

**Министерство образования и науки ДНР
ГОУВПО «Донецкий национальный технический
университет»**

**Кафедра «Разработка месторождений
полезных ископаемых»**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине **«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШАХТ»**

(для специальности **21.05.04 «Горное дело»**)

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры РМПИ
протокол №1 от 29 августа 2019года

Донецк - 2019

СОДЕРЖАНИЕ

- Лекция №1. Цель и задачи курса. Роль русских и отечественных ученых в развитии проектирования.....
- Лекция №2 Качественные и количественные параметры шахты. Размерность и изменение параметров.....
- Лекция №3 Виды исходной информации необходимой для принятия проектного решения.....
- Лекция №4 Проект строительства новой угольной шахты.....
- Лекция №5 Проект реконструкции действующей угольной шахты.....
- Лекция №6 Проект закрытия (ликвидации) убыточных и неперспективных шахт.....
- Лекция №7 Методы теории принятия сложных решений.....
- Лекция №8 Определение оптимальных площадей сечения сети (цепи) горных выработок.....
- Лекция №9 Определение оптимальной проектной мощности шахты.....
- Лекция №10 Оптимизация параметров шахты методом экономико-математического моделирования.....
- Лекция №11 Определение оптимальной высоты выемочной ступени
Определение высоты горизонта при многогоризонтном вскрытии.....
- Лекция №12 Оптимизация размеров шахтного поля или величины запасов при известной годовой добыче.....
- Лекция №13 Метод линейного программирования при оптимизации параметров шахты.....
- Лекция №14 Решение горных задач методом динамического программирования.....
- Лекция №15 Оценка эффективности и качества проектов строительства и реконструкции угольных шахт.....
- Лекция №16 Интегральная оценка эффективности и качества проектов шахты.....
- Лекция №17 Система автоматизированного проектирования угольных шахт. САПР.....

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШАХТ

ЛЕКЦИЯ №1

Цель и задачи курса. Роль русских и отечественных ученых в развитии теории проектирования.

Угольная промышленность является одной из ведущих отраслей социалистической индустрии страны. Перспективы развития народного хозяйства показывают, что уголь остается одним из основных видов технологического и энергетического топлива. Развитие угольной промышленности осуществляется в непрерывном взаимодействии и координации с другими отраслями народного хозяйства, предприятия которой всегда связаны множеством производственных и социально-экономических связей с другими предприятиями угледобывающего района, месторождения, бассейна.

- Нарастивать мощности шахтостроительных организаций;
- Улучшать условия труда и технику безопасности при ведении горных работ;
- Прирост объема добычи и переработки угля обеспечить в основном за счет повышения производительности труда.

Путь к этому – внедрение высокопроизводительных техники и технологии на угольных предприятиях, улучшение использования производственных мощностей.

Значительная работа проведена по техническому перевооружению предприятий. В настоящее время на шахтах более 1300 очистных забоев оборудованы высокопроизводительными комплексами. Они делают свыше 67% угля, получаемого подземным способом.

Постоянное совершенствование технологии подземной разработки угольных месторождений, усложнение геологических условий и техники угледобычи объективно требуют дальнейшего улучшения расчетных технико-экономических методов, применяемых в горном деле.

Поэтому, закономерно, что в проектировании развития угольной промышленности наметился и уже реализуется методически правильный подход к согласованию, взаимоувязана как основных проектных работ – генеральная схема развития угольной промышленности, технико-экономическое обоснование развития бассейнов (районов), технико-экономическое обоснование строительства (реконструкции) шахт, технический (технорабочий) проект строительства (реконструкции) шахт, - так и основных проектных решений.

Перед угольной промышленностью и проектированием поставлены большие задачи. План добычи угля за десятую пятилетку угольной промышленностью не выполнен. Здесь есть много и объективных причин – увеличилась глубина разработки, значительно ухудшились горно-геологические условия и т.д. Плановые нагрузки не выполнялись особенно на крутых пластах.

