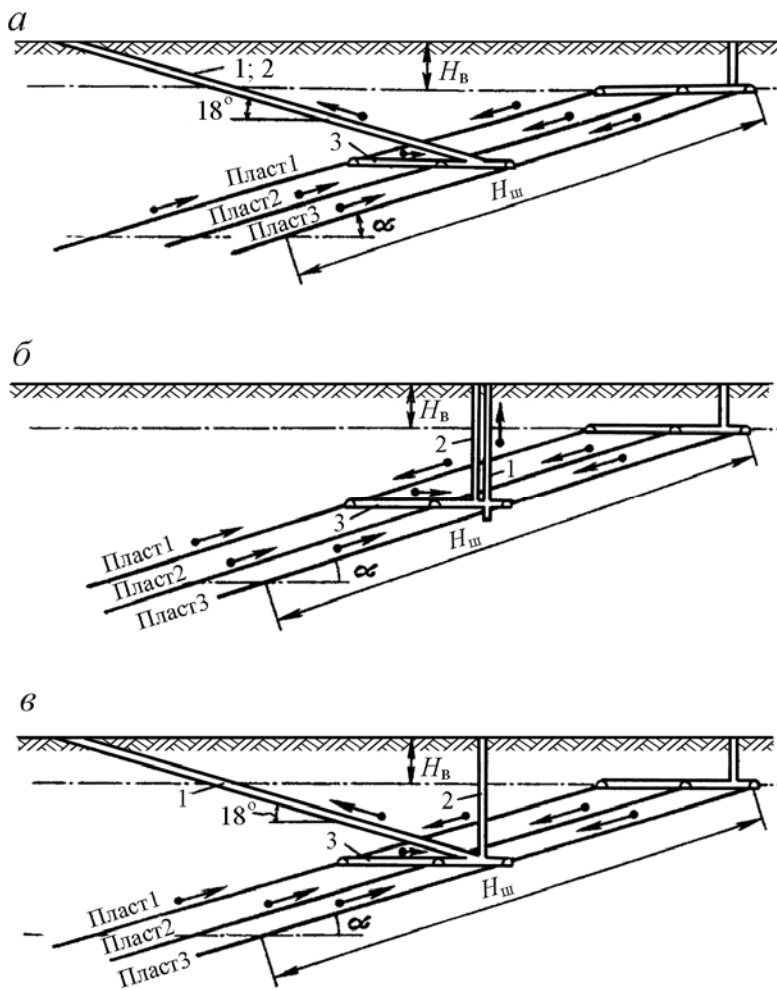


Рис. 13. Одногоризонтный тип вскрытия пластов: а, б и в – наклонными, вертикальными стволами и комбинированный
 1 и 2 – главный и вспомогательный стволы; 3 – капитальный квершлаг; H_B – глубина верхней границы шахтного поля; α – угол падения пластов; $H_ш$ – размер шахтного поля по падению

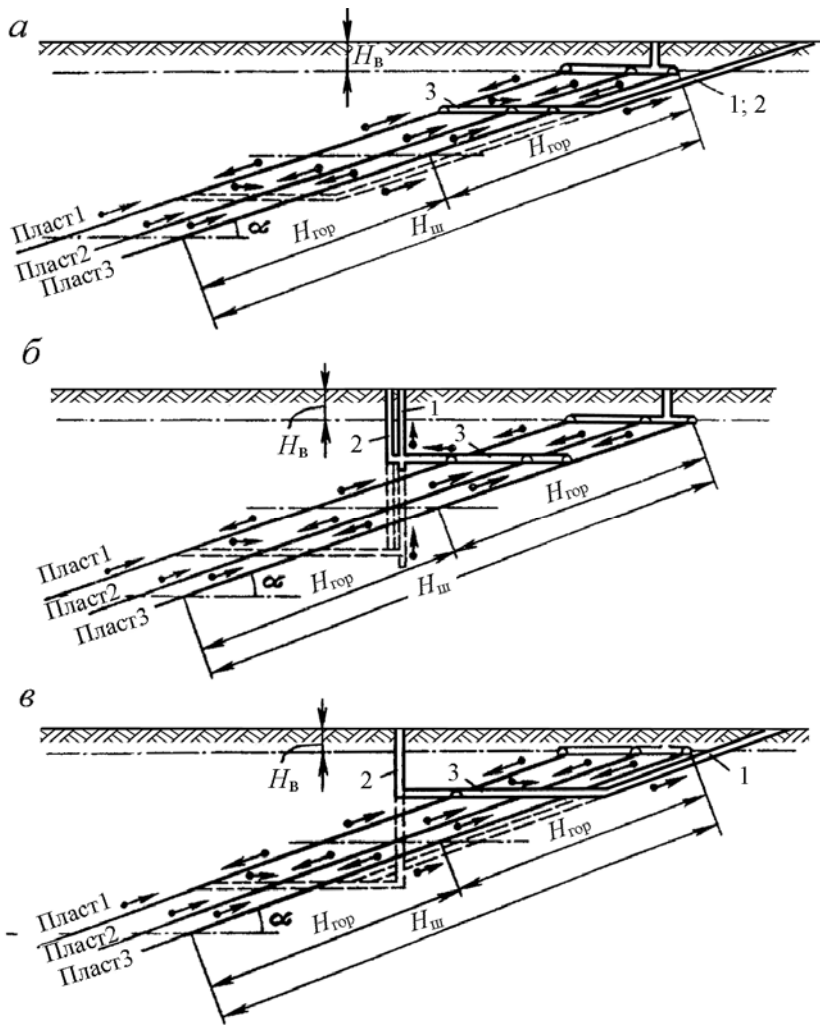


Рис. 14. Погоризонтный тип вскрытия пластов: а, б и в – наклонными, вертикальными стволами и комбинированный
 1 и 2 – главный и вспомогательный стволы, 3 – горизонтный квершлаг, H_B – глубина верхней границы шахтного поля, α – угол падения пластов, $H_{гор}$ – наклонная высота горизонта вскрытия, $H_ш$ – размер шахтного поля по падению

