

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т.Ф.ГОРБАЧЕВА»  
Филиал КузГТУ в г. Белово

Кафедра горного дела и техносферной безопасности

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШАХТ**

Методические указания к самостоятельной работе для обучающихся  
специальность 21.05.04 «Горное дело»  
специализация 21.05.04.01 «Подземная разработка пластовых  
месторождений» всех форм обучения

Составители Супруненко А. Н.  
Адамков А. В.  
Рассмотрены и утверждены на  
заседании кафедры  
Протокол № 8 от 18.03.2023г.  
Рекомендованы учебно-  
методической комиссией  
специальности 21.05.04 «Горное  
дело» в качестве электронного  
издания для использования в  
учебном процессе  
Протокол № 5 от 21.03.2023г.

Белово 2023

Супруненко А.Н. Проектирование шахт: Методические указания к самостоятельной работе для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации 21.05.04.01 «Подземная разработка пластовых месторождений» всех форм обучения / А.Н. Супруненко, А.В. Адамков: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, - Белово, 2023. – 40с.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями учебной программы по дисциплине «Проектирование шахт» для обучающихся специальности 21.05.04 «Горное дело» представлены краткие теоретические основы и указания к выполнению самостоятельной работы, индивидуальное задание, рекомендации к его выполнению, приведены вопросы по темам для контроля изучения и вопросы к экзамену

© Кузбасский государственный  
технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева 2023.  
© Супруненко А. Н.,  
Адамков А. В., 2023.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>1. ЦЕЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....</b>	<b>4</b>
<b>2. СОДЕРЖАНИЕ, ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШАХТ».....</b>	<b>4</b>
<b>3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ (КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ).....</b>	<b>10</b>
<b>4. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ.....</b>	<b>46</b>
<b>РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>48</b>

## **1. ЦЕЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Целью преподавания учебной дисциплины «Проектирование шахт» является изучение студентами основных понятий и положений, усвоение основных принципов разработки проекта строительства новой шахты, начала ее эксплуатации в нетронутые горные работы угольном месторождении, приобретения навыков в конструировании технологической схемы шахты, организации ее строительства и развития горных работ с помощью календарного планирования.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ, ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШАХТ»**

В процессе изучения студентом дисциплины «Проектирование шахт» содержание самостоятельной работы включает следующие формы:

- изучение и повторение лекций, т. е. работа над материалом учебника, учебного пособия, дополнительной литературы, нормативных документов, электронных ресурсов;
- подготовку к практическим занятиям;
- изучение отдельных тем дисциплины «Проектирование шахт», не рассматриваемых на аудиторных занятиях;
- подготовка и выполнение индивидуального задания (контрольной работы);
- подготовка к промежуточной аттестации.

Порядок, темы и время изучения дисциплины «Проектирование шахт», включая лекции, практические занятия и самостоятельную работу, определяется рабочей программой дисциплины «Проектирование шахт» и настоящими методическими указаниями.

В табл. приведены наименования тем дисциплины «Проектирование шахт», определенный объем которых отведен для самостоятельной работы.

Таблица 1

№	Темы самостоятельной работы
1	2
1	Организация проектирования горных предприятий
2	Содержание проектов строительства и реконструкции горных предприятий
3	Информационная база проектирования
4	Методы определения проектных параметров горных предприятий
5	Основные методические принципы анализа и синтеза технологической схемы предприятия
6	Проектирование основных параметров предприятия и его рациональной технологической схемы
7	Обоснование структур механизации горных работ
8	Основные принципы автоматизированного проектирования предприятий
9	Оценка эффективности и качества проектных решений
10	Основы методологии проектирования и конструирования качественных характеристик технологической схемы шахты
11	Разработка проекта шахты: системы разработки пластов, вскрытие и подготовка шахтного поля
12	Календарное планирование горных работ
13	Сетевой график строительства шахты
14	Календарное планирование отработки и подготовки запасов пласта
15	Методологические основы проектирования горных предприятий
16	Методы принятия решений в условиях статистической определенности, риска, полной неопределенности
17	Методы принятия решений в условиях однокритериальных и многокритериальных задач
18	Изучение проектов строительства и реконструкции угольных шахт с технико-экономическими показателями мирового уровня

## ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

### 1. Организация проектирования горных предприятий

1. Что такое проектирование горного предприятия?
2. Назовите этапы процесса проектирования.

3. Какие задачи решаются в процессе проектирования горного предприятия?
4. Назовите основные направления совершенствования проектирования шахт.
5. В чем заключается порядок согласования и утверждения проектной документации?

## **2. Содержание проектов строительства и реконструкции горных предприятий**

1. Назовите основные виды проектных работ.
2. На какие этапы разбивается комплекс работ по разработке и реализации проектов?
3. С какой целью разрабатывается предпроектный документ «Бизнес-план строительства горного предприятия»? Его отличие от документа «Обоснование инвестиций в строительство».
4. С какой целью разрабатывается документ «Задание на проектирование»? Его связь с документом «Технико-экономическое обоснование (проект)».
5. Что понимается под эталоном проекта строительства угольного предприятия?
6. Назовите порядок проектной подготовки строительства горного предприятия.

## **3. Информационная база проектирования**

1. Что является исходными данными для проектирования шахт?
2. Какие документы составляют нормативную базу проектирования? В чем назначение нормативной документации?
3. Какие базы данных формируются при проектировании шахт?
4. Какими категориями разведанности определяются балансовые запасы угля в границах горного отвода шахты?
5. В чем заключаются задачи прогнозирования при проектировании шахт?

## **4. Методы определения проектных параметров горных предприятий**

### **4.1. Основные положения теории принятия решений**

1. Что понимается под принятием решения? Перечислите основные правила принятия решений.

2. Этапы процесса принятия рационального решения.
3. Какие задачи стоят перед теорией принятия решений?
4. Что понимается под максимальной полезностью и ограниченной рациональностью принятия решений?
5. Какие отличия имеются между задачами принятия решений, возникающих в условиях: полной определенности; вероятной определенности (риска); неопределенности информации?
6. Когда возникают задачи принятия решений по скалярному показателю (однокритериальные) и задачи принятия решений по векторному показателю (многокритериальные)?

#### **4.2. Основные положения теории эффективности**

1. Что понимается под терминами: операция, цель операции, ее результат и эффективность?
2. Для чего используется показатель эффективности в процессе принятия решений? Приведите примеры количественных и качественных показателей эффективности.
3. Какие существуют виды критериев эффективности? В чем различие между ними?
4. Перечислите основные типы шкал для оценки показателей эффективности.
5. В чем заключается разница между эффективностью процесса, реализуемого системой, и качеством системы?

#### **4.3. Основные положения системного анализа**

1. В чем состоят основные принципы системного анализа?
2. Какими основными признаками характеризуется сложная система?
3. Раскройте свойства систем: эмергентность и робастность.
4. Какие функции системного анализа выполняются на этапах декомпозиции, анализа и синтеза?
5. Для каких целей производится оценка сложных систем? Каковы основные этапы их оценивания?

#### **4.4. Основные положения моделирования систем**

1. Что понимается под моделированием систем? Назовите виды моделирования систем.

2. Раскройте основные принципы построения математических моделей?

3. Что понимается под математической моделью горных объектов или процессов?

#### **4.5. Математические методы**

1. Дайте краткую характеристику основных этапов операционного исследования.

2. В чем суть применения теории игр к задачам принятия решений в условиях конфликтных операций? Назовите критерии выбора альтернатив. Минимаксные стратегии.

3. В чем состоит предмет теории статистических решений? Суть критериев риска: равновероятный – Лапласа, максиминный – Вальда, минимаксный – Сэвиджа, пессимизма-оптимизма Гурвица.

4. Дайте общее понятие эконометрических моделей (факторные признаки, корреляция, регрессия, производственные функции).

5. В чем заключается суть построения экспертных систем в горном деле?

#### **5. Основные методические принципы анализа и синтеза технологической схемы предприятия**

1. Перечислите основные задачи методологии проектирования.

2. Чем вызвана необходимость поэтапного проектирования шахт?

3. Перечислите основные задачи прогнозирования при проектировании шахт.

4. В чем заключается комплексный подход к обоснованию проектных параметров шахт?

5. Как выполняется оценка проектного решения? Перечислите основные критерии эффективности инвестиционного проекта строительства шахты.

#### **6. Проектирование основных параметров предприятия и его технологической схемы**

1. Приведите последовательность разработки проекта шахты.

2. Перечислите методы расчета производственной мощности шахты.

3. Перечислите методы расчета нагрузки на очистной забой, их суть.
4. Перечислите методы расчета размеров шахтного поля, его блоков, панели, выемочного поля, этажа.
5. Раскройте понятие «управление движением запасов угля разной степени готовности в шахтном поле».
6. Приведите последовательность проектирования участковых схем вентиляции, систем подземного транспорта и безопасности шахты?

### **7. Обоснование структуры механизации горных работ**

1. Какие задачи решаются при проектировании средств механизации горных работ?
3. Какие тенденции характерны для современного этапа комплексной механизации и автоматизации процессов горного производства?
4. Какие факторы обеспечивают наибольший эффект от применения информационных технологий в структурах механизации горных работ?
5. В чем заключаются основные принципы проектирования энергоснабжения, подъема, водоотлива, компрессорного хозяйства шахты?

### **8. Основные принципы автоматизированного проектирования предприятий**

1. Назовите основные цели и задачи создания системы автоматизированного проектирования (САПР) горных предприятий.
2. На каких принципах системного анализа создается и работает САПР?
3. Назовите основные компоненты САПР. Приведите примеры САПР/CAD систем.

### **9. Оценка эффективности и качества проектных решений**

1. Какими признаками определяется эффективность и качество проекта шахты?

2. С какой целью используют один или нескольких критериев для оценки проекта шахты? Охарактеризуйте эти критерии. Как они называются?
3. Что позволяет определить интегральная оценка качества проекта?

## **КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Контроль самостоятельной работы осуществляется в форме собеседования на практических занятиях и на контрольном практическом занятии. Результаты контроля учитываются преподавателем для оценки успеваемости обучающихся при текущем контроле знаний и приеме экзамена по дисциплине.

При выдаче обучающимся индивидуального задания по подготовке сообщений на семинаре или доклада на конференции устанавливается тематика, определяются цель и задачи исследований. Доклад проводится в виде презентации.