Чтобы выровнять положение, резких мер применять нельзя. Есть в этом вина и проектных организаций. Они часто необоснованно завышали технико-экономические показатели. Многие шахты-новостройки не достигли проектной мощности уже длительный период времени.

В связи с этим 30.03.1981 года вышло Постановление Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему улучшению проектно-сметного дела».

В этом документе отмечается, что значительные недоработки допускаются в выполняемых проектах, а именно:

- применение необоснованных рекомендаций научно-исследовательских институтов по проектированию предприятий отрасли;
- недостаточная проработка вопросов комплексного использования природных ресурсов и охраны окружающей среды;
- увеличение первоначальной сметной стоимости по многим строящимся объектам, вызванное техническими просчетами в проектах;
- нормативная база в проектировании стала громоздкой и начала сдерживать развитие творческой инициативы проектировщиков; ряд нормативных документов устарел, неполно учитывает достижения науки и техники;
- низкий уровень автоматизации проектных работ и типизации проектных решений и т.д.

Большая роль в осуществлении этой программы принадлежит работникам проектных организаций. Об этом было проведено Всесоюзное совещание «О ходе выполнения проектными организациями Минуглепрома СССР Постановления Совета Министров СССР от 30.03.1981 года «О мерах по дальнейшему улучшению проектно-сметного дела» и мерах по повышению технико-экономического уровня проектов» (от 22.06.1982 года).

Основную задачу по устранению выше указанных недостатков в проектном деле участники совещания сформулировали следующим образом:

«В 1982 году разработать и утвердить отраслевое положение о планировании, порядке разработки, согласования, экспертизы, рассмотрения и утверждения проектно-сметной документации, в которой регламентировать порядок участия научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций в разработке проектов, а также управлений и объединений Министер-

ства, заказчиков и подрядчиков в проектировании, начиная от выдачи задания и планирования проектных работ до ввода предприятия в эксплуатацию и освоения проектной мощности».

1.1 Цель и задачи курса

Цель курса – приобрести навыки оценки принимаемых решений, с таким расчетом, чтобы эта оценка выливалась в численное значение.

В курсе «Проектирование шахт» освещаются вопросы комплексного учета требований, предъявляемых к различным технологическим звеньям шахты, расчета возможностей каждого из производственных процессов. Излагаются методы определения в конкретных горно-геологических условиях месторождений оптимальных параметров развития шахты, когда гармоничное взаимодействие очистных и подготовительных забоев, транспорта и подъема, вентиляции и ремонтных служб, аппарата управления и материального снабжения приводит к высокоэффективной работе всего предприятия.

Такой характер рассматриваемых вопросов, естественно, требует творческого использования знаний, подробно излагаемых в курсах: «Технология и комплексная механизация подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых», «Процессы подземных горных работ», «Транспортные машины и комплексы», «Стационарные машины и установки», «Рудничная аэрология», «Экономика промышленности и предприятий», «Высшая математика» и другие.

1.2 Роль русских и отечественных ученых в развитии теории проектирования

Возникновение горного дела теряется в седой древности человечества. Тысячелетиями накапливался у разных народов опыт производства горных выработок (разработок), первоначально крайне примитивных. Каждое новое горное предприятие сооружалось по примеру существовавших ранее. В течение столетий новшества вносились редко, технический прогресс был медленным. Убыстрение этого прогресса началось в XIX веке, в процессе внедрения в горную промышленность пара, а затем и электричества.

Строить новые шахты на примерах существующих, при применении механической энергии оказалось уже недостаточным. Надо было находить новые технические решения вопросов.

Эта потребность породила стремление к разработке и внедрению в проектную практику шахтостроения и при эксплуатации шахт инженерных расчетов.

Однако применение расчетных методов требует предварительной разработки их теории.

В фундаментальной разработке методов решения столь важных многовариантных задач проектирования горных предприятий приоритет всегда принадлежал представителям русской и советской горной науки. Еще в XVIII веке появились первые работы применения аналитических методов к решению отдельных вопросов горного производства.