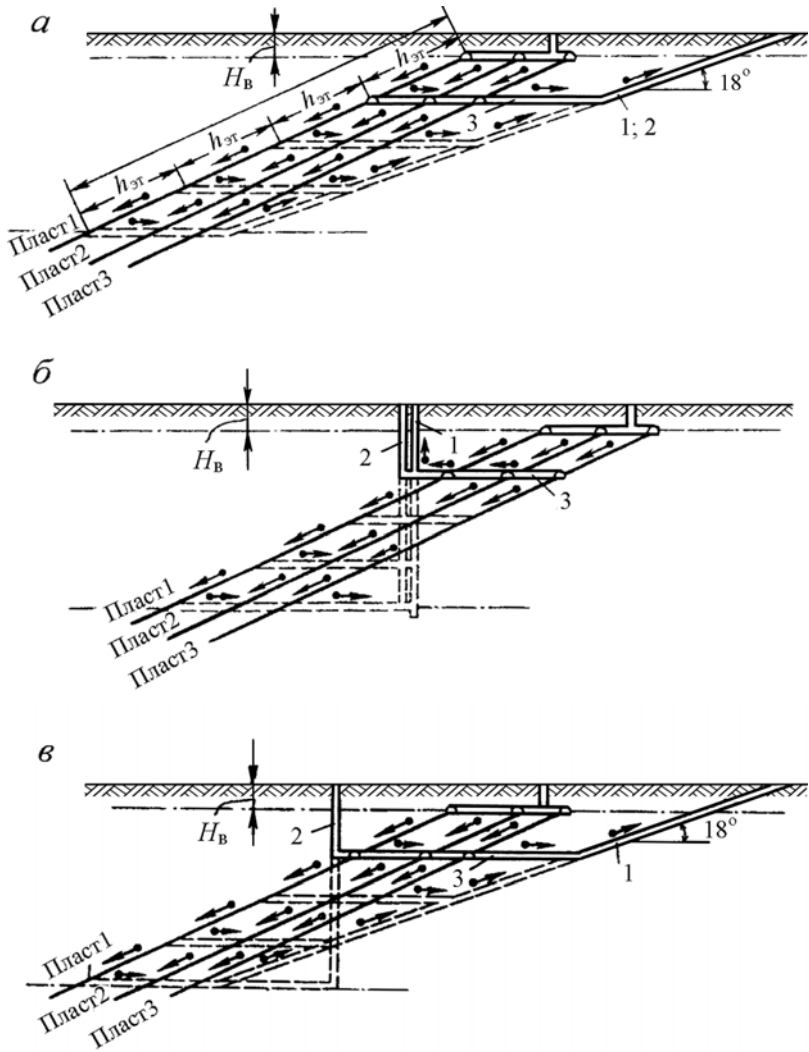


Рис. 15. Позэтажный тип вскрытия пластов:
а, б и в – наклонными, вертикальными стволами и комбинированный
 1 и 2 – главный и вспомогательный стволы; 3 – этажный квершлаг; $H_{\text{в}}$ – глубина верхней
 границы шахтного поля

Программа выполняет преобразование таблицы структуры выработок в таблицу параметров сети выработок (табл. 2) или в матрицу, каждая из строк которой соответствует одной выработке, а каждая графа - ее характеристике. В ходе преобразования матрицы производится упорядочение сети путем помещения соединительных выработок на ту позицию, которую она должна занимать в соответствии с назначенным уровнем группирования.

Таблица 2

Выходные параметры программы “Параметры сети выработок шахты”
(пример)

| Номер группы выработок (см. табл. 1) | Выработка | Тип выработки *) | τ | β | Сечение в свету, м ² | Длина, м | Срок службы, годы |
|--------------------------------------|-----------|------------------|--------|---------|---------------------------------|----------|-------------------|
| 1 | Ствол | 1 | 90° | 90° | 38,5 | 310 | 50,0 |
| 1 | Ствол | 1 | 90 | 90 | 44,0 | 310 | 50,0 |
| 4 | Квершлаг | 2 | 0 | 90 | 16,0 | 2180 | 25,0 |
| 4 | Квершлаг | 2 | 0 | 90 | 17,0 | 553 | 25,0 |
| 5 | Штрек | 3 | 0 | 0 | 15,0 | 3200 | 25,0 |
| 5 | Штрек | 3 | 0 | 0 | 15,0 | 3000 | 25,0 |
| 11 | Квершлаг | 2 | 0 | 90 | 12,0 | 168 | 25,0 |
| 11 | Квершлаг | 2 | 0 | 90 | 12,0 | 168 | 25,0 |
| 7 | Бремсберг | 3 | 12 | 90 | 15,0 | 1465 | 12,5 |
| 7 | Ходок | 3 | 12 | 90 | 15,0 | 1665 | 12,5 |
| 7 | Ходок | 3 | 12 | 90 | 15,0 | 1665 | 12,5 |
| 9 | Штрек | 3 | 0 | 0 | 12,0 | 1200 | 1,0 |
| 9 | Штрек | 3 | 0 | 0 | 12,0 | 1200 | 1,0 |
| 2 | Ствол | 2 | 90 | 90 | 38,5 | 345 | 25,0 |
| 2 | Ствол | 2 | 90 | 90 | 44,0 | 345 | 25,0 |

*) 1, 2 и 3 – выработки общешахтная, горизонтная и участковая, соответственно.

Выработки по типу подразделяют на общешахтные, горизонтные и участковые. К первым отнесены выработки, обслуживающие все запасы шахтного поля, ко вторым - выработки, обслуживающие запасы горизонта вскрытия, а к третьим - выработки, обслуживающие запасы выемочного поля или участка.

Угол наклона выработки к горизонту τ и угол ее встречи с линией простирания β рассматриваются как геометрическое отобра-

жение названия выработки и характеризуют потенциальные возможности применения того или иного вида транспорта.

В исходных данных расход воздуха для проветривания шахты по газовому фактору можно определить ориентировочно:

$$Q_{\text{в}} = N_{\text{в}} A_{\text{с}} k_3 / 60,$$

где $N_{\text{в}}$ - норма воздуха на 1 т суточной добычи, равная 1; 1,25 и 1,5 м³/мин соответственно для шахт I, II или III категории по газу; $A_{\text{с}}$ - суточная добыча шахты, т; k_3 - коэффициент, учитывающий общешахтные утечки воздуха и дополнительный расход воздуха для обособленного проветривания камер, $k_3 = 1,1 \dots 1,5$.