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ (КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ)**

#### **Методология проектирования**

Современная методология проектирования технических объектов определяется как система принципов и способов организации и построения теоретической и практической деятельности. Знание методологии объясняет разработчику логику создания проекта, позволяет грамотно применять теоретические положения, методы, средства и приемы, четко обосновывать принимаемые решения. Методология является стратегией (планом действий в условиях многих неопределенностей) построения и реализации проекта.

Проектирование угольных шахт базируется на современной методологии проектирования технических объектов. Однако для горных предприятий необходимо учитывать характерные особенности их работы в пределах разрабатываемых месторождений, например:

- изменчивость горно-геологических условий в шахтном поле;
- постоянное перемещение места расположения подготовительных и очистных забоев в пространстве и времени;
- перестроение и изменение характеристик сети горных выработок при функционировании шахты.

Такие особенности требуют при проектировании выделять этапы проектирования жизни шахты, в течение каждого из них должно быть выбрано наилучшее сочетание ее основных технологических параметров. Под этапом проектирования угольной шахты понимается интервал времени, соответствующий отработке значительного количества запасов месторождения полезного ископаемого и регламентирующий деятельность предприятия на достаточно длительный период. В течение этапа проектирования не должны происходить существенные коренные изменения в методах ведения горных работ, схемах и способах вскрытия, подготовки, системах разработки, структуре комплексной механизации и компоновке генерального плана шахты.

Представление проекта угольной шахты в виде системы позволяет найти оптимальное решение комплекса задач за счет более обоснованного выбора технологических схем горных работ, надежности, безопасности и других показателей, повысить качество и, соответственно, увеличить срок жизни проекта при внедрении в производство.

Проекты строительства шахты отличаются высокой сложностью и требуют от разработчиков глубоких знаний в разных областях. Командная работа, техническая сложность и использование информационных технологий складываются в принципы проектирования (основные положения теории проектирования, обеспечивающие эффективность решений). Приведем важные из них:

#### *1. Инерционность проектирования.*

Создание нового объекта идет по спирали. Не всегда возможно описать объект (проектные процедуры синтеза) в достаточном объеме с первого раза. С каждым новым витком при поиске и принятии решений (проектные процедуры анализа)

исключаются ошибки, повышается точность проекта, снижаются риски и возможные непредвиденные издержки.

### 2. *Многовариантность решений.*

Задачи, которые призваны решить проект имеют несколько возможных решений, которые необходимо анализировать в поисках оптимального пути.

3. *Последовательность процесса проектирования* – от общего (системы) к частному (подсистемам) продиктована конкуренцией между проектами в рыночных отношениях. Принцип предопределяет порядок проектирования по этапам и стадиям с учетом задач, решаемых на каждом этапе и стадии.

### 4. *Коллективный характер проектирования.*

Необходимость в нескольких специалистах продиктована технической сложностью проекта, где требуется разносторонние знания.

5. *Экономичность.* Разработка проектных решений должна обеспечиваться с наиболее высокой экономической эффективностью.

В методологии проектирования угольных шахт одним из базовых понятий является *способ организации деятельности* специалистов выбор, которого осуществляется через упорядочивание их совместной работы и должен обеспечить эффективность принимаемых в проекте решений.

Под содержанием понятия *организация* понимается следующее определение: объединение людей, совместно реализующих программу или цель создания проекта и действующих на основе определенных процедур и правил. Способы организации (упорядочивание деятельности) проектирования угольных шахт включают *средства организации* (специально создаваемые: материально-технические, информационные, математические, логические, языковые), *методы организации* (пути и способы достижения целей и решения задач. В практике проектирования часто используются методы организации: мозговой штурм, экспертная оценка, алгоритм решения изобретательских задач, метод аналогий, сетевое планирование, календарное планирование, структурная декомпозиция, имитационное моделирование, ресурсное планирование и т. д.), *формы организации* труда

проектировщиков (как правило, коллективные – это комплексные самоуправляемые группы, способные эффективно решать поставленные задачи).

### **Порядок конструирования технологической схемы новой шахты**

Конструирование технологической схемы новой шахты зависит от факторов: сложности и степени разведанности месторождения, условий лицензии на право пользования недрами, технического задания на проектирование и многих других.

Порядок конструирования технологической схемы новой шахты, следующий:

- детальное изучение и анализ исходных данных;
- система разработки и механизация очистных забоев;
- вскрытие, подготовка и отработка шахтного поля;
- взаимное согласование технических решений между перечисленными выше разделами и формирование итогового варианта проекта технологической схемы новой шахты.

### **Детальное изучение и анализ исходных данных**

Определяется степень технологичности шахтного поля с позиций имеющегося практического опыта работы предприятий в аналогичных условиях. Изучается разведанность и кондиционность запасов. Данные о запасах позволяют уточнить геометрические параметры временных этапов работы шахты, соответствие производственной мощности сбыту продукции на рынке, необходимые мероприятия по доразведке. Знание распределения запасов угля в пространстве и размеров нарушенности участков по пластам позволяют выбрать средства механизации очистных работ, транспорта, проведения выработок, параметров крепи и оценить эффективность их применения.

Особое внимание уделяется горно-геологическим условиям разработки пластов: физико-механическим свойствам пород и угля, качеству, маркам, склонности к самовозгоранию угля, гидрогеологическим условиям, газоносности, опасности по внезапным выбросам и горным ударам. Это позволяет

определиваться с техникой и технологиями ведения горных работ по каждому пласту в шахтном поле.

### **Система разработки и механизация очистных забоев**

Определение технологии разработки угольных пластов начинается с обоснования и ориентировочного принятия системы разработки и механизации очистных забоев (длины лавы, длины выемочного участка, механизированного комплекса, нагрузки на очистной забой, порядка отработки, участковой схемы проветривания и т. д.). Корректируются промышленные запасы, оценивается эффективность их разработки, исключаются из эксплуатации технологически и экономически неблагоприятные участки пластов.

### **Вскрытие, подготовка и отработка шахтного поля**

Выбор способов вскрытия, подготовки и отработки шахтного поля непосредственно зависит от технологии разработки кондиционных запасов пластов, осуществляется после ориентировочного определения системы разработки для каждого из них. Эти вопросы вместе с другими (вентиляция, транспорт, поверхностный комплекс, мероприятия по безопасности работ, экология, экономика и др.) решаются вместе, неоднократно возвращаясь к элементам конструируемой технологической схемы шахты, уточняя и совершенствуя качественные и количественные характеристики ее проекта строительства.

В тоже время, принятие решений по отдельным разделам проекта распадается на ряд отдельных задач, например:

- выбору способа вскрытия: в том числе, на определение расположения промышленной площадки, числу главных и вспомогательных вскрывающих выработок и очередности их проведения, типу околоствольного двора и др.;

- выбору способа подготовки на уровне транспортного горизонта: полевыми или пластовыми выработками и схемой подготовки к ведению очистных работ в плоскости пласта – панельной, этажной или погоризонтной.

Конструирование возможных вариантов технологической схемы шахты на качественном уровне осуществляется последовательным выбором частных проектных решений на

морфологической схеме (графе), представленной в виде многоуровневой блок-схемы.

За уровень в блок-схеме принят признак разбиения технологической схемы на составляющие элементы в соответствии с известными классификациями, используемых в теории разработки угольных месторождений. Пример возможного варианта технологической схемы строительства новой шахты в виде качественно отличающихся признаков: «схема и способ вскрытия – схема и способ подготовки – система разработки – участковая схема вентиляции – вид шахтного транспорта» представлен на блок-схеме (рис. 1).

### Расчеты и графические построения

*Расчет* количества очистных механизированных забоев  $n$ , находящихся одновременно в работе и обеспечивающих заданную проектную производственную мощность шахты, в упрощенном варианте выполняется по следующим формулам:

$$n = \frac{A_{\text{ш}} \cdot K_{\text{оз}}}{A_{\text{ози}}}, \quad \text{при} \quad A_{\text{ози}} = A_{\text{оз}(i+1)} \quad (1)$$

или

$$\sum_{i=1}^n A_{\text{оз}} \geq A_{\text{ш}} \cdot K_{\text{оз}} \quad \text{при} \quad A_{\text{ози}} \neq A_{\text{оз}(i+1)} \quad (2)$$

где  $A_{\text{ш}}$  – производственная мощность шахты, тыс. т/год, (тыс. т/сут.);  $K_{\text{оз}} = 0,95$  – примерная доля добычи угля из очистных забоев;  $0,05$  – соответственно попутная добыча из пластовых подготовительных выработок, проводимых для воспроизводства очистного фронта;  $A_{\text{ози}}$  – нагрузка на  $i$ -ый очистной механизированной забой, тыс. т/год, (тыс. т/сут);  $n$  – число механизированных очистных забоев (округляется до целого в большую сторону).

### Графические построения выполняются в чертежах

1. Вертикальная схема (разрез) вскрытия шахтного поля, изображенная в одном из масштабов: 1:10000; 1:5000; 1:2000.

2. Горизонтальная схема (разрез) вскрытия и подготовки шахтного поля на уровне транспортного горизонта при его наличии, масштаб изображения: 1:10000; 1:5000; 1:2000.

3. Система разработки пласта, заданного к первоочередной разработке, масштаб изображения: 1:500; 1:100.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с теоретическими основами работы.
2. Разобраться в примере конструирования технологической схемы шахты (рис. 1-5).
3. Провести анализ исходных данных индивидуального задания, варианты которого представлены в табл. 1 и по исходным данным сделать чертежи геологического строения свиты пластов в одном из масштабов, рекомендуемых ГОСТ «Горно-маркшейдерская документация». На данных чертежах должны быть отображены все размеры по горному отводу шахты, необходимые для принятия проектных решений ее строительства и добыче угля. Минимальное количество чертежей равно трем:
  - 3.1) вертикальный разрез – размеры по линиям падения и восстания свиты пластов;
  - 3.2) горизонтальный разрез – размеры по линии простирания свиты пластов;
  - 3.3) разрез по плоскости пласта, принятого первым при вводе шахты в эксплуатацию (размеры по линии простирания и падению);
4. Рассчитать количество очистных забоев, суммарная добыча из которых должна обеспечить заданную производственную мощность шахты. При расчетном количестве очистных забоев более одного каждый следующий располагать в отдельной односторонней панели.
5. В соответствии с индивидуальным заданием на чертежах геологического строения свиты пластов представить свой вариант вскрытия и подготовки шахтного поля, схему подготовки и отработки пласта системой разработки. Конструирование сети горных выработок необходимо проводить с учетом требований нормативных документов [1-12].
6. Сделать описание качественных характеристик (способы, схемы, порядки и т. д.) своего проектного варианта по уровням блок-схемы аналогично примеру конструирования технологической схемы шахты (рис. 5).
7. Оформить текстовую и графическую части в соответствии с

ГОСТ [12].

