

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Кузбасский государственный
технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Составители
Супруненко Александр Николаевич
Адамков Аркадий Викторович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШАХТ

Методические материалы к практическим работам
Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности
21.05.04 «Горное дело» специализации 21.05.04.01 «Подземная
разработка пластовых месторождений» очной формы обучения в
качестве электронного издания для использования
в образовательном процессе

Кемерово 2022

Рецензент:

Филимонов К. А. – к.т.н., доцент кафедры РМПИ

Супруненко Александр Николаевич

Адамков Аркадий Викторович

Проектирование шахт : методические материалы к практическим для обучающихся 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.

Составлено 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 пяти практических работ, индивидуальное задание, рекомендации к его выполнению, приведены вопросы по темам для контроля изучения.

© Кузбасский государственный
технический университет имени
Т. Ф. Горбачева 2022

© Супруненко А. Н., Адамков А. В.
составление, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Практическая работа № 1 Тема: Основы методологии проектирования и конструирования качественных характеристик технологической схемы шахты.....	7
Методология проектирования.....	7
Порядок конструирования технологической схемы новой шахты.....	9
Детальное изучение и анализ исходных данных.....	10
Система разработки и механизация очистных забоев.....	10
Вскрытие, подготовка и отработка шахтного поля.....	10
Расчеты и графические построения.....	11
Проектные решения.....	13
Вариант индивидуального задания.....	20
Порядок выполнения практической работы №1.....	22
Контрольные вопросы.....	22
2. Практическая работа № 2 Тема: Календарный план строительства шахты в виде линейного графика.....	23
Предварительные графические построения.....	25
Расчетные данные.....	26
Порядок выполнения практической работы № 2.....	26
Контрольные вопросы.....	27
3. Практическая работа № 3 Тема: Календарное планирование строительства шахты в виде сетевого график.....	27
Порядок выполнения практической работы № 3.....	33
Контрольные вопросы.....	33
4. Практическая работа № 4 Тема: Календарное планирование отработки запасов выемочного поля пласта на основе линейного графика ввода-выбытия очистных забоев.....	35
Порядок выполнения практической работы № 4.....	38
Контрольные вопросы.....	38
5. Практическая работа № 5 Тема: Календарное планирование работы очистных и подготовительных забоев при отработке запасов выемочного поля пласта.....	41
Порядок выполнения практической работы № 5.....	44
Контрольные вопросы.....	45
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	47

ВВЕДЕНИЕ

Воспроизводство регулярно выбывающих объектов угледобывающей промышленности требует планомерное строительство новых, а также расширение, реконструкцию и техническое перевооружение действующих шахт. Для выполнения указанных работ разрабатывается соответствующий проект.

Прогрессивность и экономичность функционирования и развития будущих шахт зависит от степени учета последних достижений горной науки, техники и технологии, насколько полно использованы инновационные технологии в их проектировании. На настоящее время разработка угольного месторождения осуществляется в направлении проектирования и строительства нескольких модульных производственных участков, организованных к отработке запасов по технологической схеме «шахта-лава».

Методология проектирования современной шахты представляет организационную процедуру, состоящую из последовательности определенных действий или операций, применение которых приводит к достижению или приближению к поставленной цели. Общей концепцией (основной идеей) создания проекта строительства шахты является системный анализ.

Представление проекта в виде системы – комплекса взаимосвязанных внутренних элементов и подсистем с определенной структурой и функциями, широким набором свойств, внутренними и внешними связями позволяет улучшить качество проекта за счет выбора технологических схем горных работ, надежности, безопасности и других характеристик и увеличить срок жизни проекта при внедрении в производство.

Методологический аппарат проектирования шахт содержит многочисленные методы, средства и приемы, с помощью которых разрабатываются и обосновываются применяемая техника и технологии разработки угольных пластов. При этом сам процесс проектирования любой части проекта опирается на предыдущий опыт, достижения фундаментальных и прикладных наук, теоретических и экспериментальных исследований, интуицию и творчество проектировщика др. [1-12].

В общем случае, разработка нового объекта осуществляется не только путем проектирования, но и с помощью конструирования – взаимосвязанными процессами, дополняющими друг друга.

Проектирование – это выбор некоторого способа действия, в котором рассматриваются процессы построения общей схемы создания объекта. Результатом проектирования является документ – проект разрабатываемого объекта. В каждом проекте создается основа для *конструирования* – более детальная проработка схемы создания объекта, поиск лучших решений, вплоть до оригинальных, претендующих на изобретение. Таким образом, *задача проектирования* – сложная комплексная задача, являющаяся совокупностью конструкторских задач, в которую могут входить отдельные изобретательские задачи.

Решение многочисленных задач проектирования современной шахты связано с большим объемом необходимой информации, системным подходом, моделированием и оптимизацией параметров различных технологических схем как, в общем, предприятия, так и его подсистем и элементов. Необходимость в своевременной подготовке очистного фронта и интенсивная отработка запасов угля высокопроизводительными механизированными комплексами требует вести разработку проектных решений на разные временные периоды добычи угля и перспективное развитие горных работ.

Методические указания для выполнения практических работ предусматривают усвоение основных принципов разработки проекта строительства новой шахты, начала ее эксплуатации в нетронутые горные работы угольном месторождении. Приобретаются навыки в конструировании технологической схемы шахты, организации ее строительства и развития горных работ с помощью календарного планирования.

Данные указания состоят из пяти практических работ, которые студент выполняет последовательно. Каждая следующая работа выполняется в развитие предыдущих работ. Исходные данные к индивидуальному варианту задания студенту для всех последовательно выполняемых работ приведены в практической работе № 1 (табл. 1). Номер варианта индивидуального задания определяет преподаватель.

В первой работе рассмотрены методология проектирования и порядок конструирования горной части технологической схемы строительства новой шахты. Анализируются горно-геологические условия угольного месторождения, в которых в соответствии с исходными данными индивидуального задания прорабатываются идеи и параметры вскрытия пластов шахтного поля, подготовки и отработки запасов, системы разработки, вентиляции, транспорта и др. Результатом выполнения работы является проектный вариант технологической схемы шахты.

Следующие практические работы направлены на организацию внедрения проектного варианта технологической схемы шахты в ее строительство и развитие горных работ на основе методов календарного планирования. Календарный план строительства новой шахты выполняется в форме линейного и сетевого графиков. Развитие горных работ связано с разработкой линейного графика ввода-выбытия очистных забоев и представлением на маркшейдерском плане пласта календарных объемов погашения запасов. Для обеспечения бесперебойной добычи угля по шахте строится совместный календарный график работы подготовительных и очистных забоев.

Каждая практическая работа включает краткие теоретические основы, рекомендации к выполнению, пример и контрольные вопросы.

Для проектирования современной шахты по технологической схеме «шахта-лава» используются творчество, знания нормативных документов и дисциплин «Геология», «Основы горного дела», «Подземная разработка пластовых месторождений», умения и навыки, приобретенные на практических занятиях.

Для проверки преподавателем и к защите студентом каждая практическая работа представляется в виде текстового и графического материала в соответствии с требованиями, изложенных в «Методических указаниях по оформлению курсовых, дипломных проектов и отчетов по практикам» [12].