Расход воздуха для проветривания шахты по негазовым факторам принимается по наибольшему значению для следующих потребителей воздуха:

1. По наибольшему числу людей $N_{\text{л}}$, одновременно находящихся в шахте:

$$Q_{\text{д}} = 6 N_{\text{л}} / 60.$$

2. По газам, образующимся при взрывных работах, где суммируют расходы воздуха на работы в отдельных выработках: лавы, камеры или тупиковые выработки, соответственно:

$$Q_{\text{д}} = \frac{0,587}{T} \sqrt{BV} ; \quad Q_{\text{д}} = \frac{0,438}{T} \sqrt{BV^2} ;$$

$$Q_{\text{д}} = \frac{0,0375}{T} \sqrt[3]{V_{\text{вв}} S^2 l_{\text{п}}^2 k_{\text{обв}} / k_{\text{уг}}^2},$$

где T — продолжительность проветривания, мин; B — масса одновременно взрываемого ВВ, кг; V — максимальный проветриваемый объем выработки, м³; $V_{\text{вв}}$ — объем ядовитых газов, образующихся после взрыва ВВ, л:

$$V_{\text{вв}} = 100 A_{\text{уг}} + 40 A_{\text{пор}} ;$$

$A_{\text{уг}}$ и $A_{\text{пор}}$ — масса одновременно взрываемого ВВ по углю и по породе соответственно, кг; S — площадь сечения выработки в свету, м²; $l_{\text{п}}$ — проектная или критическая длина выработки, м; $k_{\text{обв}}$ — коэффициент, учитывающий обводненность выработки, при проведении выработки по сухим породам $k_{\text{обв}} = 0,8$, частично по водоносным

породам $k_{\text{обв}} = 0,6$, по водоносным породам $k_{\text{обв}} = 0,3$; $k_{\text{ут}}$ — коэффициент утечек воздуха в вентиляционном трубопроводе.

3. По выхлопным газам двигателей внутреннего сгорания (ДВС):

$$Q_{\text{д}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{д}}} B_{\text{mi}} N_{\text{di}} / 60 ,$$

где $n_{\text{д}}$ — число одновременно работающих в шахте машин с ДВС; $N_{\text{д}}$ — номинальная мощность ДВС, кВт; $B_{\text{м}}$ — норма расхода воздуха на 1 кВт мощности ДВС, м³/мин, для бензиновых двигателей $B_{\text{м}} = 8,2$ м³/мин, для дизельных ДВС $B_{\text{м}} = 6,8$ м³/мин.

4. По тепловому фактору:

$$Q_{\text{д}} = T_{\text{общ}} / [3600 \rho c_{\text{y}} (t_{\text{y}} - t_{\text{п}})] ,$$

где $T_{\text{общ}}$ — общее тепловыделение в выработку, кДж/ч; ρ — плотность воздуха, кг/м³; c_{y} — удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·с); t_{y} и $t_{\text{п}}$ — температура воздуха, выходящего из выработки и поступающего в выработку, соответственно.

Программа предназначена для *предварительного* выбора характеристик шахтной сети, которые следует уточнять с помощью программ "Параметры подъема по стволам", "Расход воздуха для проветривания шахты", "Депрессия шахты" до оценки вариантов сети выработок по экономическим факторам.

5. ОЦЕНКА ДЕПРЕССИИ ШАХТЫ

Основные решения проекта шахты, принимаемые в процессе создания ее исходной модели – “образа”, должны быть проверены на соблюдение системных ограничений. Одним из таких ограничений является депрессия шахты, максимальное значение которой задается нормативным документом «ВНТП 1-92 Временные нормы технологического проектирования угольных и сланцевых шахт»: 2000 Па для шахт, разрабатывающих мощные пласты самовозгорающегося угля, 3000 Па для обычных шахт и 4500 Па для шахт, опасных по выделению метана при производительности 4000 и более тонн в сутки.

Программа “Оценка депрессии шахты” позволяет произвести ориентировочный расчет депрессии при указанных ограничениях. Здесь реальная цепь выработок максимальной депрессии заменена восьмью подготовительными выработками, объединёнными в четыре пары по признаку пространственной ориентации, и очистным забоем.

Депрессия каждой выработки:

$$h = \frac{\alpha k_{\phi} Q^2 l}{S^{2,5}},$$

где α – коэффициент аэродинамического сопротивления трению воздуха; k_{ϕ} – коэффициент формы поперечного сечения горной выработки; Q – количество воздуха, проходящего по выработке в единицу времени; l – длина выработки; S – сечение выработки в свету.

Максимальная длина выработки определяется ее ориентацией в пространстве, геометрией шахтного поля, его размерами и схемой проветривания шахты. Длина выработок первой пары (стволы и шурфы) определяется глубиной горизонта вскрытия и размещением этих выработок в шахтном поле. Длина второй пары выработок (квершлаг, гезенки), вскрывающих пласты, зависит от размера шахтного поля вкрест простирания. Длина выработок третьей пары (наклонные выработки – наклонные стволы, бремсберги, уклоны и ходки) определяется размерами шахтного поля по падению или наклонной высотой горизонта вскрытия. Длина выработок четвертой пары (штреки) зависит от длины шахтного поля по простиранию.

Количество воздуха, проходящего по выработке, прямо пропорционально грузопотоку угля, проходящему по этой выработке, и рассчитывается через метанообильность шахты.

Сечение каждой выработки зависит прежде всего от ее типа и назначения, и принимается типовым.

Значения коэффициента аэродинамического сопротивления трению воздуха α и коэффициента формы поперечного сечения выработки k_{ϕ} зависят только от вида крепи и формы поперечного сечения; в программе они приняты для типовых видов крепи.