### **Пример проекта разработки свиты пластов по технологической схеме «шахта-лава»**

Исходные данные:

1. Число пластов в шахтном поле – 4;
2. Угол падения пластов (для пликативных складок максимальный угол, град.) – 15;
3. Размеры шахтного поля, м:  
– по простиранию – 6000;  
– по падению (для синклинали, антиклинали длина крыла) – 4000;
4. Форма залегания (морфология) пластов – антиклиналь дизъюнктивная нарушенность пластов – отсутствует;
5. Мощность наносов, м – 40,0;
6. Производственная мощность шахты, млн. т/год – 3,0;
7. Нагрузка на очистной механизированный забой, т/сут. – 10 000;
8. Факторы, влияющие на технологию разработки пластов (пожароопасность, повышенная газоносность, повышенная водообильность) – отсутствуют;
9. Порядок отработки пластов в свите – нисходящий;
10. Мощность каждого пласта, м – 3,0;
11. Расстояние между пластами по нормали, м – 30,0.

### **Проектные решения**

В дисциплине «Подземная разработка пластовых месторождений» подробно рассматриваются на качественном уровне достоинства и недостатки, условия применения способов и схем вскрытия и подготовки, шахтных полей, систем разработки пластов, указывается необходимость выполнения требований нормативных документов при разработке угольных пластов. Поэтому в примере, опуская обоснования выбора способов и схем вскрытия и подготовки шахтного поля, системы разработки пласта, приведем ниже *основные принципы* конструирования сети горных выработок с позиций выполнения ими функций, обеспечивающих работу шахты.

Подготовительные и очистные выработки в пределах горного отвода шахты могут проводиться на любом участке массива пород и кондиционных (принятых к разработке) угольных пластов. Следовательно, для таких участков через горные выработки должны быть обеспечены функции технологической схемы шахты:

- выдача горной массы (угля) из подготовительных и очистных забоев на дневную поверхность;
- подача свежего воздуха в подготовительные и очистные забои;
- выдача загрязненного воздуха из подготовительных и очистных забоев кратчайшим путем на дневную поверхность;
- доставка грузов (крепи, конвейеров и другого оборудования) с дневной поверхности к местам ведения горных работ и обратно на дневную поверхность.

В примере принята технологическая схема отработки угольного пласта с применением столбовых систем разработки и подготовкой выемочных участков спаренными выработками. Выемочные столбы имеют значительную протяженность (3000 м и более), поэтому для обеспечения (*требований ПБ*) маршрутов выхода людей в аварийной ситуации на дневную поверхность и безопасного ведения аварийно-спасательных работ предусмотрено проведение диагональных печей.

Отработка свиты пластов в шахтном поле осуществляется в три очереди (рис. 1) Для I-ой очереди отработки свиты пластов в примере приняты следующие проектные решения.

1. Схема вскрытия свиты пластов антиклинального залегания в шахтном поле – *комбинированная*: двумя наклонными стволами (главным и вспомогательным), пройденными в висячем боку вкrest простирания свиты пластов с вертикальным вентиляционным стволом в бремсберговой ступени, и двумя вертикальными воздухоподающими стволами с двумя воздухоподающими квершлагами у нижней границы шахтного поля. По наклонному вспомогательному стволу выполняются две функции: подача свежего воздуха в шахту и движение грузов.

2. Схема подготовки пластов в шахтном поле – панельная (односторонняя панель).

3. Способ подготовки пластов на уровне транспортного горизонта – индивидуальный, пластовый.

4. Система разработки пласта – длинными столбами по простиранию с обрушением пород вслед за продвижением очистного забоя.

5. Принимаем  $n = 1$  очистной механизированный забой в работе по шахте из расчета по формуле (1) при числе 300 рабочих дней в году (300 дней обычно принимается при проектировании шахт).

$$n = \frac{A_{\text{шт}} \cdot K_{\text{оз}}}{A_{\text{ози}} \cdot 300} = \frac{3.000\ 000 \cdot 0,95}{10\ 000 \cdot 300} = 0,95 \text{ забоя}$$

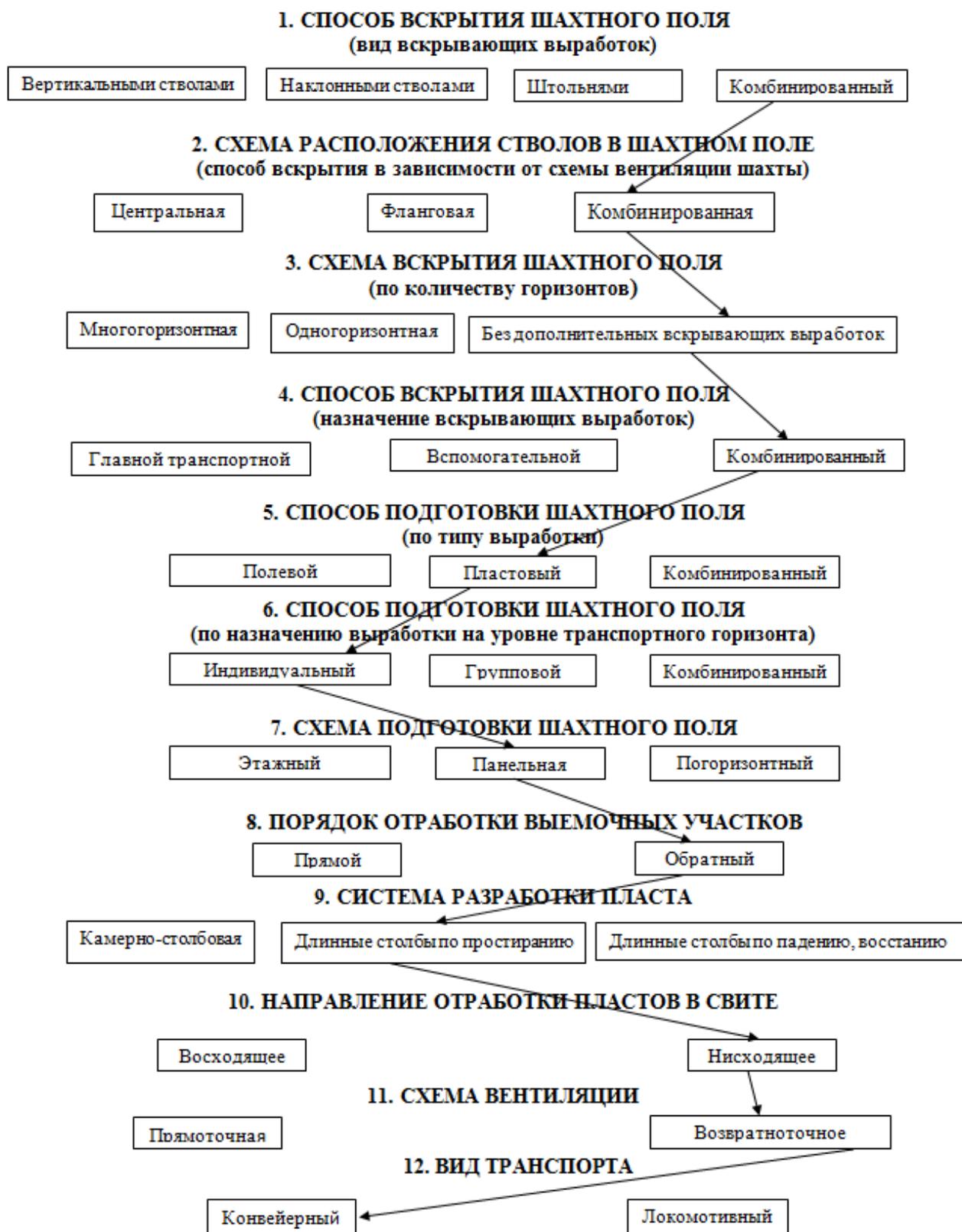


Рис. 1. Пример укрупненной блок-схемы конструирования технологической схемы шахты по элементам ее качественных уровней (линией между уровнями блок-схемы показан вариант проекта в примере)

6. Порядок отработки выемочного столба – обратный.
7. Схема вентиляции выемочного участка – возвратноточная.
8. Транспорт грузопотока угля – конвейерный.
9. Порядок отработки ярусов в панели – нисходящий.
10. Необходимые графические построения для принятия решений в проекте приведены на рис. 1-5.

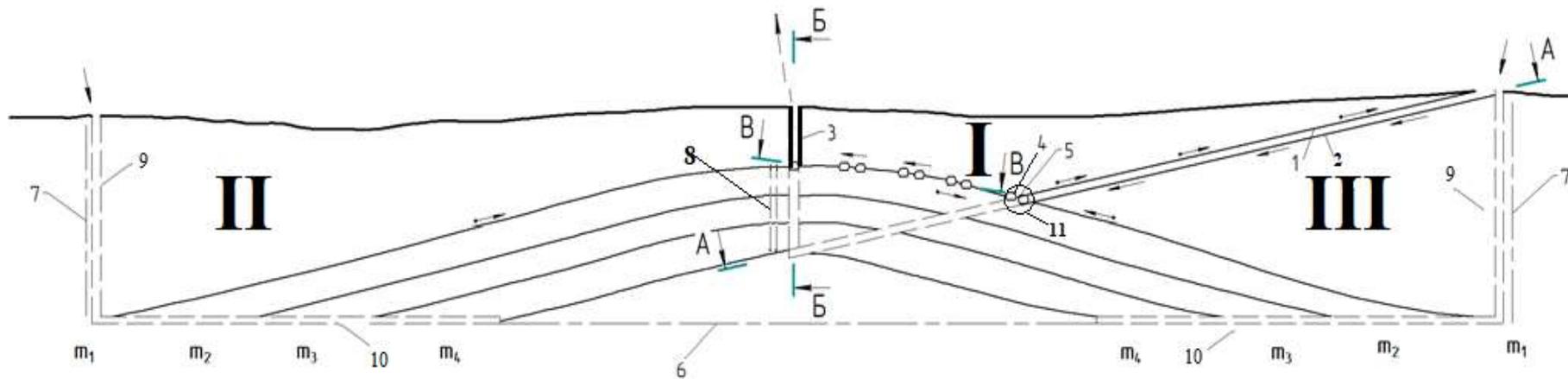


Рис. 2. Вертикальный разрез свиты пластов антиклинальной складчатости (комбинированная схема вскрытия):  
 1 – конвейерный (главный) наклонный ствол; 2 – вспомогательный наклонный ствол (грузовой, воздухоподающий, вентиляционный – комбинация данных функций ствола зависит от очередности разработки частей свиты пластов);  
 3 – вертикальные вентиляционные стволы; 4, 5 – основной путевой и конвейерный штрек пласта  $m_1$ ; — — — — — проведение выработок в будущем периоде работы шахты; 6, 7 – границы шахтного поля; 8 – гезенк; 9 – вертикальный воздухоподающий ствол; 10 – воздухоподающий квершлаг, 11 – околоствольный двор, I, II, III – очередность разработки частей свиты пластов. I – бремсберговая ступень, II – уклонная ступень, III – уклонная ступень;  $m_1, m_2, m_3, m_4$  – наименования угольных пластов;  $\rightarrow$  – свежая струя воздуха;  $-- \rightarrow$  – загрязненная струя воздуха;  $\leftrightarrow$  – транспортирование грузов;  $\bullet \rightarrow$  – транспортирование угля