1. Практическая работа № 1

Тема: Основы методологии проектирования и конструирования качественных характеристик технологической схемы шахты

Цель работы. Усвоение методологии проектирования и приобретение навыков в конструировании технологической схемы шахты из схем вскрытия, подготовки и отработки шахтного поля, систем разработки угольных пластов.

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 определиться 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 ориентировочно-

го 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. 1.5).

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:

$$n = \frac{A_{ш} \cdot K_{оз}}{A_{озi}}, \quad \text{при} \quad A_{озi} = A_{оз(i+1)} \quad (1.1)$$

или

$$\sum_{i=1}^n A_{оз} \geq A_{ш} \cdot K_{оз} \quad \text{при} \quad A_{озi} \neq A_{оз(i+1)} \quad (1.2)$$

где $A_{ш}$ – производственная мощность шахты, тыс. т/год, (тыс. т/сут.); $K_{оз} = 0,95$ – примерная доля добычи угля из очистных забоев; $0,05$ – соответственно попутная добыча из пластовых подготовительных выработок, проводимых для воспроизводства очистного фронта; $A_{озi}$ – нагрузка на i -ый очистной механизированный 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.

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 висячем боку вкрест 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 подвиганием очистного забоя.

5. Принимаем $n = 1$ очистной механизированный забой в работе по шахте из расчета по формуле (1.1) при числе 300 рабочих дней в году (300 дней обычно принимается при проектировании шахт).

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

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. 1.1-1.5.

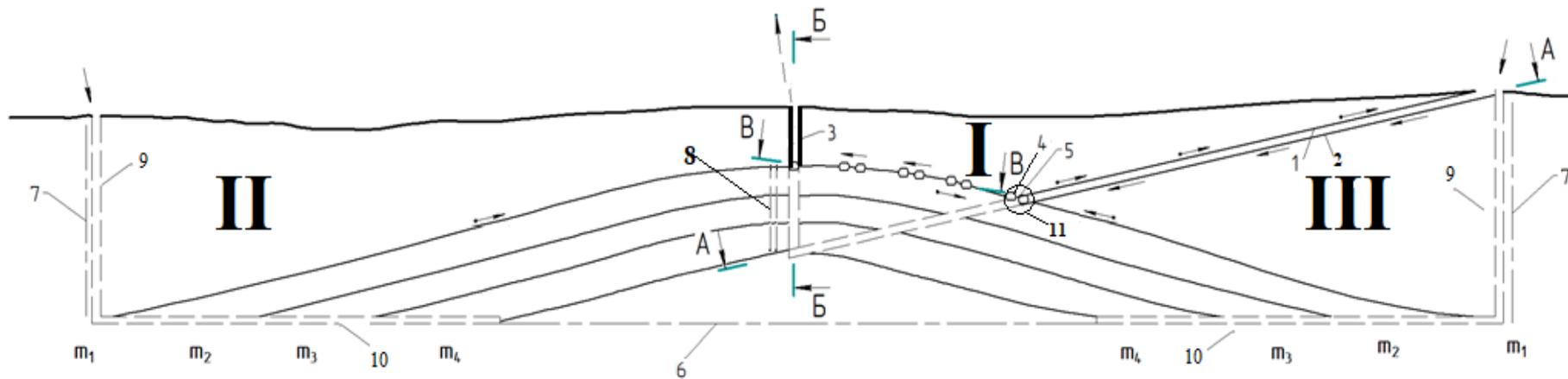


Рис. 1.1. Вертикальный разрез свиты пластов антиклинальной складчатости (комбинированная схема вскрытия): 1 – конвейерный (главный) наклонный ствол; 2 – вспомогательный наклонный ствол (грузовой, воздухоподающий, вентиляционный – комбинация данных функций ствола зависит от очередности разработки частей 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

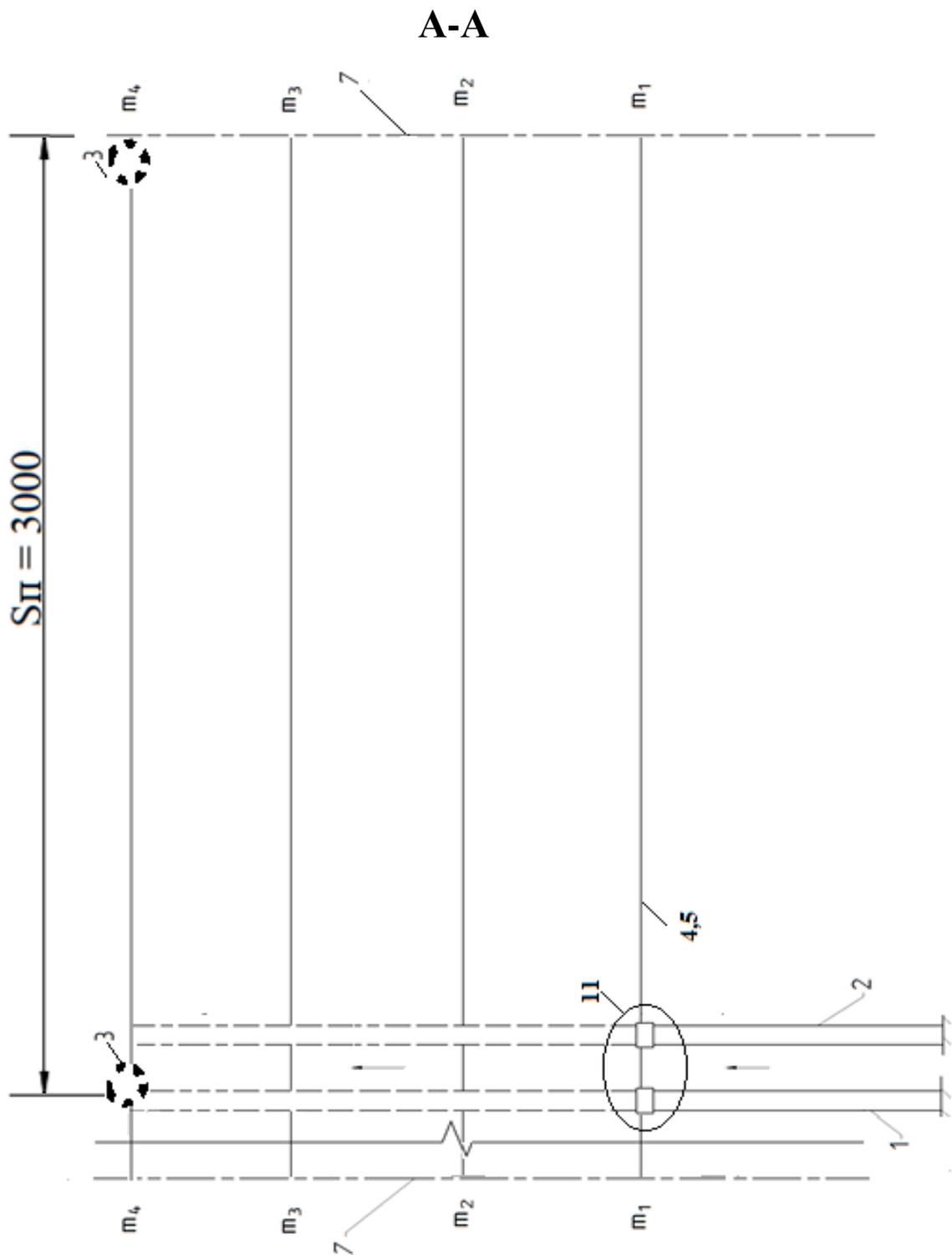


Рис. 1.2. Разрез в плоскости наклонных стволов:
 1 – конвейерный (главный) наклонный ствол; 2 – вспомогательный наклонный ствол (грузовой, воздухоподающий, вентиляционный – комбинация данных функций ствола зависит от очередности разработки частей свиты пластов); 3 – вертикальные вентиляционные стволы; 4, 5 – основной путевой и конвейерный штрек пласта m_1 ; 7 – границы шахтного поля, 11 – околоствольный двор при наклонных стволах