Исходные данные программы “Оценка депрессии шахты”:

| | |
|--|------|
| 1. Угол падения пластов, градусы | 12° |
| 2. Производственная мощность шахты $A_{ш}$, млн.т/год | 2,1 |
| 3. Размер шахтного поля по простиранию $L_{ш}$, м | 5200 |
| 4. Размер шахтного поля вкрест простирания по нормали к напластованию $M_{нор}$, м | 115 |
| 5. Глубина верхней границы шахтного поля $H_{в}$, м | 50 |
| 6. Число горизонтов вскрытия $n_{гор}$ | 2 |
| 7. Способ вскрытия шахтного поля: 1 – наклонными стволами, 2 – вертикальными стволами, 3 – комбинированный | 2 |
| 8. Размещение стволов в шахтном поле: 1 – центральное, 2 - отнесенное, 3 – фланговое, 4 – блочное | 1 |
| 9. Способ подготовки шахтного поля (горизонта вскрытия): 1 - этажный, 2 - панельный, 3 - горизонтный | 2 |
| 10. Тип дополнительных вскрывающих выработок: 1 – гезенки, 2 – квершлагги | 2 |
| 11. Размер шахтного поля по падению $H_{п}$, м | 3327 |
| 12. Газообильность базового пласта $q_б$, м ³ /т | 6 |
| 13. Индекс базового пласта $i_б$ | 1 |
| 14. Средняя по выемочному полю нагрузка на очистной забой базового пласта $A_{ср}$, т/сутки | 900 |
| 15. Максимальное число лав, работающих на базовом пласте, $n_л$ | 4 |
| 16. Схема проветривания горизонта вскрытия: 1 – прямоточная, 2 – возвратночная | 2 |
| 17. Число вентиляционных блоков в работе $n_{бл}$ | 1 |
| 18. Число вентиляционных блоков по простиранию пласта $n_{бл.пр}$ | 1 |
| 19. Число рядов вентиляционных блоков по падению пласта $n_{р.бл}$ | 1 |
| 20. Наличие уклонных полей в шахтном поле: 1 - нет, 2 - да | 1 |
| 21. Подготовка пластов: 1 – индивидуальная, 2 – групповая | 2 |

Пример выходных данных работы программы приведен в табл.3. Анализируя результаты расчетов, следует оценить приемлемость основных решений проекта, прежде всего - размещение вентиляционных стволов и схему проветривания горизонта вскрытия.

Таблица 3

Выходные параметры программы “Оценка депрессии шахты”

| Выработка | Сечение в свету S , м ² | Длина l , м | Скорость движения воздуха $v_{в2}$, м/с | Депрессия $h_{в}$, Па |
|--------------|--------------------------------------|---------------|--|------------------------|
| 1. Ствол | 30 | 511 | 2 | 180 |
| 2. Квершлаг | 16 | 1977 | 2 | 740 |
| 3. Штрек | 15 | 2600 | 2 | 1140 |
| 4. Наклонная | 16 | 1109 | 2 | 350 |
| 5. Наклонная | 16 | 1109 | 2 | 350 |
| 6. Штрек | 12 | 2600 | 3 | 1990 |
| 7. Квершлаг | 12 | 277 | 3 | 270 |
| 8. Ствол | 300 | 511 | 2 | 180 |

Примечание. Максимальная расчетная депрессия шахты 5750 Па.

6. ОПТИМИЗАЦИЯ СЕЧЕНИЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

В тех случаях, когда депрессия шахты превышает допустимую, необходимо принимать меры к ее снижению. Это может быть достигнуто изменением размещения вентиляционных стволов (изменением суммарной длины выработок вентиляционного направления), деконцентрацией горных работ (изменением количества воздуха, проходящего по выработке, за счет снижения нагрузки, приходящейся на нее), снижением коэффициента аэродинамического сопротивления стенок выработок, увеличением их сечения. Целесообразность использования первых трех приёмов можно оценить методом сравнения вариантов. Снижение депрессии за счет увеличения сечения выработок – это оптимизационная задача, точное решение которой с использованием неопределенных множителей Лагранжа по методике К.И. Татомира [10] весьма громоздко и требует большого объема исходной информации.

Математическая модель оптимизации сечений горных выработок в вентиляционной сети шахты, рассматриваемая в данном разделе, базируется на приближенном методе решения задачи, разработанном М.И. Устиновым [2, 9]. Суть метода состоит в следующей предпосылке: если депрессия шахты превышает максимально допустимое значение, изменять ее целесообразно за счет выработки

в вентиляционной цепи, имеющей наибольшее значение произведения $D_i k_{ci}$:

$$D_i = \alpha_i k_{\phi i} l_i Q_i^2,$$

(здесь α – коэффициент аэродинамического сопротивления трению воздуха в i -той выработке, k_{ϕ} – коэффициент формы поперечного сечения i -той выработки, l – длина i -той выработки, Q – расход воздуха в i -той выработке), k_c – коэффициент уровня затрат на сооружение 1 м³ i -той выработки.

Площадь поперечного сечения i -той выработки определяют:

$$S_{\text{опт}i} = 2,5 \sqrt{\frac{D_i}{h_i}},$$

где h – депрессия i -той выработки.

Исходные данные к программе “Оптимизация сечений горных выработок”:

| | |
|---|-------------|
| 1. Количество выработок цепи максимальной депрессии n_b | 8 |
| 2. Коэффициент формы поперечного сечения выработки $k_{\phi i}$ | табл. 4 |
| 3. Коэффициент аэродинамического сопротивления выработки α_i , Н·с ² /м ⁴ | см. табл. 4 |
| 4. Длина выработки l_i , м | см. табл. 4 |
| 5. Расход воздуха в выработке, м ³ /с | см. табл. 4 |
| 6. Площадь поперечного сечения выработки S_i , м ² | см. табл. 4 |
| 7. Коэффициент относительной стоимости сооружения 1 м ³ выработ- ки k_{ci} ($k_c = 0,25$ для стволов; $k_c = 0,5$ для квершлаггов; $k_c = 1$ для остальных выработок) | см. табл. 4 |
| 8. Предельная депрессия шахты $h_{\text{пр}}$, Па | 2700 |
| 9. Депрессия очистного забоя $h_{\text{л}}$, Па | 200 |

В исходных данных площадь поперечного сечения выработки принимают с учетом необходимости размещения в ней транспортных средств, а в других случаях - согласно требованиями «Правил безопасности» [7]. Следовательно, если оптимальное сечение выработки S_o будет меньше необходимого, то компромисс достигается перераспределением сечений других горных выработках. Эти сечения S_k , определенные в соответствии с теорией, больше “оптимальных”. Укажем, что сечение очистного забоя в свету не может

быть оптимизировано, так как является конструктивным параметром механизированного комплекса и изменяется вместе с ним.