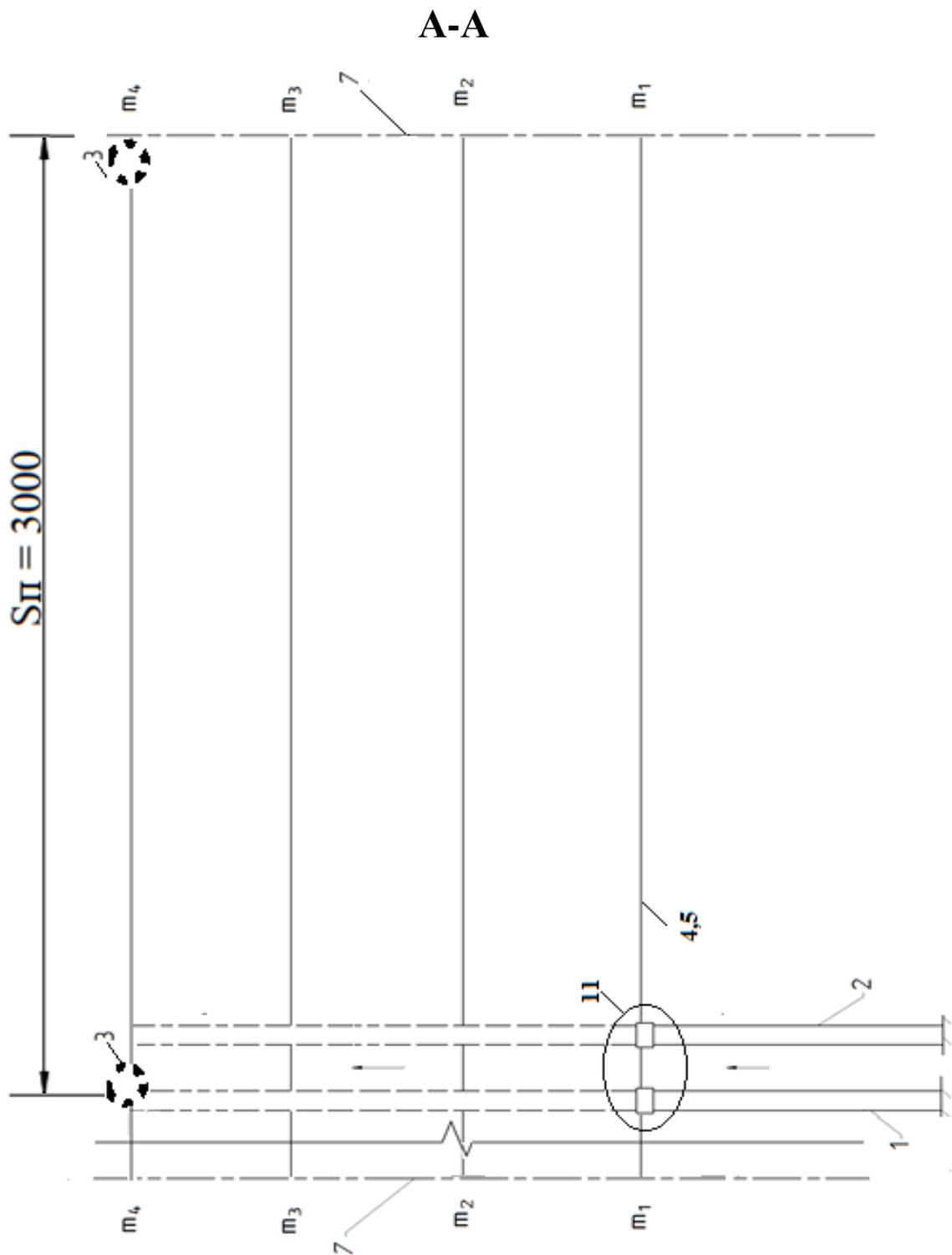


Рис. 3. Разрез в плоскости наклонных стволов:  
 1 – конвейерный (главный) наклонный ствол; 2 – вспомогательный наклонный ствол (грузовой, воздухоподающий, вентиляционный – комбинация данных функций ствола зависит от очередности разработки частей свиты пластов); 3 – вертикальные вентиляционные стволы; 4, 5 – основной путевой и конвейерный штрек пласта  $m_1$ ; 7 – границы шахтного поля, 11 – околоствольный двор при наклонных стволах

# Б-Б

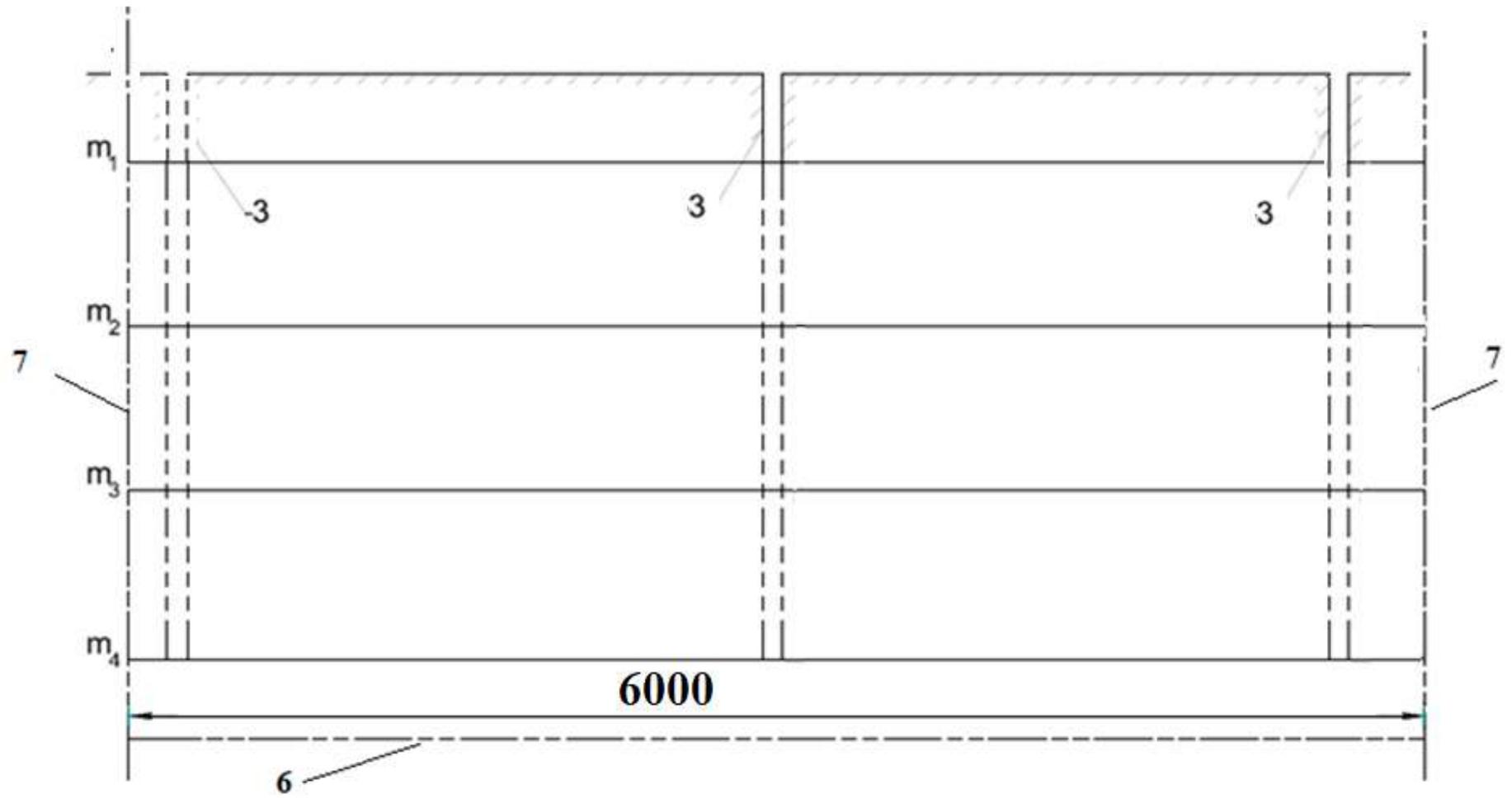


Рис. 4. Разрез в плоскости вертикальных вентиляционных стволов:  
3 – вертикальные вентиляционные стволы; 6, 7 – границы шахтного поля