Б-Б

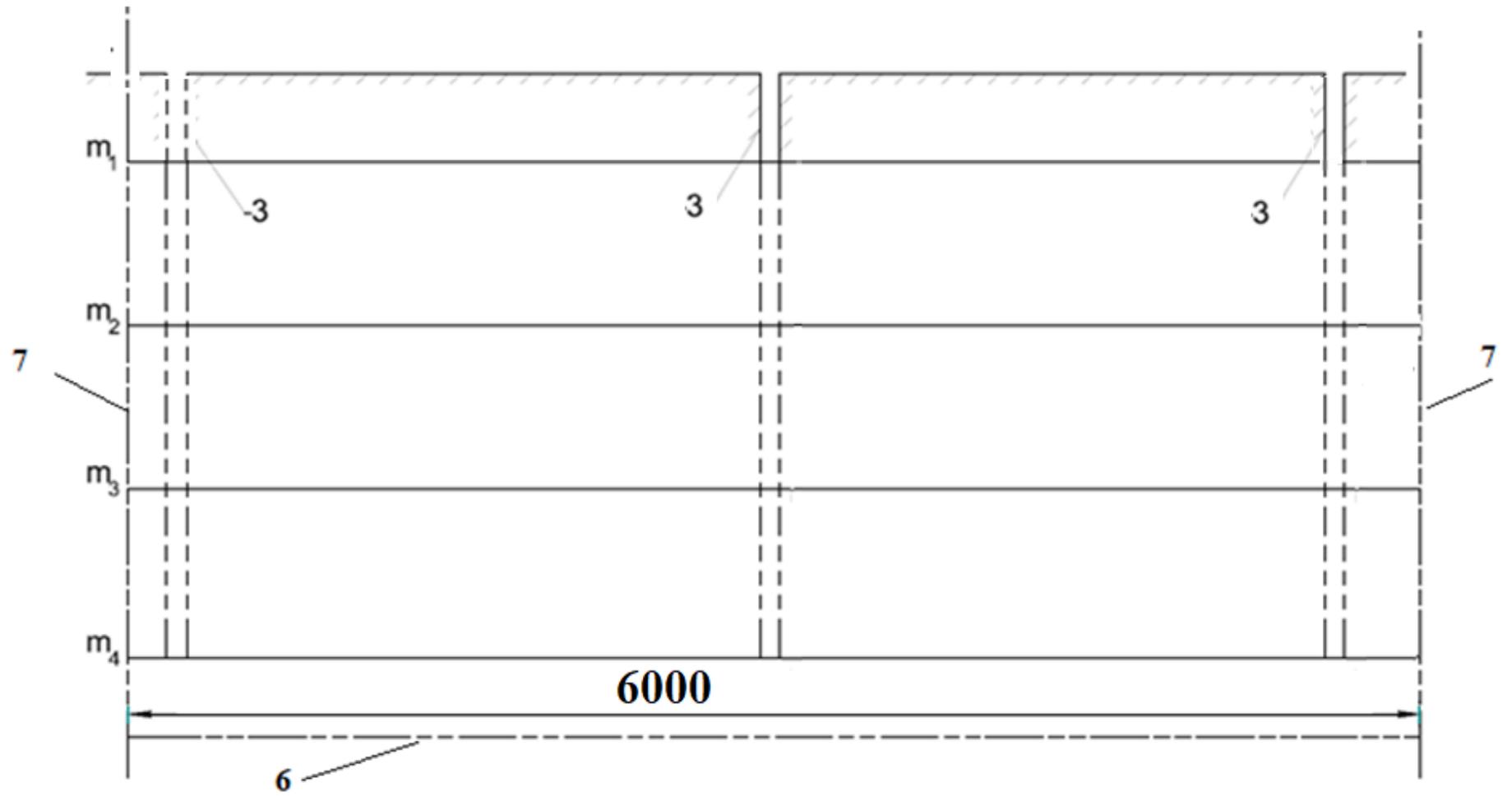


Рис. 1.3. Разрез в плоскости вертикальных вентиляционных стволов:
3 – вертикальные вентиляционные стволы; 6, 7 – границы шахтного поля