Таблица 4

Выходные параметры программы “Оптимизация сечений горных выработок” (пример)

| Номер выработки | k_{ϕ} | $\alpha, \text{H}\cdot\text{c}^2/\text{M}^4$ | $l, \text{м}$ | $Q, \text{M}^3/\text{с}$ | S_2, M^2 | k_c | S_{02}, M^2 | S_{k2}, M^2 |
|-----------------|------------|--|---------------|--------------------------|-------------------|-------|----------------------|----------------------|
| 1 | 4,0 | 0,020 | 200 | 200 | 38,5 | 0,25 | 39,32 | 112,29 |
| 2 | 4,0 | 0,020 | 50 | 100 | 16,0 | 0,5 | 5,65 | 16,12 |
| 3 | 3,8 | 0,018 | 100 | 50 | 15,0 | 1,0 | 3,78 | 15,00 |
| 4 | 3,9 | 0,017 | 1000 | 50 | 12,0 | 1,0 | 23,23 | 66,34 |
| 5 | 4,0 | 0,020 | 1000 | 25 | 12,0 | 1,0 | 8,91 | 25,43 |
| 6 | 3,9 | 0,018 | 1000 | 50 | 15,0 | 1,0 | 24,32 | 69,45 |
| 7 | 3,8 | 0,018 | 50 | 100 | 16,0 | 0,5 | 4,98 | 16,00 |
| 8 | 4,0 | 0,020 | 200 | 200 | 44,0 | 0,25 | 39,32 | 112,29 |

В общем случае, коэффициент формы поперечного сечения выработки:

$$k_{\phi} = P / \sqrt{S},$$

где P – периметр выработки; S – сечение выработки в свету.

Для выработок круглой и эллиптической формы можно принимать $k_{\phi} = 3,54$; для выработок сводчатой и арочной формы $k_{\phi} = 3,8$.

Коэффициенты аэродинамического сопротивления протяженных выработок можно принимать по таблицам 5-8.

Коэффициенты α для штрекообразных выработок, закрепленных бетоном, тюбингами или анкерами:

| <i>Крепь</i> | $\alpha, \text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$ |
|---|--|
| Монолитная бетонная (незаглаженный бетон) | 0,0024...0,0054 |
| Набрызгбетон | 0,018...0,021 |
| Анкерная | 0,008...0,016 |
| Железобетонные тюбинги ВНИИОМШСА | 0,009 |
| Гладкостенные тюбинги КузНИИШахтостроя | 0,004 |
| Кирпичная | 0,0029...0,0039 |

Таблица 5

Коэффициенты α для шахтных стволов, $\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$

| Диаметр ствола, м | Характеристика крепи | | |
|-------------------|----------------------|------------------|---------------|
| | Монолитный бетон | Тюбинги ВНИИОМШС | Тюбинги СТК |
| 6,0* | 0,013 | 0,021 | 0,026 |
| 5,0...8,0* | 0,024...0,031 | 0,027...0,040 | 0,038...0,045 |
| 4,5...7,0* | 0,032...0,029 | 0,044...0,041 | 0,051...0,047 |
| 6,5...8,0* | 0,031...0,027 | 0,041...0,038 | 0,049...0,044 |
| 6,5 | 0,021 | 0,028 | 0,031 |
| 5,5...8,0 | 0,024...0,022 | 0,027...0,025 | 0,037...0,033 |
| 6,5...8,0 | 0,025...0,024 | 0,028...0,027 | 0,038...0,036 |

Примечание. * - стволы с лестничным отделением

Таблица 6

Коэффициенты α для выработок, закрепленных бетоном и оборудованных ленточными конвейерами, $\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$

| Площадь поперечного сечения выработки, м^2 | Ширина ленты, мм | | |
|---|------------------|--------|--------|
| | 800 | 1000 | 1200 |
| 8 | 0,0178 | — | — |
| 10 | 0,0145 | 0,0190 | 0,0210 |
| 12 | 0,0120 | 0,0164 | 0,0176 |
| 14 | — | 0,0145 | 0,0150 |

Таблица 7

**Коэффициенты α для выработок, закрепленных арками из спецпрофиля,
 $H \cdot c^2/m^4$**

| Сечение выработки в свету, m^2 | Спецпрофиль | | | |
|--|----------------------------|--------|--------|--------|
| | СВП-17 | | СВП-27 | |
| | Расстояние между рамами, м | | | |
| | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 1,0 |
| 6,83 | 0,0155 | 0,0171 | 0,0164 | 0,0153 |
| 7,61 | 0,0154 | 0,0169 | 0,0164 | 0,0151 |
| 8,34 | 0,0152 | 0,0168 | 0,0163 | 0,0150 |
| 9,38 | 0,0151 | 0,0166 | 0,0160 | 0,0149 |
| 10,36 | 0,0149 | 0,0164 | 0,0158 | 0,0147 |
| 11,36 | 0,0149 | 0,0163 | 0,0156 | 0,0146 |
| 12,71 | 0,0147 | 0,0160 | 0,0155 | 0,0144 |
| 14,49 | 0,0143 | 0,0158 | 0,0152 | 0,0142 |
| 15,14 | 0,0143 | 0,0158 | 0,0152 | 0,0130 |
| 16,65 | 0,0140 | 0,0156 | 0,0151 | 0,0128 |