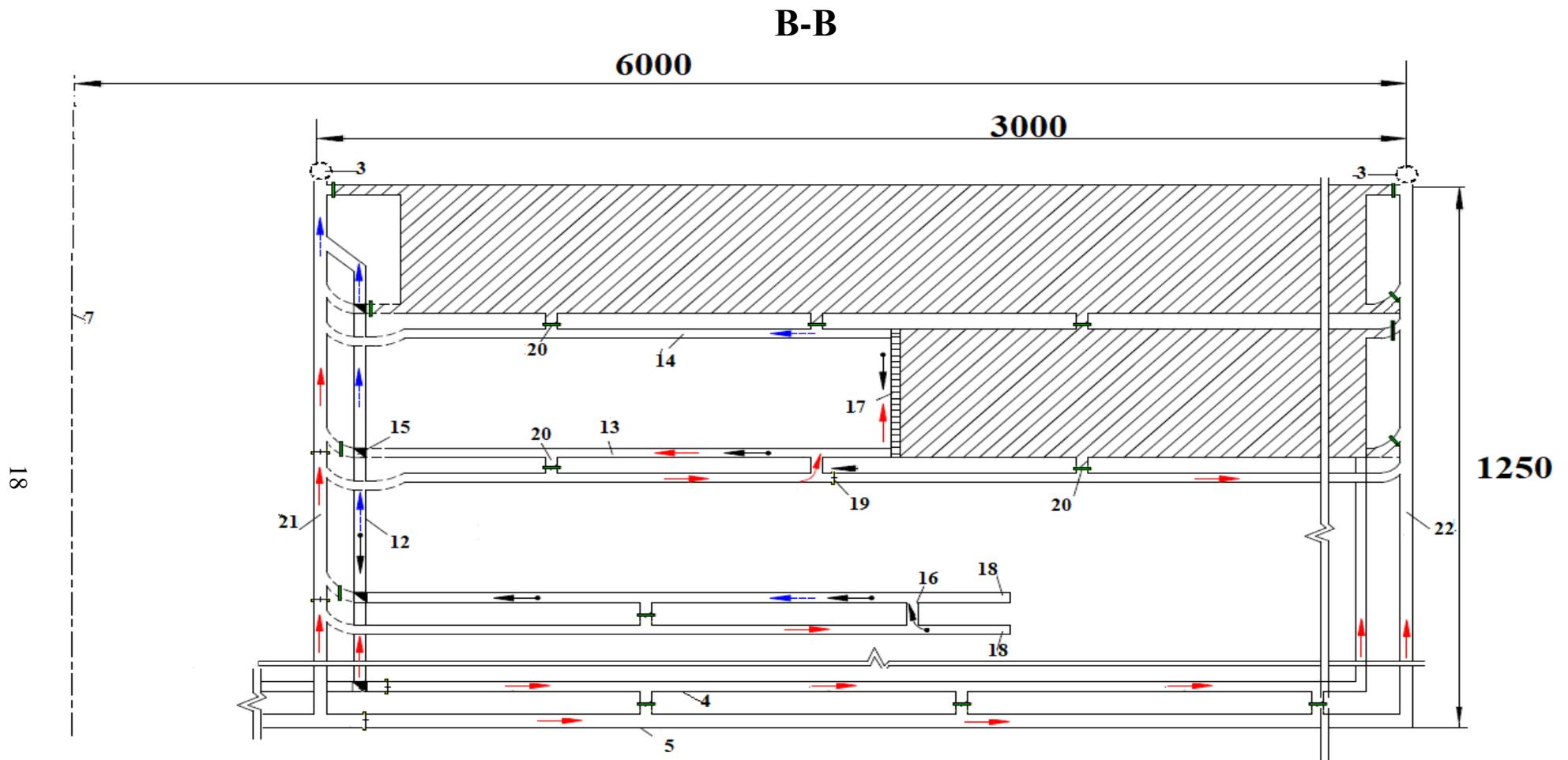


Рис. 5. Система разработки длинными столбами по простиранию пласта  $m_1$ , выемочное поле представлено односторонней панелью:

- 3 – вертикальный вентиляционный ствол; 4, 5 – основной путевой и конвейерный штрек пласта  $m_1$ ;  
 7 – границы шахтного поля; 12 – бремсберг; 13 – ярусный конвейерный штрек; 14 – ярусный вентиляционный штрек;  
 15 – аккумулярующий бункер; 16 – сбойка; 17 – очистной забой; 18 – подготовительный забой; 19 – перемычка с регулятором; 20 – перемычка, изолирующая с врубом; 21 – грузолодской ходок

Таблица 1

## Вариант индивидуального задания

Номер варианта	Число пластов	Максимальный угол падения пластов, град	Размеры шахтного поля, м		Форма залегания пластов	Мощность наносов, м	Производительная мощность шахты, млн т/г.	Нагрузка на очистной забой, т/сут.	Пожароопасность	Повышенная газоопасность	Повышенная обводненность	Порядок отработки пластов в свите
			прос тиранию	паде нию								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	2	5	6000	2500	М	15	3,0	15000	–	–	+	Л
2	3	10	6500	3000	М	20	3,6	18000	–	+	–	Л
3	4	15	5000	1500	А	20	3,2	17500	+	+	–	Н
4	3	25	5500	2000	С	25	2,5	16000	+	–	–	В
5	4	30	3000	1500	А	10	1,8	15000	+	–	–	В
6	3	8	7000	2000	М	15	2,4	17000	–	+	–	Л
7	2	15	6500	3300	М	10	2,1	15000	–	–	+	Н
8	3	12	5500	3000	М	20	2,4	16000	+	–	–	В
9	4	6	8000	2000	М	10	3,0	17000	–	–	+	Л
10	5	18	5300	440	С	20	2,7	15000	+	+	–	Н
11	4	25	5000	600	А	15	2,5	14000	+	–	–	Н
12	2	3	2000	1000	М	25	1,8	14500	+	–	–	Н
13	4	5	6000	3000	С	15	2,8	16500	–	+	+	В
14	3	8	6200	2400	М	20	3,5	18000	–	–	+	В
15	4	12	6000	3300	М	25	2,4	17000	–	–	+	Н
16	4	10	5500	3600	М	15	1,8	14500	–	–	+	Л
17	4	15	3500	550	А	20	2,4	16800	+	–	–	Н
18	5	25	3000	500	С	15	2,2	15000	+	–	–	В

Номер варианта	Число пластов	Максимальный угол падения пластов, град	Размеры шахтного поля, м		Форма залегания пластов	Мощность, м	Производительная мощность шахты, млн т/г.	Нагрузка на очистной забой, т/сут.	Пожароопасность	Повышенная газоносность	Повышенная обводненность	Порядок отработки пластов в свите
			прос тиранию	паде нию								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	4	20	3500	500	С	20	2,5	17000	–	+	–	В
20	3	7	6200	3600	М	15	3,6	20000	–	–	+	Л
21	2	10	5500	3300	М	20	3,0	18000	+	+	–	Н
22	4	8	6600	2000	М	30	2,4	17000	–	+	–	В
23	3	6	7000	3500	С	25	2,1	15500	+	–	–	Л
24	4	15	4900	1400	А	20	1,8	15000	–	+	–	Н
25	3	30	3500	800	М	20	1,5	14000	–	+	–	Н

Примечания:

1. Расстояние между пластами принять самостоятельно в пределах 20-100 м, мощность пластов в пределах 1,5-5,0 м.
2. В столбце 6 буква М обозначает моноклиальное залегание пластов, А – антиклиналь, С – синклиналь.
3. В столбцах 10, 11, 12 присутствие фактора обозначено знаком (+), его отсутствие знаком (–), учесть требования нормативных документов
4. Схема вскрытия и подготовки шахтного поля на уровне транспортного горизонта, а также системы разработки пластов принимаются по результатам анализа горно-геологических условий.
5. В столбце 13 буква Л – обозначает любой, Н – нисходящий, В – восходящий порядки отработки пластов в свите.
6. Среднюю газоносность пластов принять в пределах 10-25 м<sup>3</sup>/т при наличии (+) в варианте задания, в таких горно-геологических условиях необходимо применить дегазацию.
7. Недостающие данные принять самостоятельно, в том числе для выполнения практической работы № 4 принять в пределах: 1) целики угля – от 10 до 40 м; 2) плотность угля – 1,35 т/м<sup>3</sup>; 3) число рабочих дней в году – 300; 4) ширина подготовительных выработок – от 4 до 6 м; 5) порядок отработки выемочных участков по простиранию, падению.

## Календарный план строительства шахты в виде линейного графика

### Теоретические основы работы

*Календарный план строительства шахты* – это заранее намеченная последовательность выполнения всей совокупности горных работ с отметкой времени их начала и окончания, необходимых для достижения проектной мощности по добыче угля с оптимальными затратами в установленные сроки. Соответственно *линейный график организации строительства шахты* – это календарный план горно-строительных работ, представленный в таблично-графической форме. При этом под *графиком* понимается геометрическое изображение зависимости выполняемых работ в виде линий.

Для новой шахты календарный план включает все виды капитальных работ по строительству (вскрытие, подготовку шахтного поля) и освоению ее производственной мощности вводом в эксплуатацию необходимого числа очистных забоев.

Календарный план должен обеспечивать возможность в любой момент определить:

- 1) очередность и сроки выполнения того или иного вида горных работ;
- 2) количество оборудования, необходимого для выполнения всех видов горных работ, соответственно, штат и квалификацию рабочих в разные периоды строительства шахты;
- 3) необходимое опережение проведения вскрывающих, подготовительных и нарезных выработок по сравнению с очистными работами для поддержания проектной мощности шахты после ее строительства.

Календарный план составляется на основе следующих материалов:

- 1) планы и разрезы месторождения с разбивкой на блоки, этажи, панели, горизонты, выемочные столбы по простиранию, по восстанию (падению) с указанием количества и качества запасов угля в них;
- 2) схемы вскрытия и подготовки шахтного поля, системы разработки угольных пластов;
- 3) протяженности, размеры и скорости проведения выработок, данные о расчетной производительности труда, потерях и т. д.

На основе подготовленного графического материала (схем вскрытия и подготовки шахтного поля, систем разработки пластов), и параметров объектов, принятых к строительству (промышленная площадка, горные выработки и др.) на графике линиями выделяются отдельные работы по каждому объекту строительства шахты, их объемы, темпы и сроки выполнения.

Объемы работ объектов строительства могут быть представлены в единицах измерения: м, м<sup>3</sup>, руб. Длины (объемы) выработок принимаются по чертежам схем вскрытия, подготовки и системы разработки, выполненных в масштабе. Продолжительность строительства каждой выработки ( $T_B$ , мес.) рассчитывается по формуле

$$T_B = \frac{L}{V}, \quad (3)$$

где  $L$  – длина (объем) выработки на момент сдачи шахты в эксплуатацию, м (м<sup>3</sup>);  $V$  – скорость (темп) проведения выработки, м/мес. (м<sup>3</sup>/мес.).

### **Темпы проведения горных выработок и организация труда**

Скорости проведения выработок шахт Кузбасса рекомендуется принимать на основе укрупненных нормативов месячных темпов, представленных в табл. 2.

Общая продолжительность строительства шахты ( $T_{ш}$ , мес.) рассчитывается как сумма продолжительностей строительства отдельных выработок, проведение которых не совмещается во времени (критический путь), выполнение которых требует максимального времени и, следовательно, определяет срок окончания строительства предприятия.