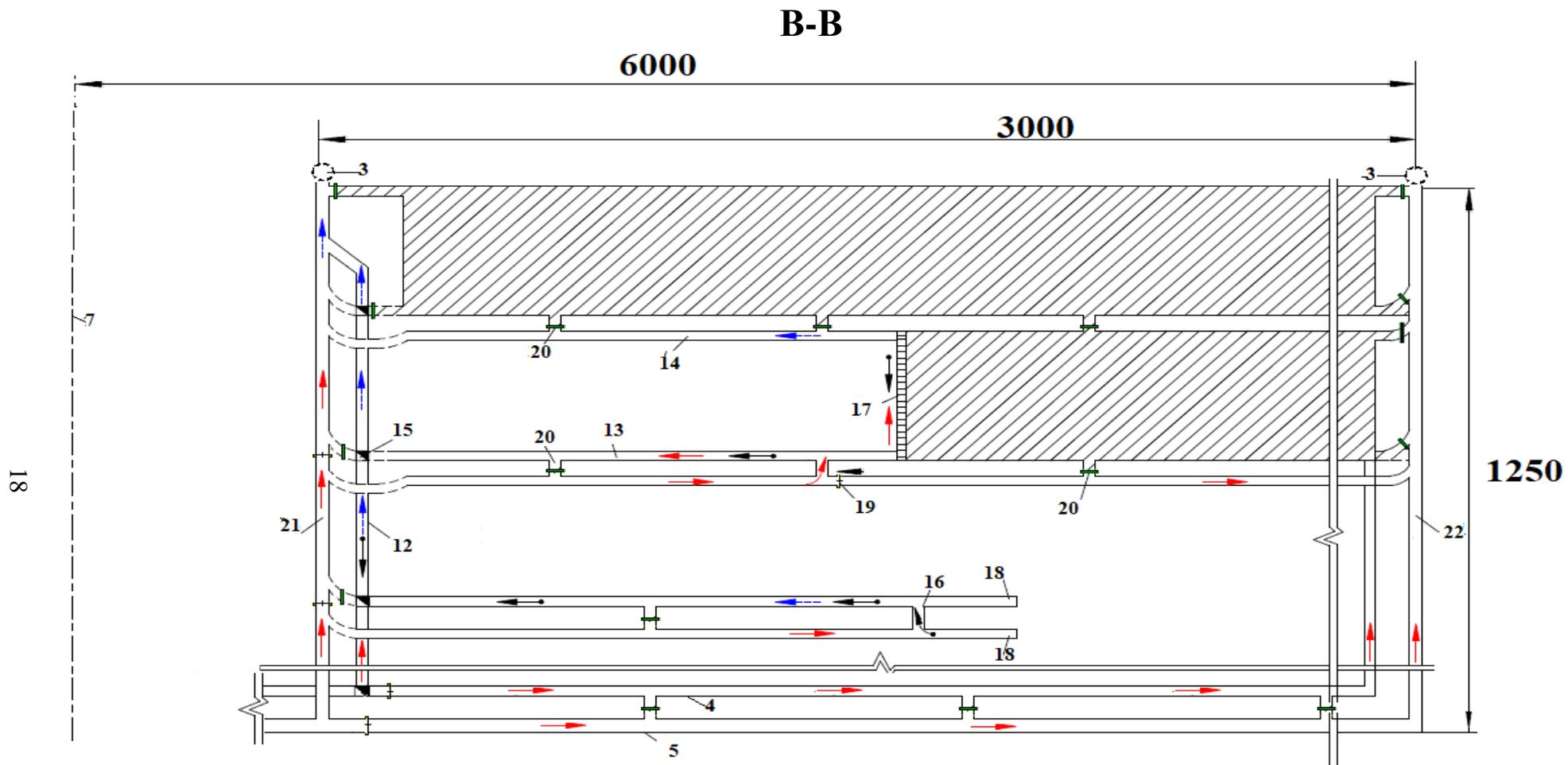


Рис. 1.4. Система разработки длинными столбами по простираению пласта m_1 , выемочное поле представлено односторонней панелью:

- 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 – аккумулирующий бункер; 16 – сбойка; 17 – очистной забой; 18 – подготовительный забой; 19 – перемычка с регулятором; 20 – перемычка, изолирующая с врубом; 21 – грузолодской ходок

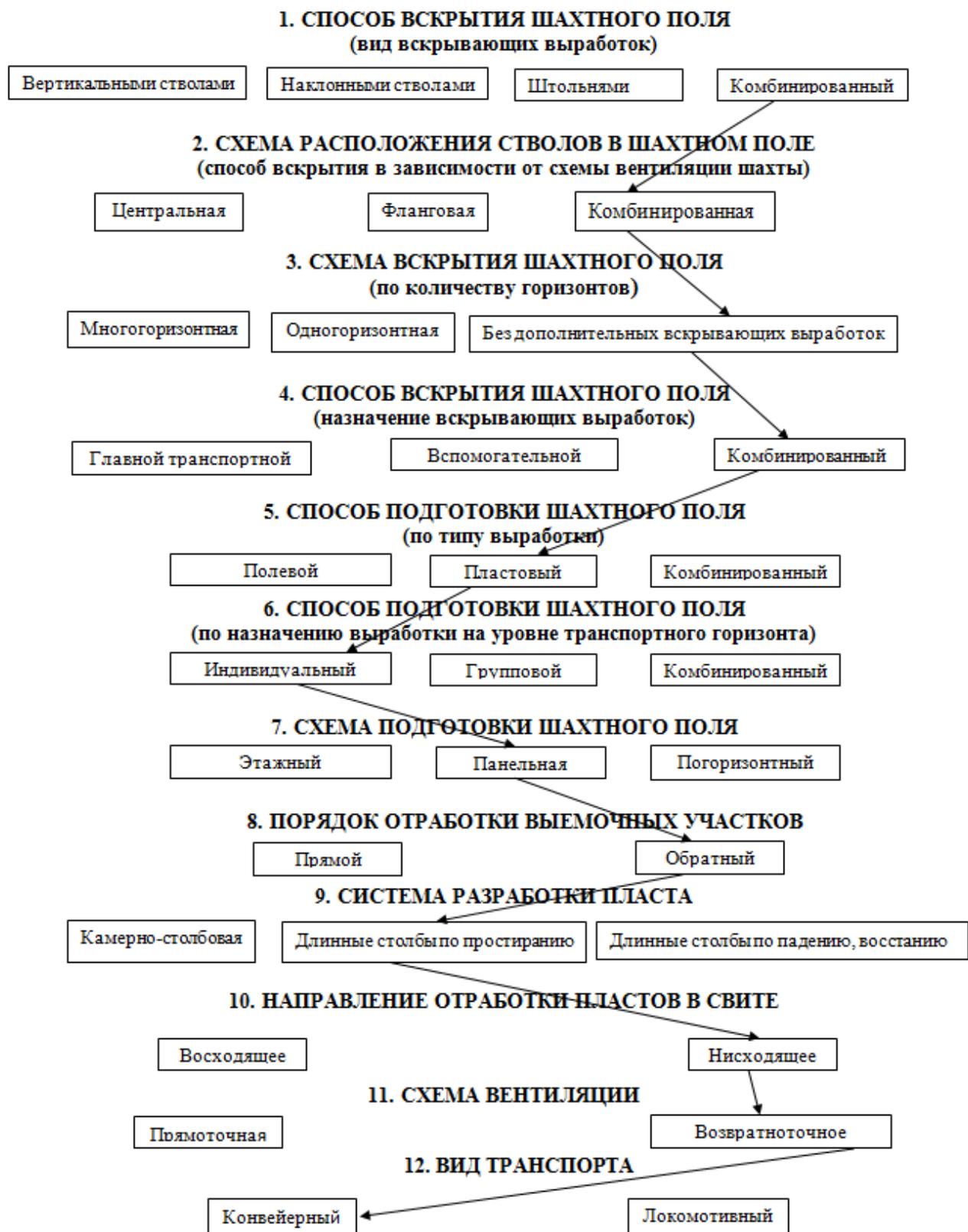


Рис. 1.5. Пример укрупненной блок-схемы конструирования технологической схемы шахты по элементам ее качественных уровней (линией между уровнями блок-схемы показан вариант проекта в примере)

Таблица 1

Вариант индивидуального задания

Номер варианта	Число пластов	Максимальный угол падения пластов, град	Размеры шахтного поля, м		Форма залегания пластов	Мощность наносов, м	Производственная мощность шахты, млн т/г.	Нагрузка на очистной забой, т/сут.	Пожароопасность	Повышенная газоопасность	Повышенная обводненность	Порядок отработки пластов в свите
			простирацию	падение								
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 пластов, м	Производительная мощность шахты, млн т/г.	Нагрузка на очистной забой, т/сут.	Пожароопасность	Повышенная газоносность	Повышенная обводненность	Порядок отработки пластов в свите
			простирацию	падению								
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 моноклиналиное 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 м³/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/м³; 3) число рабочих дней в году – 300; 4) ширина подготовительных выработок – от 4 до 6 м; 5) порядок отработки выемочных участков по простираанию, падению.