Гениальный М.В. Ломоносов, который во многих областях науки на сотни лет опередил свое время, и здесь сказал свое слово. В знаменитом сочинении «О вольном движении воздуха в рудниках примеченном» он впервые дает правильную теорию естественного проветривания подземных выработок, основанную на физических свойствах столбов воздуха разных температур, и излагает эту теорию, как он сам выражается, «математическим порядком». Ему же принадлежит термин «горная геометрия» в главе «О измерении рудников» в книге «Первые основания металлургии или рудных дел».

Главнейший рассадник горный знаний в России – «Горный журнал» - был основан в 1825 году.

В 1843 году в Петербурге вышел в свет «Курс горного искусства», составленный «корпуса горных инженеров капитаном» А.И.Узатисом. Это был курс лекций, читанных в Горном институте.

В предисловии автор пишет: «...я не чуждался математического анализа, когда его изложение считал особенно важным, для точности и положительных сведений». А.И.Узатис математические расчеты (очень элементарные) применяет в соответствии с техникой того времени – определение высоты подъема воды в скважине, времени ее проведения, прочности крепи деревянной и каменной и т.д.

С началом текущего столетия совпало начало замечательной деятельности Б.И.Бокия. Еще в 1902 году им опубликована большая статья «Разработка каменноугольных пластов большими выемочными полями», где Б.И.Бокий стал твердо и решительно на путь применения математического анализа при проектировании вскрытия и системы разработки месторождений. Б.И.Бокий является основоположником этого нового течения в горной науке.

Его обширный труд «Выбор системы работ при разработке свиты пластов» отдельными статьями печатается в «Горном журнале» в 1903, 1904, 1911 и 1915 годах и др.

Б.И. Бокий скончался в 1927 году в возрасте 54 лет и его капитальный труд «Аналитический курс горного искусства» с подзаголовком «Проектирование рудников» вышел в свет в 1929 году.

В 1908 году М.М. Протодяконов впервые публикует свою «теорию свода» и работал над ней в течение всей своей жизни.

В 1904 году вышла в свет капитальная диссертация Аю.А. Скочинского «Рудничный воздух и основной закон его движения по выработкам», идейное содержание которой определило направление его научной деятельности.

В 1905 году выдающимся трудом была диссертация А.М. Терпигорьева «Разбор систем разработки каменного угля, применяемых на рудниках Юга России, в связи с подготовкой месторождений к очистной добыче», где наряду с описательным материалом также была развита математическая часть.

Наряду со статьями в журналах или сборниках трудов научно-исследовательских институтов к настоящему времени уже опубликовано большое количество книг сводного или монографического характера, в которых в большей или меньшей степени изложены расчетные методы для проектирования шахт или карьеров в их горной части. Сюда относятся книги Б.И.Бокия (1929), А.И.Стешенко (1930), А.С.Попова (1932), И.А.Кузнецова (1932), П.З.Звягина (1935), Л.Д.Шевякова (1935, 1950), М.И.Агошкова (1948), П.И.Городецкого (1949, 1955), Е.Ф.Шешко (1957), А.С.Фиделева (1956) и др.

В конце XIX и в начале XX в. трудами А.И.Узатиса, И.Фалькнера, Б.И.Бокия, А.А.Скочинского, М.М.Протодяконова, А.М.Терпигорьева, Л.Д.Шевякова и др. были изложены основы проектирования горных предприятий.

Б.И.Бокий впервые в отечественной горнотехнической литературе привел аналитическую формулу для расчета оптимального размера шахтного поля по простиранию, которая получена им методом исследования стоимостной функции на минимум.

Работы Л.Д.Шевякова и П.З.Звягина увеличили число аргументов до трех (в задаче оптимизации производственной мощности шахты, размера шахтного поля по простиранию и числа этажей).

В последующих работах А.С.Попова, П.З.Звягина, В.И.Голомзина и др. число независимых параметров функции цели возрастает до пяти, а перечень элементов затрат – до десяти и более.

Помимо основных параметров шахты, номенклатура которых не подвергалась существенным изменениям в течение многих лет были разработаны методики оптимизации и целого ряда других параметров и качественных характеристик. В это внесли свою лепту такие ученые как С.М.Липкович, Б.С.Локшиным, М.И.Устинов, С.С.Квон и др.