Таблица 8

**Коэффициенты α для выработок, закрепленных металлической крепью из
спецпрофиля типа СВП и оборудованных ленточными конвейерами, $H \cdot c^2/m^4$**

| Сечение выработки в свету, m^2 | Расстояние между рама- ми, м | Ширина ленты конвейера, мм | | |
|--|------------------------------------|----------------------------|-------|-------|
| | | 800 | 1000 | 1200 |
| 6 | 0,5 | 0,031 | 0,023 | 0,021 |
| | 0,75 | 0,030 | 0,021 | 0,019 |
| | 1,0 | 0,027 | 0,018 | 0,017 |
| 8 | 0,5 | 0,024 | 0,021 | 0,017 |
| | 0,75 | 0,023 | 0,021 | 0,014 |
| | 1,0 | 0,020 | 0,015 | 0,022 |
| 10 | 0,5 | 0,019 | 0,028 | 0,032 |
| | 0,75 | 0,018 | 0,026 | 0,029 |
| | 1,0 | 0,016 | 0,023 | 0,025 |
| 12 | 0,5 | 0,017 | 0,026 | 0,028 |
| | 0,75 | 0,015 | 0,024 | 0,025 |
| | 1,0 | 0,014 | 0,021 | 0,022 |
| 14 | 0,5 | 0,021 | 0,022 | 0,019 |

Окончание таблицы 8

| Сечение выработки в свету, м ² | Расстояние между рама- ми, м | Ширина ленты конвейера, мм | | |
|---|------------------------------------|----------------------------|-------|-------|
| | | 800 | 1000 | 1200 |
| 15 | 0,75 | 0,020 | 0,019 | 0,016 |
| | 1,0 | 0,018 | 0,016 | 0,014 |
| | 0,5 | 0,024 | 0,021 | 0,017 |
| | 0,75 | 0,023 | 0,021 | 0,015 |
| | 1,0 | 0,020 | 0,015 | 0,015 |

7. ОЦЕНКА СРОКА СТРОИТЕЛЬСТВА ШАХТЫ

Алгоритм программы предусматривает:

1. Представление сети первого горизонта в виде упорядоченного множества из 18 элементов (восемь из них служат для вскрытия, семь для подготовки шахтного поля и три для подготовки и отработки выемочного участка).

2. Расчет пространственно-временных характеристик каждой из выработок, исходя из геометрии шахтного поля и нормативных документов по скорости их проходки.

3. Выдачу на монитор компьютера промежуточных результатов - характеристик выработок сети (табл. 9) – для анализа ситуации, назначения им критического пути строительства и ввода решения в виде числа и размеров последовательно проводимых выработок (табл. 10).

Таблица 9

Характеристики выработок сети шахты

| Выработка | Тип (масштаб) | Длина, м | Скорость проходки, м/месяц | Продолжительность проходки, месяцы |
|---------------------------------------|---------------|----------------------|----------------------------|------------------------------------|
| 1. Скиповой ствол | Общешахтный | 311 | 33 | 9 |
| 2. Клетевой ствол | Общешахтный | 311 | 33 | 9 |
| 3. Наклонный ствол вкрест простирания | Общешахтный | 0 | 80 | 0 |
| 4. Наклонный ствол пластовый | Общешахтный | 0 | 90 | 0 |
| 5. Вентиляционный ствол | Общешахтный | 0 | 50 | 0 |
| 6. Околоствольный двор | Общешахтный | 29725 м ³ | 750 | 40 |
| 7. Шурф | Общешахтный | 0 | 50 | 0 |
| 8. Бремсберг | Общешахтный | 0 | 100 | 0 |
| 9. Откаточный квершлаг | Горизонтный | 653 | 110 | 5 |
| 10. Гезенк | Горизонтный | 0 | 90 | 0 |
| 11. Откаточный штрек | Горизонтный | 1500 | 160 | 9 |
| 12. Бремсберг | Горизонтный | 1200 | 100 | 12 |
| 13. Вентиляционный квершлаг | Горизонтный | 553 | 110 | 5 |
| 14. Гезенк | Горизонтный | 0 | 100 | 0 |
| 15. Вентиляционный штрек | Горизонтный | 1500 | 160 | 9 |
| 16. Откаточный штрек (ходок) | Участковый | 1000 | 110 | 9 |
| 17. Вентиляционный штрек (ходок) | Участковый | 1000 | 110 | 9 |
| 18. Разрезная печь (просек) | Участковый | 200 | 100 | 2 |

Примечание. Скорость сооружения околоствольного двора 750 м³/месяц.

Программа предусматривает формирование сети выработок, необходимых для вскрытия, подготовки и отработки первого горизонта для следующих исходных данных:

| | |
|---|------|
| 1. Угол падения пластов α , градусы..... | 12° |
| 2. Производственная мощность шахты $A_{ш}$, млн.т/год | 2,1 |
| 3. Размер шахтного поля по простиранию $L_{ш}$, м | 5200 |
| 4. Размер шахтного поля вкрест простирания по нормали к напластованию $M_{нор}$, м | 115 |
| 5. Глубина верхней границы шахтного поля H_v | 50 |
| 6. Число горизонтов вскрытия $n_{гор}$ | 2 |
| 7. Способ вскрытия: 1 – наклонными стволами, 2 – вертикальными стволами, 3 – комбинированно | 2 |

| | |
|---|------|
| 8. Размещение стволов в шахтном поле: 1 – центральное, 2 – отнесенное, 3 – фланговое, 4 – блочное | 1 |
| 9. Способ подготовки шахтного поля: 1 - этажный, 2 - панельный, 3 - горизонтный | 2 |
| 10. Тип дополнительных вскрывающих выработок: 1 – гезенки, 2 - квершлаг | 2 |
| 11. Схема проветривания горизонта вскрытия: 1 – прямоточная, 2 - возвратночная | 2 |
| 12. Расположение основных штреков: 1 – пластовые, 2 – полевые | 1 |
| 13. Размер шахтного поля по падению $H_{ш}$, м | 3327 |
| 14. Тип вскрытия пластов: 1 – одногоризонтный, 2 – погоризонтный, 3 – поэтажный | 2 |

По результатам расчетов разрабатывают график строительства шахты (рис. 16), в котором, кроме выработок критического пути, следует отразить и дополнительные горные работы, не вошедшие в укрупненную модель шахты.