Порядок выполнения практической работы № 1

1. Ознакомиться с теоретическими основами работы.
2. Разобраться в примере конструирования технологической схемы шахты (рис. 1.1-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. 1.5).
7. Оформить текстовую и графическую части в соответствии с ГОСТ [12].

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются особенности проектирования шахт?
2. Назовите порядок конструирования горной части техноло-

гической схемы новой шахты на месторождении.

3. Каким образом осуществляется выбор наилучшего варианта технологической схемы шахты?

2. Практическая работа № 2

Тема: Календарный план строительства шахты в виде линейного графика

Цель работы. Закрепление знаний и приобретение навыков в построении календарного плана строительства шахты в виде линейного графика на основе ее технологической схемы, сконструированной в практической работе № 1.

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 горностроительных 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, м³, 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

$$T_B = \frac{L}{V}, \quad (2.1)$$

где L – длина (объем) выработки на момент сдачи шахты в эксплуатацию, м (м³); V – скорость (темп) проведения выработки, м/мес. (м³/мес.).

Темпы проведения горных выработок и организация труда

Скорости проведения выработок шахт Кузбасса рекомендуется принимать на основе укрупненных нормативов месячных темпов, представленных в табл. 2.1.

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 2.1

Укрупненные нормативы месячных темпов проведения выработок

Наименование выработок	Норматив, м/мес.
Вертикальные стволы	40-50

Наименование выработок	Норматив, м/мес.
Наклонные стволы: – по углю и с подрывкой пород – полевые	200-300 60
Выработки околоствольного двора	800 (м ³ /мес.)
Квершлагги и полевые штреки	60-100
Бремсберги, ходки: – по углю и с присечкой породы – полевые	400-600 80-100
Уклоны, ходки: – по углю и с присечкой породы – полевые	200-300 80-100
Штреки: – по углю – с присечкой породы	400-700 200-350
Монтажные камеры	150-200
Шурфы (вертикальные, наклонные)	50-70

Таким образом, общая продолжительность строительства шахты

$$T_{\text{ш}} = \sum_{i=1}^N \frac{L_i}{V_i}, \quad (2.2)$$

где L_i – длина (объем) i -ой выработки (объектов) или ее часть, м (м³); V_i – скорость проведения i -ой выработки, м/мес. (м³/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.

Предварительные 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, отображаю-

щий систему разработки), выполненными в работе № 1. Чертежи должны быть выполнены в рекомендованных масштабах.

Расчетные данные

В календарном графике строительства шахты (пример в табл. 2.2) 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 (2.1). Так, например, продолжительность проведения наклонного путевого (воздухоподающего) ствола по пласту угля, сечением в свету 18 м^2 длиной 1180 м с темпом проведения 200 м/мес. (табл. 2.1) равна $1180/200 = 5,9$ 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.

Порядок выполнения практической работы № 2

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 в работе № 1, 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.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается и как решается основная задача организации строительства и развития горных работ шахты?

2. Из каких основных элементов состоит система календарного планирования горных работ в проекте строительства шахты?

3. Что является основой для календарного планирования горных работ в проекте шахты?

4. Что понимается при календарном планировании горных работ шахты под терминами «план» и «график»?

5. Назовите порядок построения календарного плана строительства шахты.

3. Практическая работа № 3

Тема: Календарное планирование строительства шахты в виде сетевого графика

Цель работы. Закрепление знаний и приобретение навыков в построении календарного плана строительства шахты в виде сетевого графика на основе линейного, разработанного в практической работе № 2. Основой построения сетевого графика строительства шахты являются проектные решения, принятые в практической работе № 1.

Таблица 2

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																■

Теоретические основы работы

Сетевой план-график – графическое изображение (модель) комплекса выполняемых работ, отражающее их логическую последовательность, существующую взаимосвязь и планируемую продолжительность и обеспечивающее последующую оптимизацию на ЭВМ графика на основе экономико-математических методов с целью его использования для текущего управления ходом работ. Такие возможности календарные планы работ в виде линейных графиков не имеют.

Сетевая модель оперирует понятиями «работа», «событие», «путь».

Работа – любой производственный процесс или иное действие, приводящее к достижению определенных результатов событий. Работа обозначается стрелкой (вектором) без масштаба, указывающей направление слева направо от меньшего номера события к большему, и кодируется номерами этих событий. Работы могут быть трех видов:

– *действительная*, т. е. процесс, требующий затрат труда, времени и ресурсов (выемка угля комбайном, крепление выработки и т. д.);

– *ожидание* – работа, не требующая затрат труда и ресурсов, но занимающая время, необходимое для того, чтобы действительную работу можно будет считать завершенной, т. е. можно будет приступить к выполнению последующей работы (перерывы между сменами, схватывание и твердение бетона и т. д.);

– *зависимость (фиктивная работа)*, означающая логическую (технологическую) связь между двумя или несколькими событиями и указывающая, что возможность начала одной работы зависит от окончания другой. Фиктивная работа не требует ни затрат труда, ни времени, ни ресурсов; она обозначается в сетевом графике пунктирными стрелками.

Событие – это факт окончания одной или нескольких работ, необходимых и достаточных для начала последующих (закончено проведение конкретной выработки и т. д.). На графиках события изображаются кружками.

Событиям присваивают порядковые номера. Работы обозначаются номерами событий, между которыми они заключены

Путь – непрерывная последовательность работ от исходного

до последующего события сетевой модели. Суммарная продолжительность работ, лежащих на пути, определяет *длину пути*. Путь с наибольшей длиной называется *критическим*. *Критический путь* определяет общую продолжительность планируемых работ по сетевой модели.

При построении сетевых моделей необходимо выполнять правила. Вот некоторые из них:

1) четко формулируются состав работ, начальное, промежуточные и конечное события;

2) работы и события нумеруются последовательно от начала к окончанию, т. е. сетевая модель строится слева направо;

3) стрелки (работы) должны идти в модели от события с меньшим порядковым номером к событию с большим порядковым номером;

4) недопустимо строить замкнутые контуры, т. е. чтобы один и тот же путь возвращался в то же событие, из которого вышел;

5) не должно быть тупиков, т. е. событий, из которых не выходит ни одна работа, за исключением конечного;

6) не должно быть хвостовых событий, т. е. событий, в которые не входит ни одна работа, за исключением начального.

Правила кодирования событий сетевого графика:

1) все события кодируются своими собственными номерами – числами натурального ряда без пропусков;

2) номер последующему событию следует присваивать после присвоения номеров предшествующим событиям;

3) стрелка (работа) должна быть всегда направлена из события с меньшим номером в событие с большим номером.

Последовательность проставления цифр в кружки – событий определяется нумерацией событий и направленностью стрелок-работ. На рис. 3.1 приведены некоторые варианты правильного и не правильного изображений работ и событий сетевого графика.

Пример

Исходные данные для построения сетевого графика строительства шахты использованы исходные данные и расчетные параметры примера, представленного в практической работе № 2.

Расчетные данные и графические построения

1. Расчетные данные в виде продолжительности работ (ресурсы),

выполняемых во время строительства шахты, приняты из табл. 2.1.