В 50-е и 60-е годы характерным в развитии теории проектирования угольных шахт является широкое внедрение в практику проектирования большого числа математических методов: метод градиентов, линейного программирования, сетевые методы и др.

При этом появляется возможность решать некоторые частные задачи не одним, а с помощью 2 – 3 разных математических методов, а следовательно, сравнивать их относительную эффективность.

Выбору оптимальных параметров разработки угольных месторождений на базе применения математических методов посвящено много оригинальных работ И.Е.Атлас, проф. Д.Ф.Борисова и А.П.Судоплатова, д.т.н.Голомолзина В.И. и А.М. Найдыша, чл.-корр. АН УССР К.И.Татомира, д.т.н. Б.А.Розентрера, Н.Г.Капустина, С.М.Липковича, А.М.Курносова, М.И.Устинова, С.С.Квона, С.В.Цоя, А.П.Килячкова, д.экон.наук Н.И.Иванова и А.С.Астахова и др.

Несовершенство математического аппарата и необходимость проведения сложных и громоздких расчетов по определению качественных и количественных характеристик горного производства потребовало известной схематизации сложных явлений.

Развитие современных методов операционных исследований позволило подойти с новых позиций к решению сложных и многовариантных задач проектирования горных предприятий, значительно увеличив быстроту и точность расчета, учесть взаимное влияние ряда факторов, которые ранее не учитывались или применялись постоянными.

При этом все расчеты оказалось возможным производить на современных электронно-вычислительных машинах (ЭВМ) и выполнять по наиболее точным зависимостям.

Первые работы с использованием методов операционных исследований и ЭВМ для проектирования горных предприятий, опубликованные в 1962 году проф. К.К.Кузнецовым, проф., д.т.н. Бурчаковым А.С., Шориным А.Г., к.т.н. А.И.Митейко, д.т.н. А.Г.Курносовым, С.В.Цоем, М.И.Устиновым, В.П.Покрасом и др., а также ведущих экономистов угольной промышленности д.экон.н. А.С.Астахова и Н.И.Иванова и др. легли в основу нового метода проектирования – метода «комплексной оптимизации» проектных решений.

В целом весь период развития теории проектирования можно условно разделить на 4 характерных этапа:

- I этап – срок до 1900 года. Характеризуется принятием решений с использованием данных опыта и необходимых инженерных расчетов, которые в основном касались механической части. Как правило, параметры шахты

принимались по данным опыта. Пример тому работы М.В.Ломоносова, А.И.Узатиса и др. Приоритет теории проектирования за русскими учеными.

•II этап – с 1900 года по 1930 год. Характеризуется развитым методом оценки различных параметров шахт. Обобщив опыт работы и изменение параметров шахт, проф. Б.И.Бокий предложил оценивать параметры шахты путем минимизации стоимостной функции (т.е. если взять все затраты, зависящие от линейного размера и отнести их на 1 т запасов, то получим параболическую зависимость).

Этот период называют периодом локальной оптимизации. Большой вклад внесли ученые А.А.Скочинский, А.М.Тернигорьев, И.Д.Шевяков, который и возглавил школу проектирования, и др. ученые.

•III этап – начало 1930 года по 1960 год. В этом этапе идет бурное развитие методов оценки проектных решений и выбора многих параметров шахт при одновременной их оценке. Этот период называют этапом комплексной оптимизации (если оптимизация начиналась с 2-х, а затем 3-х и т.д. параметров, то количество одновременно оптимизированных параметров достигло 30 и по ним возникла возможность составлять экономико-математическую модель).

•IV этап – продолжение 1960 года и по настоящее время. Этот этап называют «комплексная оптимизация с применением ЭВМ» или операционный этап. В этот этап большой вклад внесли ученые М.И.Устинов, С.С.Квон, Н.И.Иванов и др.

В последнее время дебатировать о том, что стоит ли оптимизировать все имеющиеся параметры. Например, нецелесообразно оптимизировать параметр, который не постоянен из-за горно-геологических условий – так, как длина очистного забоя. И стоит ли такой параметр включать в модель для определения постоянной мощности шахты.