Таблица 2

#### **Укрупненные нормативы месячных темпов проведения выработок**

Наименование выработок	Норматив, м/мес.
Вертикальные стволы	40-50
Наклонные стволы: – по углю и с подрывкой пород – полевые	200-300 60
Выработки околоствольного двора	800 (м <sup>3</sup> /мес.)
Квершлаг и полевые штреки	60-100
Бремсберги, ходки: – по углю и с присечкой породы – полевые	400-600 80-100

Наименование выработок	Норматив, м/мес.
Уклоны, ходки: – по углю и с присечкой породы – полевые	200-300 80-100
Штреки: – по углю – с присечкой породы	400-800 200-350
Монтажные камеры	150-200
Шурфы (вертикальные, наклонные)	50-70

Таким образом, общая продолжительность строительства шахты

$$T_{\text{ш}} = \sum_{i=1}^N \frac{L_i}{V_i}, \quad (4)$$

где  $L_i$  – длина (объем)  $i$ -ой выработки (объектов) или ее часть, м ( $\text{м}^3$ );  $V_i$  – скорость проведения  $i$ -ой выработки, м/мес. ( $\text{м}^3/\text{мес.}$ );  $N$  – число выработок, находящихся на критическом пути.

Организация строительства предприятия по технологической схеме «шахта-лава» возникла в условиях рыночных отношений и планируется на уровне 1,5-2,0 года. На месторождении строится модульный шахто-участок с раскройкой пологого пласта, как правило, длинно-столбовыми системами разработки, протяженностью выемочных участков до 3,0-4,5 км, проведением горных выработок с добычей угля высокопроизводительными механизированными комплексами.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими основами работы.
2. Разобраться в примере построения линейного графика календарного плана строительства шахты.
3. В развитие проектного варианта разработки месторождения в пределах шахтного поля, сконструированного выше, для будущей шахты по чертежам вскрытия, подготовки и системы разработки определяются очередность работ, длины (объемы) и периоды времени строительства каждого объекта (промышленной площадки, горных выработок, монтажа механизированного комплекса и др.).
4. Работы, связанные со строительством шахты, могут производиться последовательно и параллельно. При последовательном выполнении смежных работ критерием является законченность предыдущей работы. Например, после проведения наклонного ствола проводится квершлаг. При параллельном

выполнении работ критерием является их независимость. Например, проведение наклонного ствола на основной промышленной площадке и наклонного шурфа на вспомогательной промышленной площадке шахты.

5. На основе подготовленных графических и расчетных данных вычерчивается линейный график календарного плана строительства шахты.

6. Оформить текстовую и графическую части работы.

### **Графические построения**

Для разработки календарного графика строительства шахты должны быть определены горные выработки технологической схемы, посредством которых осуществляется вскрытие и подготовка пластов для добычи угля очистными забоями. Длины (объемы) данных выработок определяются по соответствующим чертежам (вертикальный разрез схемы вскрытия и подготовки шахтного поля, горизонтальный разрез схемы вскрытия и подготовки на уровне транспортного горизонта, разрез в плоскости пласта, отображающий систему разработки), выполненными выше. Чертежи должны быть выполнены в рекомендованных масштабах.

### **Расчетные данные**

В календарном графике строительства шахты (пример в табл. 3) необходимо рассчитать для каждого объекта время выполнения работ. Строительство шахты начинается с промплощадки, продолжительность подготовки которой можно принять в денежном измерении. Продолжительность проведения каждой выработки ( $T_B$ , мес.) определяется по формуле (3). Так, например, продолжительность проведения наклонного вспомогательного воздухоподающего (путевого) ствола, 790 м с темпом проведения 60 м/мес. (табл. 3) равна  $790/60 = 13,2$  мес. Данное значение периода времени в виде линии откладывается на календарном графике. Таким образом, осуществляя проведение выработок, последовательно друг за другом, или для некоторых выработок – параллельно, сокращая сроки, формируется календарный план строительства шахты.

Таблица 3

## Пример календарного плана строительства шахты в виде линейного графика

Наименование объектов строительства	Объем работ	Месячный темп строительства	Продолжительность строительства, мес.	Годы, кварталы														
				2022				2023				2024						
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3				
1. Подготовка промышленных площадок шахты, тыс. руб.	1520	853,3	1,8	-														
2. Наклонный главный ствол	790 м	60 м	13,2															
3. Наклонный вспомогательный воздухоподающий (путевой) ствол	790 м	60 м	13,2															
4. Вертикальный центральный вентиляционный ствол 1	72 м	45 м	1,6															
5. Вертикальный фланговый вентиляционный ствол 2	72м	45 м	1,6															
6. Основной конвейерный штрек	3000 м	600 м	5,0															
7. Основной путевой штрек	3000 м	600 м	5,0															
8. Бремсберг	1100 м	400 м	2,8															
9. Путевой ходок, при бремсберге	1250 м	400 м	3,2															
10. Фланговый ходок 1	1250 м	400 м	3,2															
11. Фланговый ходок 2	1250м	400 м	3,2															
12. Вентиляционный штрек очистного забоя 1	3000 м	600 м	5,0															
13. Диагональная выработка (печь)	1395м	600м	2,3															
14. Конвейерный штрек очистного забоя, 1	3000 м	600 м	5,0															
15. Вентиляционный штрек очистного забоя 2	3000 м	600 м	5,0															
16. Проведение сбоек	300м	450 м	0,7															
17. Монтажная камера очистного забоя	240 м	200 м	1,2															
18. Монтаж оборудования очистных забоев, тыс. руб	1100	1100	1,0															

## **Календарное планирование отработки запасов выемочного поля пласта на основе линейного графика ввода-выбытия очистных забоев**

### **Теоретические основы работы**

Общие теоретические положения календарного планирования горных работ были рассмотрены на примере строительства шахты выше.

Календарное планирование отработки запасов угольного пласта угля является составной частью организации производства шахты на стадии развития горных работ. Аналогично построению календарного графика строительства шахты планирование отработки запасов выемочного поля осуществляется путем разработки графика ввода-выбытия очистных забоев.

Календарный график ввода-выбытия очистных забоев составляется на основе схемы подготовки и отработки выемочного поля пласта (например, рис. 4), расчетов запасов угля в выемочных участках, сроков ввода и выбытия из эксплуатации, скорости подвигания лав.

На основе графика ввода-выбытия очистных забоев составляется календарный план отработки запасов пласта в пределах выемочного поля.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с теоретическими основами работы.
2. Разобраться в примере построения линейного графика ввода-выбытия очистных забоев и чертежа календарного плана отработки запасов пласта в пределах выемочного поля.
3. В развитие разработанного проектного варианта строительства шахты разрабатывается график ввода-выбытия очистных забоев в выемочном поле (табл. 4) путем расчета запасов угля в выемочных участках, сроков ввода и выбытия из эксплуатации, скорости подвигания лав.
4. На основе графика ввода-выбытия очистных забоев составляется чертеж календарного плана отработки запасов пласта лавами в пределах выемочного поля (рис. 4).

### **Графические построения**

Согласно индивидуальному заданию (табл. 1) для спроектированных схемы подготовки и отработки пласта

выполняются расчеты отработки запасов работой очистных забоев. Конструируется линейный график ввода-выбытия очистных забоев (табл. 4.). Соответственно разработанному графику выполняется чертеж календарного плана отработки запасов выемочного поля (рис. 4, в порядке:

1) вычерчивается контуры выемочного поля пласта (принять из масштабов: 1:2000; 1:5000; 1:10000);

2) в пределах выемочного поля на чертеж наносится линиями проектируемые выработки (бремсберг, ходки, штреки), определяющие выемочные участки;

3) в пределах каждого выемочного участка откладывается в масштабе расчетное значение годового погашения запасов очистным забоем.

### Расчетные данные

Определяются параметры отработки запасов выемочного поля в соответствии с индивидуальным заданием (табл. 1) и сконструированной схемой подготовки и отработки пласта (панельной, этажной, погоризонтной).

В качестве примера приведем элементарные формулы расчетов для панельной схемы подготовки пласта.

Запасы выемочного столба  $Z_{ст}$  равны

$$Z_{ст} = [L_k - (b_{\bar{op}} + 2b_x + l_{\bar{op}} + 2l_x)] \cdot L_l \cdot m \cdot \gamma, \text{ тыс.т.}, \quad (5)$$

где  $L_k$  – длина крыла панели по простиранию, м;  $b_{\bar{op}}$  – ширина бремсберга, м;  $b_x$  – ширина ходка, м;  $l_{\bar{op}}$  – ширина целика бремсберга, м;  $l_x$  – ширина целика ходка, м;  $L_l$  – длина очистного забоя, м;  $m$  – мощность пласта, м;  $\gamma$  – плотность угля, т/м<sup>3</sup>.

Суточная скорость подвигания очистного забоя ( $V_{оз}$ , м/сут) определяется по формуле

$$V_{оз} = \frac{A_{оч}}{L_l \cdot m \cdot \gamma} \quad (6)$$

где  $A_{оч}$  – суточная нагрузка на очистной забой, т/сут;  $L_l$  – длина очистного забоя, м;  $m$  – вынимаемая мощность пласта, м;  $\gamma$  – плотность угля, т/м<sup>3</sup>.

Годовая и квартальные скорости подвигания очистного забоя (м/год, м/квартал) связаны с количеством рабочих дней в году и квартале (принимая, например,  $N_p = 300$  сут./год;  $N_p = 75$  сут/квартал). Соответственно, скорость подвигания в период ввода очистного забоя в эксплуатацию ниже вследствие планирования 70 % его нагрузки в квартал.

Время отработки выемочного столба ( $T_z$ , год) очистным забоем вычисляется по формуле

$$T_z = \frac{L_{cm}}{V_z}, \quad (7)$$

где  $L_{cm}$  – длина выемочного столба в ярусе, м;  $V_z$  – скорость подвигания очистного забоя, м/год.

### **Пример построения календарного плана отработки запасов панели пласта**

С учетом исходных данных:

- 1) размеры однокрылой панели, м:  
по простиранию – 3000;  
по падению – 1250;
- 2) мощность разрабатываемого пласта, м – 3,0;
- 3) плотность угля, т/м<sup>3</sup> – 1,35;
- 4) длина очистного забоя, м – 240;
- 5) нагрузка на очистной забой, т/сут. – 10 000;
- 6) количество действующих очистных забоев в ярусе – 1;
- 7) система разработки – длинные столбы по простиранию;
- 8) порядок отработки ярусов – обратный;
- 9) порядок отработки выемочных столбов панели – нисходящий;

### **Расчеты к примеру**

Запасы выемочного столба  $Z_{cm}$  равны

$$Z_{cm} = [3000 - (5 + 2 \cdot 5 + 15 + 2 \cdot 20)] \cdot 240 \cdot 3,0 \cdot 1,35 = \\ = 2847960 \approx 2847000 \text{ т,}$$

где 3 000 – длина крыла панели по простиранию, м; 5 – ширина бремсберга, м; 15 и 20 – ширина целиков угля в направлении от бремсберга, м; 5 – ширина ходка, м; 240 – длина

очистного забоя, м; 3,0 – мощность пласта, м; 1,35 – плотность угля, т/м<sup>3</sup>.