2. В соответствии правилами, изложенных в теоретических основах работы, и параметрами календарного линейного графика (табл. 2.1) осуществляется построение сетевой модели строительства шахты в составе графика (рис. 3.2) и его параметров (табл. 3).

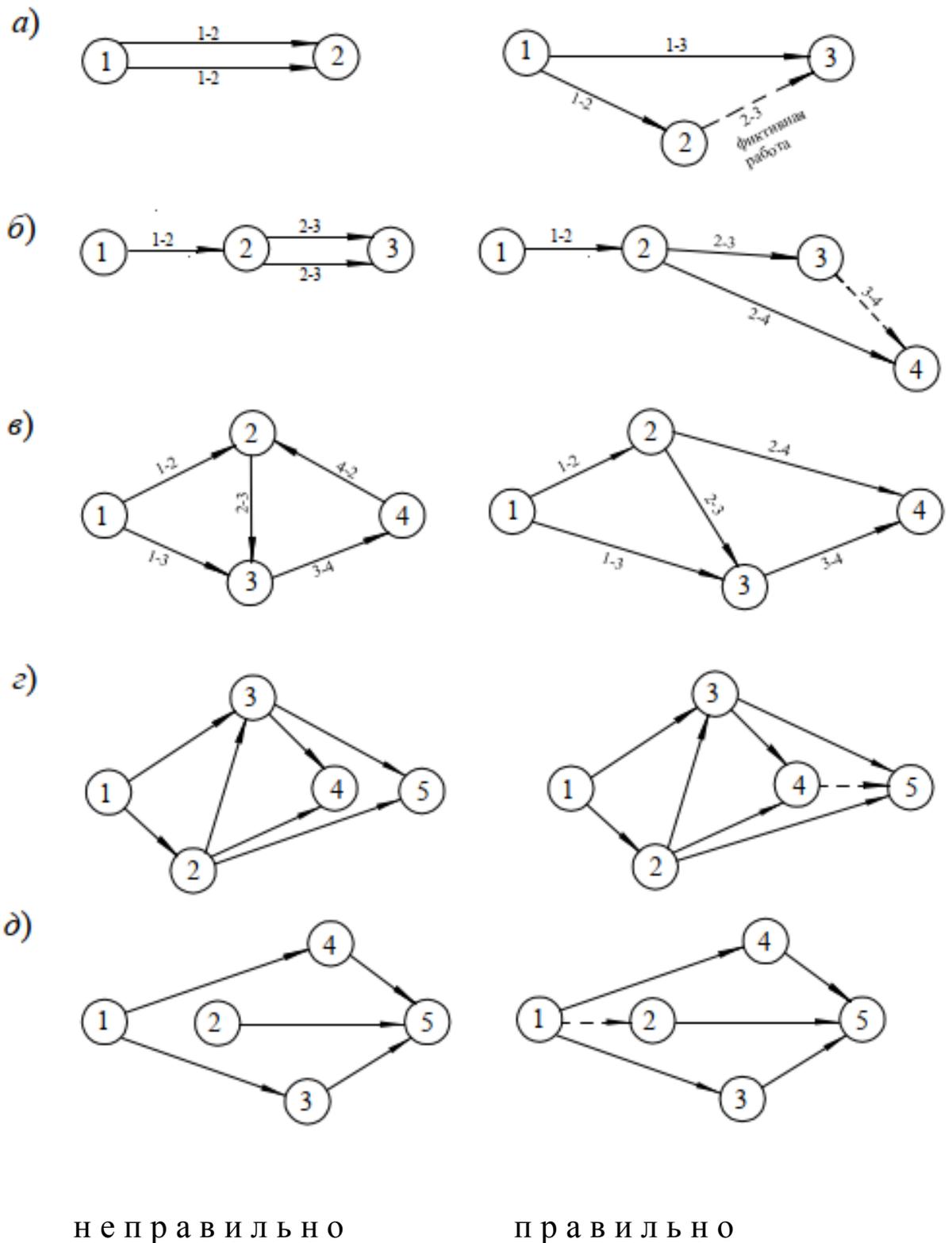


Рис. 3.1. Варианты изображений работ и событий сетевого график

Таблица 3

Параметры сетевой модели строительства шахты

Индекс работ	Наименование работ	Продолжительность работ, мес.
0-1	1. Подготовка промышленных площадок строительства шахты, (начальное событие «0» – открытие работ)	1,8
1-2	2. Проведение вертикального центрального вентиляционного ствола	1,6
1-3	3. Проведение наклонного путевого (воздухоподающего) ствола,	13,2
1-4	4. Проведение наклонного конвейерного (главного) ствола,	13,2
1-5	5. Проведение вертикального флангового вентиляционного ствола	1,6
3-6	6. Проведение основного путевого штрека пласта (от наклонного путевого ствола до путевого ходка при бремсберге односторонней панели)	0,25
4-7	7. Проведение основного конвейерного штрека пласта (от наклонного конвейерного ствола до бремсберга)	0,25
6-8	8. Проведение части путевого ходка (от основного путевого штрека до вентиляционного штрека лавы №2)	1,6
8-14	9. Проведение вентиляционного штрека лавы №2 до флангового ходка №1)	5,0
8-9	10. Проведение части путевого ходка (от вентиляционного штрека лавы №2 до сбойки с конвейерным штреком лавы №1),	0,03
9-13	11. Проведение части путевого ходка (от сбойки с конвейерного штрека лавы №1 до вентиляционного штрека лавы №1, ранее бремсберга)	0,42
13-2	12. Проведение путевого ходка (от вентиляционного штрека лавы №1 до вертикального центрального вентиляционного ствола),	0,8
13-17	13. Проведение вентиляционного штрека лавы №1 до диагональной печи	2,5
17-19	14. Проведение вентиляционного штрека лавы №1 до флангового ходка №2 (вертикального флангового вентиляционного ствола)	2,5
19-20	15. Проведение монтажной камеры лавы №1	1,2
7-10	16. Проведение части бремсберга от основного конвейерного штрека до конвейерного штрека лавы №1	2,8
10-13	17. Проведение части бремсберга от конвейерного штрека лавы №1 до путевого ходка	0,17
10-16	18. Проведение части конвейерного штрека лавы №1 до диагональной печи	2,5
16-20	19. Проведение части конвейерного штрека лавы №1 от диагональной печи до флангового ходка №2	2,5
9-10	20. Проведение сбойки между путевым ходком и конвейерным штреком лавы №1	0,07
6-12	21. Проведение основного путевого штрека №2 пласта от путевого ходка при бремсберге до флангового ходка №2	5,0
7-11	22. Проведение основного путевого штрека №1 от бремсберга до флангового ходка №1	5,0
11-14	23. Проведение флангового ходка №1 до вентиляционного штрека лавы №2,	3,3