Необходимо разделить параметры на части – сильно изменяющиеся и не сильно. А параметров в модели – 30. А основное правило ЭВМ – перебор вариантов. Так, если каждый из 30 параметров имеет 10 значений, то количество вариантов 30^{10} . При современных ЭВМ – т.е. 50 000 операций в секунду, то на этот перебор уйдет 1,5 – 2,0 года.

Поэтому пока и невозможно унифицировать район, месторождение шахты. То есть для каждой шахты свои интендичные особые условия. Таким образом, мнение о необходимости определить, какие параметры более постоянны (основные) и подлежат оптимизации, заслуживает большого внимания.

ЛЕКЦИЯ № 2

Качественные и количественные параметры шахты. Размерность и изменение параметров

Шахта представляет собой довольно сложную систему, параметры которой изменяются как в пространстве, так и во времени. К этому можно добавить, что условия работы, в которых изменяются эти параметры, достаточно не известны. Т.е. возникает ситуация работы в неопределенных условиях. Все это, в конечном итоге, накладывает существенный отпечаток на поиск наилучших параметров шахты для тех или иных горно-геологических условий.

(Если рассматривать шахту с точки зрения кибернетики – то это простая система. Т.е. добытый уголь от самого очистного забоя до потребителя, вернее, до отгрузки или обогащения, не претерпевает никакого изменения как продукция. Выходит, что добыча продукта простая, продукт не изменяется – то и система простая.

Но у нашей технологии добычи угля есть свои и очень сложные особенности – все время изменяются параметры, горно-геологические условия и нет четкого прогноза на будущее. Что будет завтра? Выброс, обвал, горный удар и т.д. и эти постоянно изменяющиеся условия и делают нашу систему сложной. Все время изменяется из-за гипсометрии длина лавы, состав пород, суточные нагрузки и т.д. В то же время как завод работает ритмично по заданной программе.

Поэтому во всем мире горно-добывающее предприятие относится к сложным системам.)

Если рассматривать параметры шахты, то все их можно разбить на 2 крупные группы: - это так называемые *качественные* и *количественные* параметры.

Под *качественными* параметрами шахты понимаются такие параметры, которые не имеют своего численного выражения и характеризуют технологические стороны шахты. К таким параметрам относятся:

- схема вскрытия шахтного поля;
- схема и способ подготовки шахтного поля;
- системы разработки;
- виды транспорта;
- схемы проветривания и т.д.

С точки зрения поиска наилучших (вариантов) параметров особенность состоит в том, что параметр можно представлять только 1 (единицей), если

вариант принимается и 0 (нулем), если вариант отвергается. Такая запись характерна для метода решения горных задач, называется *методом вариантов*.

(Ведь действительно – как установить, какая схема лучше? Для выбора лучшей берут по несколько и сравнивают до тех пор, пока не останется лучший вариант).

С точки зрения проектирования шахт в качественных параметрах имеется еще одна особенность, состоящая в том, что заранее нельзя сказать точно или с уверенностью, что тот или другой вариант (параметр) в данных случаях не применим.

(В нашем случае каждый параметр выступает как вариант. Можно ли четко сказать, что применение данного параметра *от* и *до*? Это дает неуверенность и расплывчатость параметров. И тогда возникает вопрос – какой параметр (вариант) принять?

Например, что лучше? Панельная или этажная подготовка? Ведь это зависит от размера шахтного поля по простиранию, а этот параметр тоже необходимо определять. Сейчас рекомендуется переходить на конвейерный транспорт, а где уверенность, что электровозный в данном случае будет хуже при его четкой организации.

Вот количество таких переборов вариантов безмерно.)

Рассмотрим это на условиях Львовско-Волынского бассейна. Глубина разработки бассейна 780 – 810 м. Пласты горизонтальные. Количество пластов – 22. Угол падения не более 1-2°.

Для возможных вариантов технологической схемы шахты можно составить блок-схему. Так, по способу отработки шахтного поля – рис.1 количество качественных параметров (по перебору вариантов) будет 24.