Суточная скорость подвигания очистного забоя определяется по формуле (6)

$$V_{оз} = \frac{10000}{240 \cdot 3,0 \cdot 1,35} = 10,28 \approx 10,2 \text{ м/сут.}$$

Годовая скорость подвигания очистного забоя определяется по формуле

$$V_g = 10,2 \cdot 300 = 3060 \text{ м/год}$$

или

$$V_{мес} = 10,2 \cdot \frac{300}{12} = 255 \text{ м/мес.}$$

Время отработки выемочного столба ( $T_g$ , год) очистным забоем вычисляется по формуле (7)

$$T_g = \frac{2930}{3060} = 0,948 \approx 0,95 \text{ год.}$$

По выполненным расчетам линейный график ввода-выбытия очистных забоев при отработке запасов панели приведен в табл. 4.

Соответствующий линейному графику ввода-выбытия очистных забоев календарный план, реализующий схему порядка отработки запасов панели, представлен рис. 4.

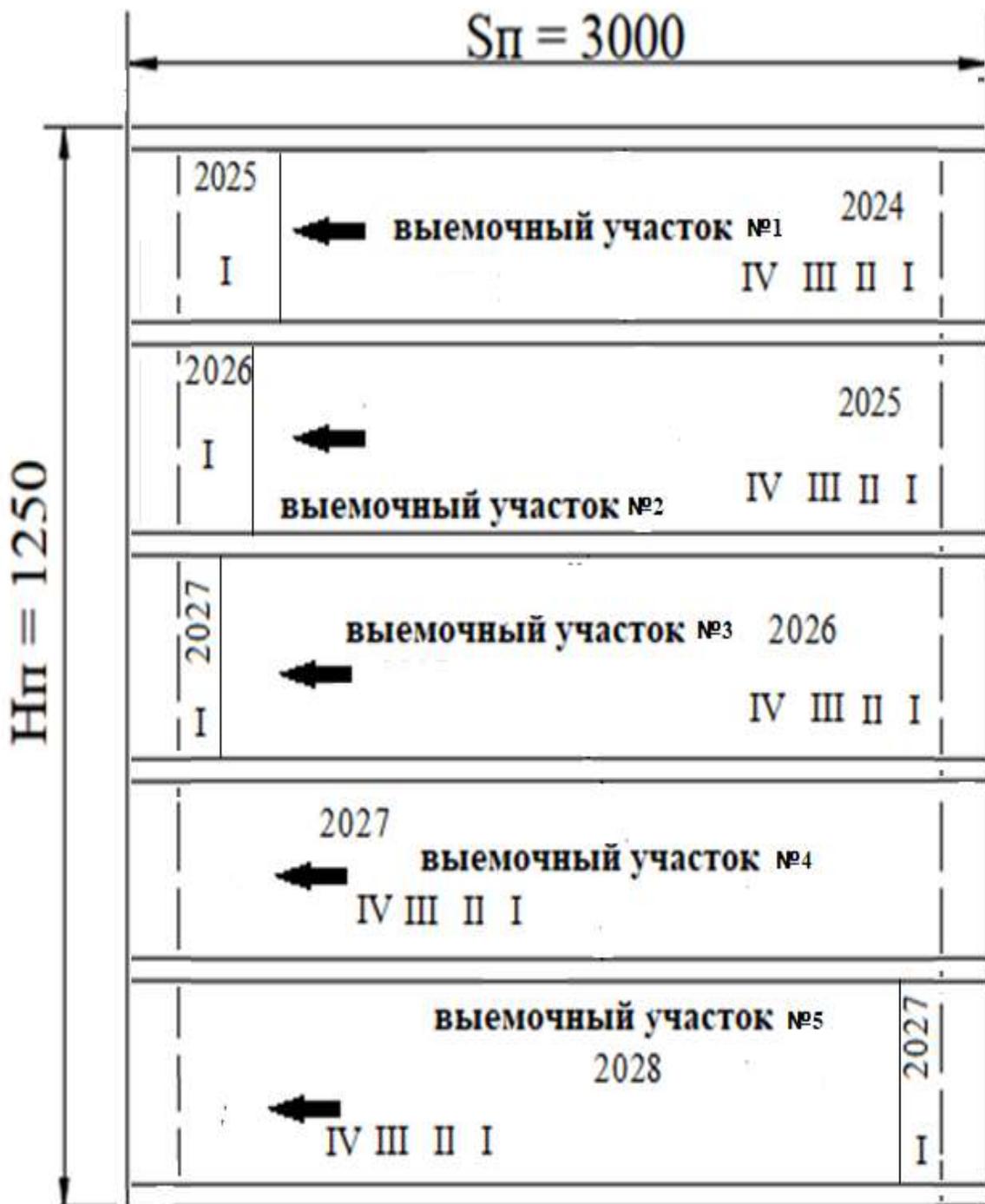


Рис. 4. Пример календарного плана отработки запасов панели пласта.  
 По выемочным столбам лав указаны: год добычи, направление отработки и объем добычи в соответствии с календарным графиком (табл. 4).

Таблица 4

## Пример линейного графика ввода-выбытия очистных забоев при отработке запасов панели пласта

Показатели	Пром. запасы угля, тыс. т	Средняя мощность пласта, м	Плановая нагрузка на очистной забой т/сут.	Годы отработки запасов, кварталы																			
				2024				2025				2026				2027				2028			
				I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Лава №	2847	3,0	10000	500	729	729	729	160															
Лава № 2	2847	3,0	10000					569	729	729	729	91											
Лава № 3	2847	3,0	10000									638	729	729	729	22							
Лава № 4	2847	3,0	10000													707	729	729	682				
Лава № 5	2847	3,0	10000																47	729	729	729	613
Итого по панели:	14235	3,0	10000																				
Кол-во очистных забоев				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Количество подготовительных забоев				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Годовая добыча шахты тыс.т				530	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
в том числе: из очистных забоев, т				500	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729
из подготовительных забоев, т				30	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21



**Календарное планирование работы очистных и  
подготовительных забоев при отработке запасов  
выемочного поля пласта  
Теоретические основы работы**

Основой календарных планов ведения очистных работ, последовательности, объемов и сроков начала и окончания проведения подготовительных выработок являются принятые в проекте технологические схемы разработки пластов, например, [7].

Известно [1-3], что несоответствие между подготовкой и отработкой очистного фронта неоправданно по многим факторам. Своевременное воспроизводство очистного фронта зависит от горно-геологических, технических, технологических, экономических ресурсов, нормативных ограничений ведения горных работ, качества проходки выработок и является сложной оптимизационной задачей.

В производственной программе воспроизводства очистного фронта планирование подготовки и отработки запасов осуществляется на основе принципа согласования сроков начала и окончания работ между отрабатываемыми и вводимыми в эксплуатацию выемочными участками. В простом случае, т. е. без учета значительного числа неопределенностей информации, должно соблюдаться следующее равенство:

$$T_{подг} - T_{оз} = (T_{пров} + T_{вспом} + T_{рез}) - T_{оз} = 0, \text{ мес.} \quad (8)$$

где  $T_{подг} = T_{пров} + T_{вспом} + T_{рез}$  – время, необходимое для подготовки вводимого в эксплуатацию выемочного участка взамен выбывающего, мес.;  $T_{пров}$  – время, необходимое для проведения выработок вводимого в эксплуатацию выемочного участка взамен выбывающего, мес.;  $T_{вспом}$  – время, необходимое для выполнения нормативных мероприятий по подготовке выемочного участка к производственной эксплуатации, мес.;  $T_{рез}$  – резерв времени на непредвиденные задержки при подготовке выемочного участка, принимают  $T_{рез} = 1 - 2$  мес.;  $T_{оз}$  – время отработки запасов оставшейся части выбывающего участка, мес.

В уравнении (8) возможны следующие соотношения между временными показателями:

1.  $T_{ниг} > T_o$  – время подготовки следующего выемочного участка больше времени отработки запасов оставшейся части выбывающего участка, мес. Подготовка следующего выемочного участка должна начинаться раньше времени отработки запасов выбывающего участка. Создается определенная напряженность в подготовке очистного фронта по шахте;

2.  $T_{подг} = T_{оз}$  – время начала подготовки следующего выемочного участка совпадает со временем отработки запасов выбывающего участка, мес. Существует относительное равновесие между работой подготовительных и очистных бригад.

3.  $T_{подг} < T_{оз}$  – время подготовки следующего выемочного участка меньше периода времени отработки запасов выбывающего участка, мес. Создается определенный резерв времени в подготовке очистного фронта и как следствие – подготовительные бригады могут простаивать, переводится на другие работы и т. д.

При подготовке и отработке запасов угля выемочных участков пластов комплекс планируемых работ может быть представлен в виде трех основных групп:

1) очистные работы – отработка запасов выемочных участков;

2) подготовительные работы – проведение выработок вводимых в эксплуатацию выемочных участков взамен погашаемых;

3) вспомогательные работы – выполнение нормативных мероприятий по подготовке выемочных участков к эксплуатации в виде дегазации, снижению выбросов и удароопасности, осушению и прочие.

Соответственно для каждого класса систем разработки пластов и их разновидностей характерна своя календарная взаимосвязь между местоположением очистных и подготовительных забоев и проведением вспомогательных работ.

Расчет временных переменных, входящих в уравнение (8), производится на основе физических объемов и нормативов выполнения работ: протяженности и темпов проведения выработок, протяженности выемочных участков и темпов подвигания очистных забоев, параметров дегазации, осушения и других необходимых мероприятий. При этом начало работ по подготовке следующего

выемочного участка рассчитывается в обратном порядке – от календарной даты ввода следующего очистного забоя в эксплуатацию взамен выбывающего.

Пример календарного графика подготовки и отработки запасов панели угольного пласта.

Условия задачи: для условий примера, приведенного выше составить календарный график работы очистного забоя выемочного участка № 1 и подготовительных выработок следующего выемочного участка № 2. Вентиляционный штрек лавы № 3 и конвейерный штрек лавы № 2 проводят спарено. Время монтажа комплекса  $t_{мон} = 1$  мес. Время резерва на непредвиденные задержки при подготовке выемочного столба лавы № 2 принять  $T_{рез} = 1$  мес.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими основами работы.
2. Разобраться в примере календарного графика отработки запасов выемочного столба лавой № 1 своевременной подготовки следующего выемочного столба для лавы № 2.
3. В развитие проектного варианта строительства шахты производится расчет календарного периода, в который необходимо начать проходческие работы для своевременного ввода в эксплуатацию следующей лавы в выемочном поле.
4. Построить линейный график развития следующих работ: погашение запасов выемочного участка лавой № 1 и необходимые подготовительные работы по вводу в эксплуатацию выемочного участка лавы № 2.