Таблица 10

Критический путь строительства шахты (пример)

| Выработка | Тип (масштаб) | Длина, м | Скорость проходки, м/месяц | Продолжительность проходки, месяцы |
|---------------------------------|---------------|----------|----------------------------|------------------------------------|
| 1. Скиповой ствол | Общешахтный | 311 | 33 | 9 |
| 2. Откаточный квершлаг | Горизонтный | 653 | 110 | 5 |
| 3. Откаточный штрек | Горизонтный | 1500 | 160 | 9 |
| 4. Бремсберг | Горизонтный | 1200 | 100 | 12 |
| 5. Вентиляционный штрек (ходок) | Участковый | 1000 | 110 | 9 |
| 6. Разрезная печь (просек) | Участковый | 200 | 100 | 2 |
| ИТОГО | | | | 48 |

| Выработка | Длина (объем), м ³ | Скорость проходки, м/месяц | Продолжительность проходки, месяцы | Год строительства | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---------|---|---|---|--|
| | | | | 1 | | | | | 2 | | | | | 3 | | | | | 4 | | | | | 5 | | | | |
| | | | | Квартал | | | | | Квартал | | | | | Квартал | | | | | Квартал | | | | | Квартал | | | | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Подготовка поверхности | - | - | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Скиповой ствол | 342 | 38 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Клетевой ствол | 311 | 33 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Окопостольный двор | 29725 | 750 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Горизонтный откаточный квершлаг | 553 | 110 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Горизонтный откаточный штрек | 1500 | 160 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Горизонтный бремсберг | 1200 | 100 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Горизонтный вспомогательный ходок | 1200 | 100 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Горизонтный вентиляционный квершлаг | 553 | 110 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Горизонтный вентиляционный штрек | 1500 | 160 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Участковый откаточный штрек | 1000 | 110 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Участковый вентиляционный штрек | 1000 | 110 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Разрезная печь | 200 | 100 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

* Указаны объемы метры: кубические метры и кубические метры в месяц.

Рис. 16. График строительства шахты

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1

Варианты исходных данных к задаче формирования исходной модели шахты

| № варианта | $A_{ш}$, млн. т в год | $m, м$ | | | | | | $\gamma, т/м^3$ | α | $q, м^3/т$ | $L_{ш}$, м | С | |
|------------|------------------------|--------|------|------|------|-----|-----|-----------------|----------|------------|-------------|-------|------|
| | | $M, м$ | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1-2 | 2-3 | | | | | | 3-4 |
| 1 | 2,1 | 2,4 | 1,8 | 2,7 | - | 22 | 46 | - | 1,38 | 15° | 16 | 8600 | 0,9 |
| 2 | 2,3 | 1,75 | 1,95 | 2,8 | 3,1 | 16 | 42 | 6 | 1,38 | 8 | 11 | 8500 | 0,9 |
| 3 | 1,7 | 1,15 | 1,48 | 1,76 | - | 14 | 12 | - | 1,36 | 8 | 17 | 7600 | 0,91 |
| 4 | 1,5 | 1,35 | 1,31 | 1,68 | - | 47 | 17 | - | 1,32 | 14 | 15 | 7500 | 0,91 |
| 5 | 1,8 | 1,27 | 1,6 | 1,42 | 1,3 | 32 | 17 | 68 | 1,38 | 12 | 11 | 5700 | 0,9 |
| 6 | 1,5 | 1,12 | 1,44 | 1,48 | - | 24 | 42 | - | 1,34 | 10 | 13 | 5800 | 0,9 |
| 7 | 2,0 | 2,6 | 3,1 | 1,41 | 1,28 | 32 | 18 | 27 | 1,35 | 15 | 13 | 8700 | 0,91 |
| 8 | 2,0 | 2,21 | 1,65 | 1,14 | 1,35 | 75 | 22 | 12 | 1,38 | 5 | 12 | 10300 | 0,91 |
| 9 | 2,4 | 1,65 | 2,14 | 1,25 | 1,66 | 10 | 30 | 11 | 1,40 | 6 | 15 | 9800 | 0,88 |
| 10 | 1,2 | 1,25 | 1,42 | 0,95 | 1,8 | 24 | 55 | 12 | 1,35 | 12 | 19 | 8300 | 0,9 |
| 11 | 2,6 | 1,4 | 1,0 | 2,0 | 1,6 | 15 | 6 | 20 | 1,35 | 20 | 12 | 7000 | 0,89 |
| 12 | 1,4 | 2,8 | 2,4 | 1,25 | - | 45 | 12 | - | 1,45 | 10 | 19 | 9300 | 0,91 |
| 13 | 1,6 | 1,52 | 1,85 | 1,35 | 2,2 | 16 | 75 | 32 | 1,35 | 12 | 17 | 6900 | 0,91 |
| 14 | 1,8 | 1,68 | 1,45 | 2,45 | - | 56 | 14 | - | 1,36 | 10 | 11 | 8400 | 0,88 |
| 15 | 2,2 | 3,25 | 1,65 | - | - | 35 | - | - | 1,38 | 8 | 13 | 8400 | 0,89 |
| 16 | 2,6 | 2,42 | 3,24 | 1,86 | - | 35 | 65 | - | 1,41 | 9 | 17 | 8800 | 0,92 |
| 17 | 1,4 | 1,12 | 1,68 | 1,46 | 1,24 | 12 | 46 | 65 | 1,35 | 10 | 15 | 7600 | 0,89 |
| 18 | 1,8 | 1,5 | 2,1 | 1,3 | - | 20 | 40 | - | 1,38 | 16 | 10 | 4800 | 0,9 |
| 19 | 1,2 | 1,68 | 2,4 | 0,95 | - | 45 | 32 | - | 1,29 | 8 | 12 | 8000 | 0,9 |

Примечание. $A_{ш}$ - годовая производственная мощность шахты; m_i - вынимаемая мощность пластов свиты; M - мощность междупластий; γ - средняя плотность угля разрабатываемых пластов; α - угол падения пластов; q - относительная метанообильность шахты; $L_{ш}$ - размер шахтного поля по простираннию; C - коэффициент извлечения запасов шахтного поля.