По способу вскрытия шахтного поля и пластов возможное количество вариантов (по рис. 2) равно 120.

По рис. 3 – подготовка шахтного поля и пластов, тоже самое количество вариантов. Как отрабатывать? Как подготавливать пласты? Таких вариантов – 81.

По способу групповой отработки свиты пластов – таких вариантов – 54.

Если эти возможные варианты по каждому рисунку перемножить, т.е. перебрать все возможные варианты, чтобы охватить всю ситуацию, то таких вариантов будет около 18 000 000. Даже для ЭВМ это довольно сложная задача, и она не в силах перебрать все эти варианты. А это только качественные параметры!

Как видно из этого примера, перед проектировщиками стоит очень трудная задача. К ним предъявляются высокие требования – и то не так и

другое не то. А часто после сдачи шахты в эксплуатацию технологи начинают изменять проектные решения. Кто из них прав?

Проектировщик, имея множество вариантов, оставляет для сравнения 5 – 6 вариантов. А есть ли среди них тот единственный необходимый? Ну, а когда строительство окончено, то трудно сказать, хорошо или плохо вышло.

Ведь схему вскрытия уже перекроить нельзя и она служит больше половины срока службы шахты.

Из рассмотренного примера было оставлено 32 варианта и то ЭВМ проработала около 4 часов. (А для 18 млн. вариантов отработка на ЭВМ заняла б около 2 лет).

Поэтому для проекта принимают 2-3 схемы вскрытия и подготовки шахтного поля, 3 – 4 варианта систем разработки и выходят на тот единый вариант, по которому и выполняется проект, на основании логического заключения и опять проектирования.

2.1 Количественные параметры угольной шахты

Под количественными параметрами шахты понимаются все те параметры, которые имеют численное выражение и характеризуют возможности технологических сторон угольного предприятия. К таким параметрам относятся: производственная мощность шахты, количество одновременно отрабатываемых пластов, количество очистных и подготовительных забоев, нагрузка на лаву, панель, пласт, длина лавы, высота этажа, яруса, подэтажа, подъяруса и т.д. Т.е. сюда можно отнести любой параметр, который имеет численное выражение. Их масса.

Особенностью количественных параметров шахт является то, что часть из них может быть представлена в виде аналитических зависимостей. Это дает возможность определить наилучшие их значения путем непосредственного решения больших или малых аналитических моделей, которые как бы по внешнему виду не были сложны, относятся к классу простых задач. (Их всегда можно решить последовательно, установить их точечный оптимум).

Другая особенность этих параметров состоит в том, что специалист может заведомо назвать определенные границы, в которых действует тот или другой параметр – т.е. по этим параметрам существует некоторая определенность в решении общей задачи.

(Например, при определении длины лавы составляется модель и в решении на ЭВМ получим ≈ 820 м. Мы знаем, что допущена ошибка, т.к. длина лавы максимальная – около 400 м. Т.е. мы можем проконтролировать решение и выявить то, что ЭВМ допустила ошибку – сбой, неправильная набивка

информации на перфокарту, взяты данные из другой ячейки памяти и т.д. Можно через время повторить решение и сравнить результаты.)

Таким образом, количественные и качественные параметры мы заведомо знаем, знаем их границы и можем контролировать их решение.

При конкретном проектировании мы заведомо знаем, что большинство количественных параметров могут не определяться, как решение каких-то моделей, а назначаться на базе ранее проведенных исследований.

Например, длина лавы, как правило, не оптимизируется, а назначается из вида выбранной механизации, стандартной длины комплекса, при условии их соответствия при проверке по фактору проветривания. Так же может определяться высота этажа, яруса и т.д.

Очень много проводилось исследований, оптимизаций для одних и тех же пластов, так что известные результаты можно принимать для данного проекта. (Например, известно, что для данных пластов длина лавы – оптимальная – составляет 220 – 230 м. А прооптимизировав свои данные, мы получили 228,3 м. Вышло, что проделана впустую большая работа, т.к. можно было взять длину лавы уже известную).