### Расчеты к примеру:

Определим время  $T_{подг}$  по формуле (8), необходимое на подготовку следующего выемочного столба (лава № 2) к ведению очистных работ

$$\begin{aligned} T_{подг} &= T_{пров} + T_{вспом} + T_{рез} + t_{дег} = t_{штр} + t_{монт} + t_{сб} + t_{мон.к.} + T_{рез} + t_{дег} = \\ &= \frac{3000}{600} + 1 + \frac{300}{450} + \frac{240}{200} + 1 = 5,0 + 1 + 0,7 + 1,2 + 1 = 8,9 \text{ мес.} \end{aligned}$$

где  $T_{подг} = T_{пров} + T_{вспом} + T_{рез}$  – время, необходимое для подготовки вводимого в эксплуатацию выемочного участка взамен

выбывающего, мес.;  $T_{пров}$  – время, необходимое для проведения выработок вводимого в эксплуатацию выемочного участка взамен выбывающего, мес.;  $T_{вспом}$  – время, необходимое для выполнения нормативных мероприятий по подготовке выемочного участка к производственной эксплуатации, мес.;  $T_{рез}$  – резерв времени на непредвиденные задержки при подготовке выемочного участка, принимают  $T_{рез} = 1-2$  мес.;  $T_{оз}$  – время отработки запасов оставшейся части выбывающего участка, мес.;  $t_{штр}$  – время проведения конвейерного штрека лавы №2 и вентиляционного штрека лавы № 3;  $t_{монт}$  – время перемонтажа очистного комплекса в лаве № 2;  $t_{монт} = 1$  мес.;  $t_{сб}$  – время проведения сбоек по выемочному столбу лавы № 2;  $t_{мон.к.}$  – время проведения монтажной камеры лавы № 2;  $T_{рез}$  – время резерва на непредвиденные задержки при подготовке столба лавы № 2;  $t_{дег}$  – время дегазации,  $t_{дег} = 6$  мес.

Разница времени  $\Delta$  между отработкой запасов выемочного столба № 1 очистным забоем и подготовкой запасов выемочного столба № 2 к добыче угля равна

$$\Delta = T_{оз} - T_{подг} = \frac{L_{ст}}{V_{м}} = \frac{2930}{255} - 8,9 = 10,2 - 8,9 \approx 1,3 \text{ мес.}$$

В данной проектной ситуации табл. 5  $T_{подг} < T_{оз}$  подготовительные работы по подготовке выемочного столба лавы № 2 опережают очистные работы в выемочном столбе лавы № 1 по времени на 2 месяца. Это приводит к перерасходу затрат на поддержание в рабочем состоянии проведенных выработок, простоя проходческого оборудования, отвлечения проходчиков на другие работы и т. д.

Как в данной ситуации  $T_{подг} < T_{оз}$ , так и при  $T_{подг} > T_{оз}$ , возникающей, например при повышенной метаноносности угольного пласта и необходимости проведения вспомогательных работ

в

виде

$T_{вспом}$  = 6 мес. на дегазацию пласта. Для обеспечения ритмичной работы шахты важно увязать между собой технологии подготовки и отработки запасов по выемочным участкам.

### **Примерные вопросы на защиту индивидуального задания**

1. В чем заключаются особенности проектирования шахт?
2. Назовите порядок конструирования горной части технологической схемы новой шахты на месторождении.
3. Каким образом осуществляется выбор наилучшего варианта технологической схемы шахты?
4. В чем заключается и как решается основная задача организации строительства и развития горных работ шахты?
5. Из каких основных элементов состоит система календарного планирования горных работ в проекте строительства шахты?
6. Что является основой для календарного планирования горных работ в проекте шахты?
7. Что понимается при календарном планировании горных работ шахты под терминами «план» и «график»?
8. Назовите порядок построения календарного плана строительства шахты.
9. Какие факторы влияют на своевременную подготовку выемочного участка?
10. Что понимается под календарным графиком подготовки и отработки запасов панели, этажа, горизонта, пласта?
11. Для каких целей строятся календарные планы развития горных работ на шахте?
12. Назовите порядок построения календарных планов отработки запасов пласта.
13. С какой целью планируются работы очистных и подготовительных забоев при отработке запасов выемочных полей шахты?
14. Какие основные виды работ должны учитываться при плановой подготовке и отработке запасов участков в выемочном поле?
15. Каким образом обеспечивается соответствие между подготовкой и отработкой очистного фронта по шахте?



#### **4. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

1. Организация проектных работ горных предприятий.
2. Направления совершенствования проектирования горных предприятий.
3. Формы развития шахт (новое строительство, расширение, реконструкция, техническое перевооружение, поддержание мощности, закрытие).
4. Стадии и этапы проектирования.
5. Обоснование инвестиций в строительство (новое строительство, расширение, реконструкция, техническое перевооружение, поддержание мощности, закрытие).
6. Бизнес-план строительства шахты.
7. Техничко-экономическое обоснование (проект) строительства шахты.
8. Рабочая документация.
9. Сметная документация
10. Типовые, унифицированные и повторно применяемые проекты.
11. Содержание проекта.
12. Горное законодательство при проектировании шахт.
13. Информационное обеспечение проектирования шахт.
14. Нормативная база проектирования шахт.
15. Основные банки данных проектирования шахт.
16. Качественные и количественные параметры шахт, динамика их изменения.
17. Поэтапный подход к проектированию шахт. Этап проектирования, глубина прогнозирования, «долгожитие» основных элементов технологических схем шахт.
18. Метод комплексной оптимизации параметров шахт.
19. Этапы и задачи прогнозирования при проектировании шахт.
20. Методы прогнозирования, используемые при проектировании шахт.
21. Требования к технологической схеме проектируемой шахты.
22. Показатели эффективности проектных решений и работы шахт.
23. Критерии оптимальности проектных решений.
24. Надежность и точность определения оптимальных параметров шахт.
25. Теория принятия решений – метод определения параметров и проектирования шахт.

26. Методы выполнения проектных работ.
27. Метод исследования целевой функции на экстремум при определении размеров шахтного поля.
28. Метод линейного программирования при решении проектных задач.
29. Метод динамического программирования при решении проектных задач.
30. Статистические методы анализа и прогнозирования при решении проектных задач.
31. Метод сравнения вариантов при решении проектных задач.
32. Методы теории графов.
33. Метод вариантов и экономико-математического моделирования.
34. Методы многокритериальной оценки и обоснования решений.
35. Последовательность составления проекта шахты.
36. Принципы конструирования рациональной технологии сети горных выработок
37. Обоснование и расчет проектной мощности шахты.
38. Методы определения нагрузки на очистной механизированный забой.
39. Методы определения длины очистного механизированного забоя.
40. Определение размеров блоков, панелей, горизонтов.
41. Обоснование порядка отработки запасов шахтного поля.
42. Управление запасами при отработке шахтного поля.
43. Последовательность проектирования схемы и параметров вентиляции шахты.
44. Последовательность проектирования систем подземного транспорта шахты.
45. Проектирование и оценка системы безопасности на шахтах.
46. Принципы выбора прогрессивных средств механизации горных работ.
47. Проектирование механизации подготовительных и очистных работ.
48. Основные принципы автоматизированного проектирования (САПР) шахт.
49. Интегральная оценка качества проектных решений

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Супруненко А.Н. Проектирование шахт: методические указания для выполнения практических работ студентами специальности 2105.04 «Горное дело» специализации 21.05.04.01 «Подземная разработка пластовых месторождений» очной формы обучения / А.Н. Супруненко, А.В. Адамков: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, - Кемерово, 2022. – Текст: электронный
2. Проектирование угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик / под ред. Е.В. Петренко. – М.: Недра коммюникейшнс ЛТД, 2000. – 312 с.
3. Шестаков В. А. Проектирование горных предприятий: Учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во Моск. госуд. горн. ун-та, 2003. - 795 с.
4. Ялевский В. Д. Модульные горнотехнические структуры вскрытия и подготовки шахтных полей Кузбасса (Теория. Опыт. Проекты) / В. Д. Ялевский, В. А. Федорин. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2000. – 224 с.
5. Правила безопасность в угольных шахтах. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Приказ № 507 от 08.12.2020 г.
6. Инструкция по аэрологической безопасности угольных шахт. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Приказ № 506 от 08.12.2020 г.
7. Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений". Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Приказ № 515 от 10.12.2020 г.
8. Инструкция по предупреждению экзогенной и эндогенной пожароопасности на объектах ведения горных работ угольной промышленности. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Приказ № Пр-469 от 27.11.2020 г.
9. Инструкция по дегазации угольных шахт. Серия 05. Выпуск 22. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2012. – 250 с.

10. Типовые схемы вскрытия, подготовки и отработки угольных пластов для шахт Российской Федерации (альбом) / В. Б. Артемьев, А. В. Брайцев, В. И. Гудин и др.; под ред. М. И. Щадова. – М.: Федеральное агентство по энергетике, 2007. – 229 с.

11. Технологические схемы подготовки и отработки выемочных участков на шахтах ОАО "СУЭК-Кузбасс" [Текст] : альбом / О. И. Казанин [и др.] ; СУЭК (Сибирская угольная энергетическая компания). - 2-е изд., испр. – М. : Изд-во «Горное дело» ООО "Киммерийский центр" - (Библиотека горного инженера) - 2014. - 255 с.

12. Методические указания по оформлению курсовых, дипломных проектов и отчетов по практикам для студентов всех форм обучения горных специальностей / сост. : А. Н. Супруненко. – Кемерово : КузГТУ, 2007. – 33 с.

13. Малкин, А.С. Проектирование шахт: учеб. для вузов / А.С. Малкин, Л. А. Пучков, А.Г. Саламатин, В.М. Еремеев. – М.: Изд-во Академии горн. наук, 2000. – 375 с.

Составители  
Супруненко Александр Николаевич  
Адамков Аркадий Викторович

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШАХТ**

Методические указания к самостоятельной работе для  
обучающихся  
специальности 2105.04 «Горное дело»  
специализации 21.05.04.01 «Подземная разработка пластовых  
месторождений» всех форм обучения