Индекс работ	Наименование работ	Продолжительность работ, мес.
14-20	24. Проведение флангового ходка №1 до монтажной камеры лавы №2	0,07
16-17	25. Проведение диагональной печи от конвейерного штрека лавы №1 до вентиляционного штрека лавы №1	2,2
12-15	26. Проведение флангового ходка №2 до сбойки с вентиляционным штреком лавы №2),	3,3
14-15	27. Проведение сбойки (продолжение вентиляционного штрека лавы №2) между фланговым ходком №1 и фланговым ходком №2	0,07
15-18	28. Проведение флангового ходка №2 от сбойки (с вентиляционным штреком лавы №2) до сбойки (с вентиляционным штреком лавы №1)	0,9
18-5	29. Проведение флангового ходка №2 от сбойки (вентиляционным штреком лавы №1) до вертикального флангового вентиляционного ствола	0,8
18-19	30. Проведение сбойки между фланговым ходком №2 и вентиляционным штреком лавы №1)	0,07
2-20, 5-20	31. Фиктивная работа	0,0
20-21	32. Монтаж очистного механизированного комплекса в лаве №1	1,0
21-22	Приемка шахты в эксплуатацию (переход к конечному событию «22» – окончанию строительства шахты)	0,5
Всего продолжительность строительства шахты (определяется по продолжительности критического пути (0→1→4→7→10→16→17→19→21→22):		27,05
Продолжительность второго по значимости выполнения плана строительства шахты – это проведение основных штреков пласта и фланговых ходков в направлении флангового вентиляционного ствола (определяется по продолжительности критического пути (0→1→4→7→10→16→17→19→20→21→22):		27,32

Порядок выполнения практической работы № 3

1. Ознакомиться с теоретическими основами работы.
2. Разобраться в примере построения сетевого графика строительства шахты (табл. 2.2, рис. 3.2, табл. 3.1).
3. Для варианта индивидуального задания (табл. 1.1) в соответствии с календарным линейным графиком (практическое занятие № 2) разработать сетевую модель строительства шахты в виде сетевого графика и таблицы.

Контрольные вопросы

1. С какой целью строят сетевые графики при планировании горных работ?
2. Перечислите правила построения сетевых моделей.
3. Назовите порядок построения сетевого графика строительства шахты.

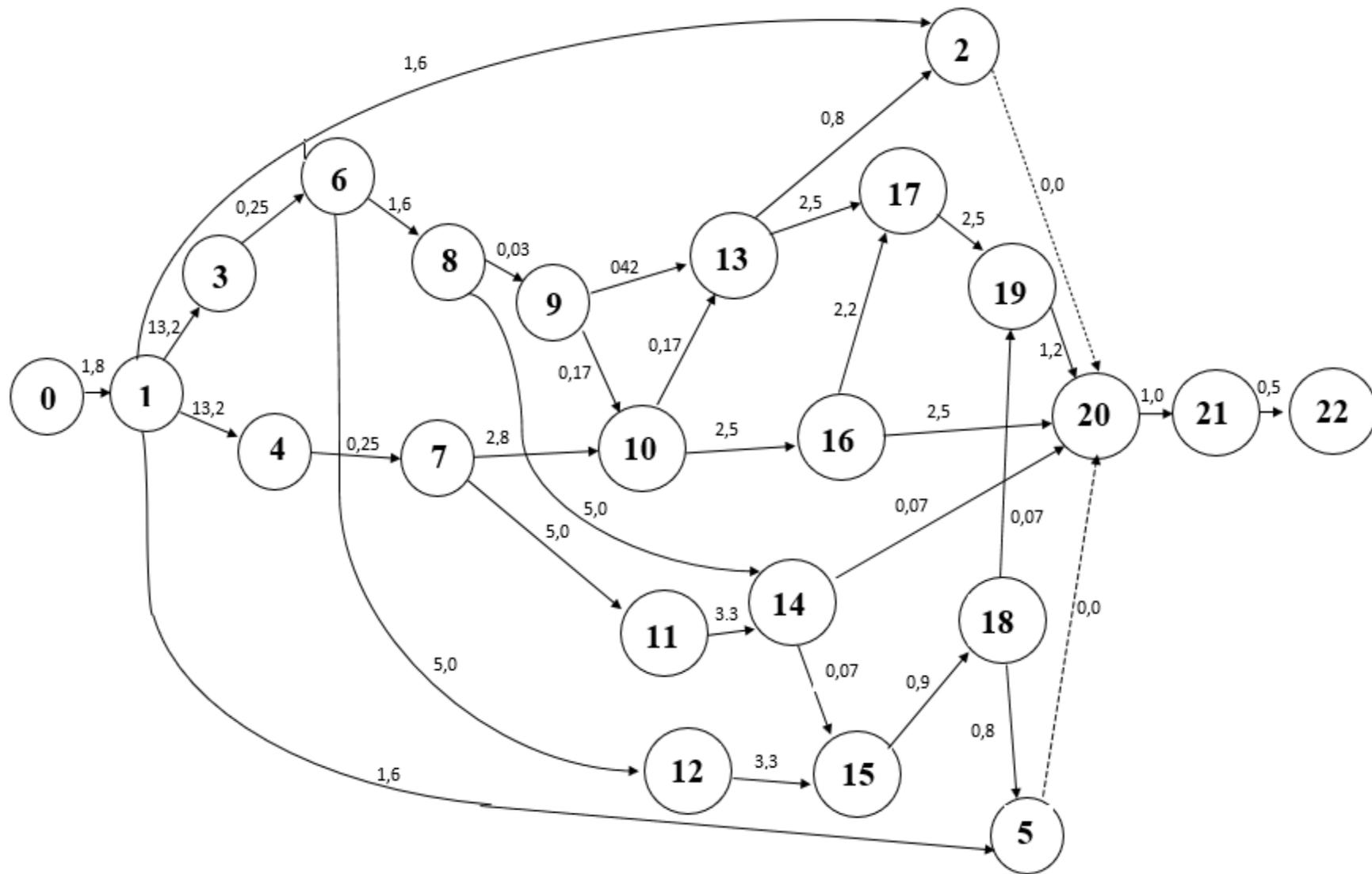


Рис. 3.2. Сетевой график строительства шахты (параметры графика приведены в табл. 3.1)

4. Практическая работа № 4

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

Цель работы. Приобретение навыков в планировании развития очистных работ в период эксплуатации шахты при отработке 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 в практической работе № 2.

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. 1.4), расчетов запасов угля в выемочных участках, сроков ввода и выбытия из эксплуатации, скорости продвижения лав.

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

Графические построения

Согласно индивидуальному заданию (табл. 1.1) для спроектированных в практической работе № 1 схемы подготовки и отработки пласта выполняются расчеты отработки запасов работой очистных забоев. Конструируется линейный график ввода-выбытия очистных забоев (табл. 4.1). Соответственно разработанному графику выполняется чертеж календарного плана отработки запасов выемочного поля (рис. 4.1, рис. 4.2) 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. 1.1) и сконструированной схемой подготовки и отработки пласта (панельной, этажной, погоризонтной) в практической работе №1.

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

Запасы выемочного столба $Z_{ст}$ равны

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

где L_k – длина крыла панели по простиранию, м; $b_{бр}$ – ширина бремсберга, м; b_x – ширина ходка, м; $l_{бр}$ – ширина целика бремсберга, м; l_x – ширина целика ходка, м; L_l – длина очистного забоя, м; m – мощность пласта, м; γ – плотность угля, т/м³.