Таблица П.2

Характеристики геологических блоков

| № варианта | $N_{\text{бл}}$ | $S_{\text{бл}}, \text{км}^2$ | | | | $H_{\text{бл}}, \text{м}$ | | | | $m_{\text{бл}}, \text{м}$ | | | |
|------------|-----------------|------------------------------|------|------|------|---------------------------|-----|-----|-----|---------------------------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 3 | 4,7 | 3,2 | 2,35 | - | 24 | 45 | 49 | - | 2,35 | 2,6 | 2,25 | - |
| 2 | 3 | 4,2 | 2,65 | 2,2 | - | 47 | 42 | 64 | - | 1,87 | 1,76 | 1,79 | - |
| 3 | 4 | 4,4 | 3,86 | 3,6 | 2,8 | 27 | 40 | 42 | 60 | 1,21 | 1,07 | 1,16 | 1,2 |
| 4 | 3 | 2,7 | 2,95 | 2,12 | - | 140 | 155 | 146 | - | 1,37 | 1,42 | 1,34 | - |
| 5 | 4 | 2,9 | 2,17 | 3,8 | 3,65 | 740 | 740 | 760 | 790 | 1,21 | 1,28 | 1,34 | 1,2 |
| 6 | 3 | 2,97 | 4,44 | 1,8 | - | 540 | 590 | 620 | - | 1,27 | 1,16 | 1,11 | - |
| 7 | 4 | 3,95 | 3,17 | 2,8 | 2,68 | 540 | 280 | 310 | 250 | 2,48 | 2,54 | 2,66 | 2,68 |
| 8 | 4 | 3,42 | 3,24 | 4,15 | 3,62 | 130 | 145 | 158 | 195 | 1,95 | 2,0 | 2,2 | 1,95 |
| 9 | 4 | 4,32 | 3,2 | 4,18 | 4,02 | 110 | 125 | 145 | 150 | 1,6 | 1,55 | 1,75 | 1,7 |
| 10 | 3 | 2,64 | 3,55 | 3,66 | - | 50 | 125 | 170 | - | 1,2 | 1,33 | 1,27 | - |
| 11 | 4 | 4,1 | 2,8 | 3,6 | 5,85 | 150 | 140 | 160 | 180 | 1,5 | 1,45 | 1,3 | 1,35 |
| 12 | 3 | 4,55 | 3,12 | 2,45 | - | 50 | 75 | 80 | - | 2,5 | 2,95 | 2,45 | - |
| 13 | 4 | 2,56 | 2,98 | 2,01 | 2,84 | 320 | 360 | 375 | 400 | 1,45 | 1,55 | 1,65 | 1,45 |
| 14 | 3 | 4,23 | 4,0 | 5,23 | - | 650 | 675 | 610 | - | 1,6 | 1,7 | 1,75 | - |
| 15 | 3 | 5,34 | 5,64 | 5,18 | - | 340 | 330 | 350 | - | 3,15 | 3,3 | 3,18 | - |
| 16 | 4 | 3,54 | 3,64 | 3,95 | 4,35 | 600 | 630 | 645 | 650 | 2,22 | 2,5 | 2,45 | 2,5 |
| 17 | 4 | 2,68 | 2,95 | 2,43 | 3,12 | 325 | 347 | 361 | 320 | 1,1 | 1,22 | 1,18 | 1,0 |
| 18 | 2 | 8,12 | 6,0 | - | - | 450 | 475 | - | - | 1,4 | 1,6 | - | - |
| 19 | 3 | 2,4 | 3,7 | 4,66 | - | 120 | 160 | 170 | - | 1,6 | 1,75 | 1,66 | - |

Примечание. $N_{\text{бл}}$ - число геологических блоков в шахтном поле по мощности пласта; $S_{\text{бл}}$ - площадь геологического блока; $H_{\text{бл}}$ - глубина верхней границы геологического блока; $m_{\text{бл}}$ - мощность первого пласта в соответствующем геологическом блоке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Андрушкевич С.Г.* Формирование на ЭВМ исходной модели шахты: Практикум / С.Г.Андрушкевич, А.В.Васильев; Ленинградский горный ин-т. СПб, 1991. 58 с.
2. *Бурчаков А.С.* Проектирование шахт: Учебник для вузов / А.С.Бурчаков, А.С.Малкин, М.И.Устинов. М.: Недра, 1985. 399 с.
3. *Васильев А.В.* Моделирование технологических схем и процессов при подземной разработке пластовых месторождений / А.В.Васильев, В.П.Зубов, С.М.Назаров, Ю.Г.Сиренко, А.Д.Смышник. Мн.: Издатель БелАБЖ, 1998. 103 с.
4. *Егоров П.В.* Проектирование угольных шахт: Учебное пособие / П.В.Егоров, А.Н.Супруненко, А.И.Набоков. Кемерово: КузГТУ, 2005г. 221с.
5. *Малкин А.С.* Проектирование шахт: Учебник для вузов / А.С.Малкин, Л.А.Пучков, А.Г.Саламатин, В.М.Еремеев/ М.: Издательство Академии горных наук, 2001г. 376с.
6. Нормы технологического проектирования угольных и сланцевых шахт / МУП СССР. М., 1986. 62 с.
7. ПБ 03-553-03 Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом.
8. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт / МакНИИ. Макеевка-Донбасс, 1989. 320 с.
9. Способы вскрытия, подготовки и системы разработки шахтных полей. Под ред. Б.Ф.Братченко. М.: Недра, 1985. 494 с.
10. *Татомир К.И.* Расчет сети выработок шахты. Киев: Изд-во АН УССР, 1958. 184 с.
11. Справочник базовых цен на проектные работы для строительства. Объекты угольной промышленности. – М.: ФГУП ЦЕНТРИНВЕСТпроект № 2006.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | 3 |
| 1. Формирование основных параметров шахты | 3 |
| 2. Деление шахтного поля на части | 6 |
| 3. Формирование сети выработок шахты | 12 |
| 4. Параметры сети выработок шахты | 15 |
| 5. Оценка депрессии шахты | 24 |
| 6. Оптимизация сечений горных выработок | 27 |
| 7. Оценка срока строительства шахты | 32 |
| Приложение | 35 |
| Библиографический список | 37 |

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов специальности 21.05.04*

Сост.: *А.В. Монтиков, П.Н. Дмитриев*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
разработки месторождений полезных ископаемых

Ответственный за выпуск *А.В. Монтиков*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 05.04.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,2. Усл.кр.-отг. 2,2. Уч.-изд.л. 1,9. Тираж 75 экз. Заказ 283.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2