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

$$V_{оз} = \frac{A_{оч}}{L_l \cdot m \cdot \gamma} \quad (4.1)$$

где $A_{оч}$ – суточная нагрузка на очистной забой, т/сут; L_l – длина очистного забоя, м; m – вынимаемая мощность пласта, м; γ – плотность угля, т/м³.

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_2 , год) очистным забоем вычисляется по формуле

$$T_2 = \frac{L_{cm}}{V_2}, \quad (4.2)$$

где L_{cm} – длина выемочного столба в ярусе, м; V_2 – скорость подвигания очистного забоя, м/год.

Пример построения календарного плана отработки запасов панели пласта

Исходные данные:

- 1) размеры однокрылой панели, м:
по простиранию – 3000;
по падению – 1250;
- 2) мощность разрабатываемого пласта, м – 3,0;
- 3) плотность угля, т/м³ – 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

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

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/м³.

Суточная скорость подвигания очистного забоя определяется по формуле (4.1)

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

Годовая скорость подвигания очистного забоя определяется по формуле

$$V_2 = 10,3 \cdot 300 = 3090 \text{ м/год}$$

или

$$V_{\text{мес}} = 10,3 \cdot \frac{300}{12} = 257,5 \text{ м/мес.}$$

Время отработки выемочного столба (T_2 , год) очистным забоем вычисляется по формуле (4.2)

$$T_2 = \frac{2930}{3090} = 0,95 \text{ год.}$$

По выполненным расчетам линейный график ввода-выбытия очистных забоев при отработке запасов панели приведен в табл. 4.1.

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

Порядок выполнения практической работы № 4

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 (практические работы № 1 и № 2) разрабатывается график ввода-выбытия очистных забоев в выемочном поле (табл. 4.1) 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. 4.1).

Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на своевременную подготовку выемочного участка?
2. Что понимается под календарным графиком подготовки и отработки запасов панели, этажа, горизонта, пласта?
3. Для каких целей строятся календарные планы развития горных работ на шахте?
4. Назовите порядок построения календарных планов отработки запасов пласта.

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 очист- ных забоев				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Количество подготовитель- ных 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 подготови- тельных забоев, т				30	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21

5. Практическая работа № 5.

Тема: Календарное планирование работы очистных и подготовительных забоев при отработке запасов выемочного поля пласта

Цель работы. Приобретение навыков в календарном планировании совместной работы подготовительных и очистных забоев в выемочном поле пласта в развитие практической работы № 4. Расчет времени начала подготовки следующего выемочного участка взамен выбывающего.

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:

$$T_{подг} - T_{оз} = (T_{пров} + T_{вспом} + T_{рез}) - T_{оз} = 0, \text{ мес.} \quad (5.1)$$

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 (5.1) возможны следующие соотношения между временными показателями:

1. $T_{подг} > T_{оз}$ – 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 (5.1), производится на основе физических объемов и нормативов выпол-

нения 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 в практических работах № 2 и № 4 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.

Расчеты к примеру:

Определим время $T_{подг}$ по формуле (5.1), необходимое на подготовку следующего выемочного столба (лава № 2) к ведению очистных работ

$$T_{подг} = T_{пров} + T_{вспом} + T_{рез} + t_{дег} = t_{штр} + t_{монт} + t_{сб} + t_{мон.к.} + T_{рез} + t_{дег} =$$

$$= \frac{3000}{600} + 1 + \frac{300}{450} + \frac{240}{200} + 1 = 5,0 + 1 + 0,7 + 1,2 + 1 = 8,9 \text{ мес.}$$

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 время штрека лавы № 3; $t_{\text{монт}}$ – время ремонта очистного комплекса в лаве № 2; $t_{\text{монт}} = 1$ мес.; $t_{\text{сб}}$ – время проведения сбоек по выемочному столбу лавы № 2; $t_{\text{мон.к.}}$ – время проведения монтажной камеры лавы № 2; $T_{\text{рез}}$ – время резерва на непредвиденные задержки при подготовке столба лавы № 2; $t_{\text{дег}}$ – время дегазации, $t_{\text{дег}} = 6$ мес.

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

$$\Delta = T_{\text{оз}} - T_{\text{подг}} = \frac{L_{\text{см}}}{V_{\text{м}}} = \frac{2930}{257,5} - 8,9 = 10,3 - 8,9 \approx 1,4 \text{ мес.}$$

В данной проектной ситуации табл. 5 $T_{\text{подг}} < T_{\text{оз}}$ 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, простоем проходческого оборудования, отвлечения проходчиков на другие работы и т. д.

Как в данной ситуации $T_{\text{подг}} < T_{\text{оз}}$, так и при $T_{\text{подг}} > T_{\text{оз}}$, возникающей, например при повышенной метаноносности угольного пласта и необходимости проведения вспомогательных работ в виде $T_{\text{вспом}} = 6$ мес. на дегазацию пласта. Для обеспечения ритмичной работы шахты важно увязать между собой технологии подготовки и отработки запасов по выемочным участкам.

Порядок выполнения практической работы № 5

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 (практические работы № 2, № 4) 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.

Контрольные вопросы

1. С какой целью планируются работы очистных и подготовительных забоев при отработке запасов выемочных полей шахты

2. Какие основные виды работ должны учитываться при плановой подготовке и отработке запасов участков в выемочном поле?

3. Каким образом обеспечивается соответствие между подготовкой и отработкой очистного фронта по шахте?

Таблица 5

Для условий примера фрагмент графика развития горных работ в панели пласта
(погашение запасов выемочного столба лавой № 1 и подготовка запасов выемочного столба лавы № 2)

Наименование работы	Объем работ, м	Месячный темп продвижения забоя, м/мес.	Продолжительность работы, мес.	Годы, кварталы													
				2024				2025				2026					
				I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV		
1. Погашение запасов выемочного столба лавой № 1	2930	257,5	10,3	■													
2. Проведение вентиляционного штрека лавы № 3	3000	600	5,0	1,4 мес.	■												
3. Проведение конвейерного штрека лавы № 2	3000	600	5,0		■												
4. Проведение монтажной камеры лавы № 2	240	200	1,2			■											
4. Проведение сбоек при подготовке выемочного столба лавы № 2	300	450	0,7		■												
5. Монтаж оборудования в лаве № 2	-	-	1,0				■										
6. Время резерва на непредвиденные задержки при подготовке столба	-	-	1,0			■											

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. Проектирование угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик / под ред. Е. В. Петренко. – Москва : Недра коммюникейшнс ЛТД, 2000. – 312 с.

3. Шестаков В. А. Проектирование горных предприятий: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : 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: Кузбас-свуиздат, 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. – Москва : 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. – Москва : Федеральное агентство по энергетике, 2007. – 229 с.

11. Технологические схемы подготовки и отработки выемоч-

ных участков на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» [Текст] : альбом / О. И. Казанин [и др.] ; СУЭК (Сибирская угольная энергетическая компания). – 2-е изд., испр. – Москва : 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.