2.2 Изменчивость параметров шахты в процессе эксплуатации

В литературе по проектированию изменчивость параметра еще называют *долгожитием*. Это дело научного вкуса, но суть одна.

Под изменчивостью параметра (долгожителя) понимается 2 его стороны:

I – длительность функционирования;

II – изменение при ведении эксплуатационных работ.

Согласно такому подходу следует отметить, что все качественные параметры шахт имеют большую длительность функционирования и слабо изменяются в процессе эксплуатации или вообще не изменяются.

Например, вскрытие месторождения как качественный параметр шахты функционирует половину или даже весь срок службы шахты и практически не изменяется. Подготовка шахтного поля – существует от одной трети до половины не изменяясь (так верхнюю часть шахтного поля была этажная подготовка, а нижняя – приняла панельную подготовку).

Таким образом, все качественные параметры по длительности функционирования могут быть разделены на соответствующие уровни – т.е. может быть построена иерархическая лестница структуры.

Так, что 1-й уровень имеет самый большой срок функционирования, а последний имеет минимальный срок, который определяется порядка 0,5 – 10

– 2,0 года (для примера можно взять любую вспомогательную выработку с малым сроком службы).

Из точки зрения изменчивости качественных и количественных параметров в процессе эксплуатации – то все качественные параметры остаются относительно стабильными. А если и меняются, то переходят в новое качество. (Например, была сплошная система разработки, а перешли на столбовую).

В отношении количественных параметров можно отметить следующее: - по длительности функционирования они не стабильны, а по изменчивости в работе – практически колеблются постоянно. (Например, производственная мощность шахты, нагрузка на лаву, длина лавы, крыла и любой параметр).

2.3 Критерий оптимальности. Понятие оптимальности решения

Любая горная задача (либо на стадии проектирования, либо на стадии принятия решений в эксплуатации) представляет собой поиск качественных и количественных параметров, которые могут или нет выражаться аналитически.

Сложность здесь состоит в том, что многие параметры нельзя выразить в виде какой-то функциональной зависимости, отражающей физический смысл этого параметра.

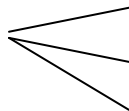
Например, система разработки – как параметр, не может быть выражена количественно или функционально, чтобы полностью отразить физический смысл происходящих явлений при данной системе. (Физическим законом это выразить, например, как скорость движения человека, невозможно. Или невозможно выразить длину лавы, хотя ее изменение влечет за собой множество изменений технологических и технических, как в очистном забое, так и в шахте в целом).

Сущность многовариантности горных задач можно рассмотреть на примере поиска лучшего технического решения для данного проекта.

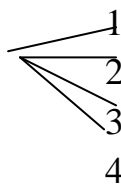
Например, если мы примем следующую схему отработки и подготовки:

I. Блоковая отработка шахтного поля.

1.1. Количество блоков:

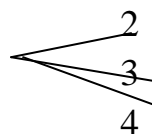


1.2. Количество блоков в работе:

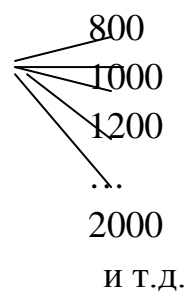


II. Погоризонтная подготовка.

2.1. Количество выемочных ступеней:



2.2. Размер выемочной ступени:



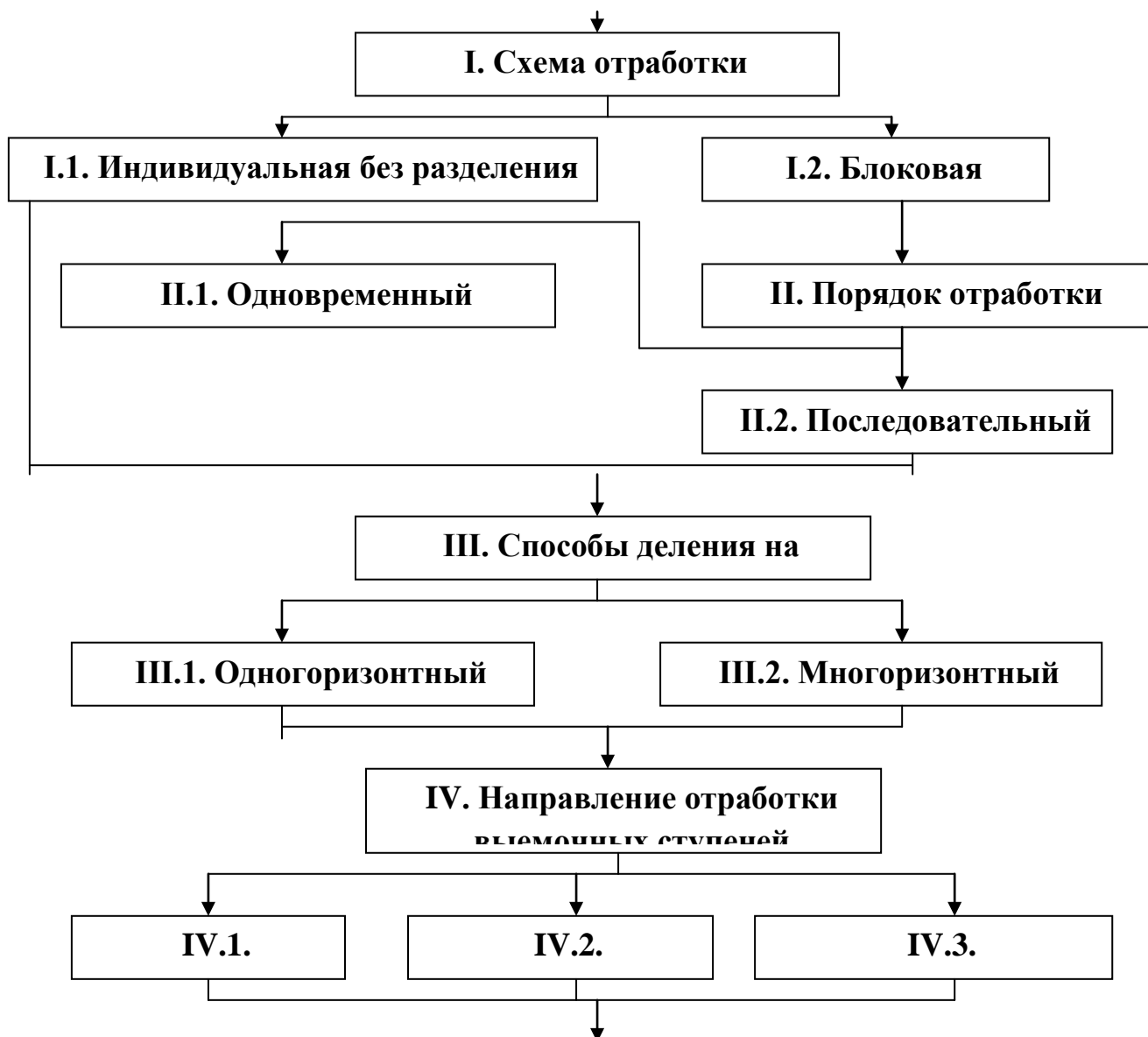
Таким образом, имея один вариант блоковой отработки, мы сразу же имеем 3 расчетных варианта. А если учесть вариантность еще «при одновременной работе» количества блоков, то таких расчетных вариантов еще больше будет.

Ну, а если рассмотреть блоковую подготовку, то она может быть этапная или погоризонтная. При погоризонтной подготовке необходимо учесть количество выемочных ступеней и размер выемочной ступени.

В общем случае количество расчетных вариантов представляет собой произведение возможных качественных параметров шахты на их количественное выражение при условии, что все они стыкуются в один конкретный качественно-количественный вариант.

(Т.е. простое перемножение количества параметров здесь не разумно. Так, например, мы могли принять один или два блока, а одновременно в работе может находиться и 3 блока. Тогда это получится несуряца, а не логическое заключение).

Блок-схема формирования расчетных вариантов технологической
схемы шахты

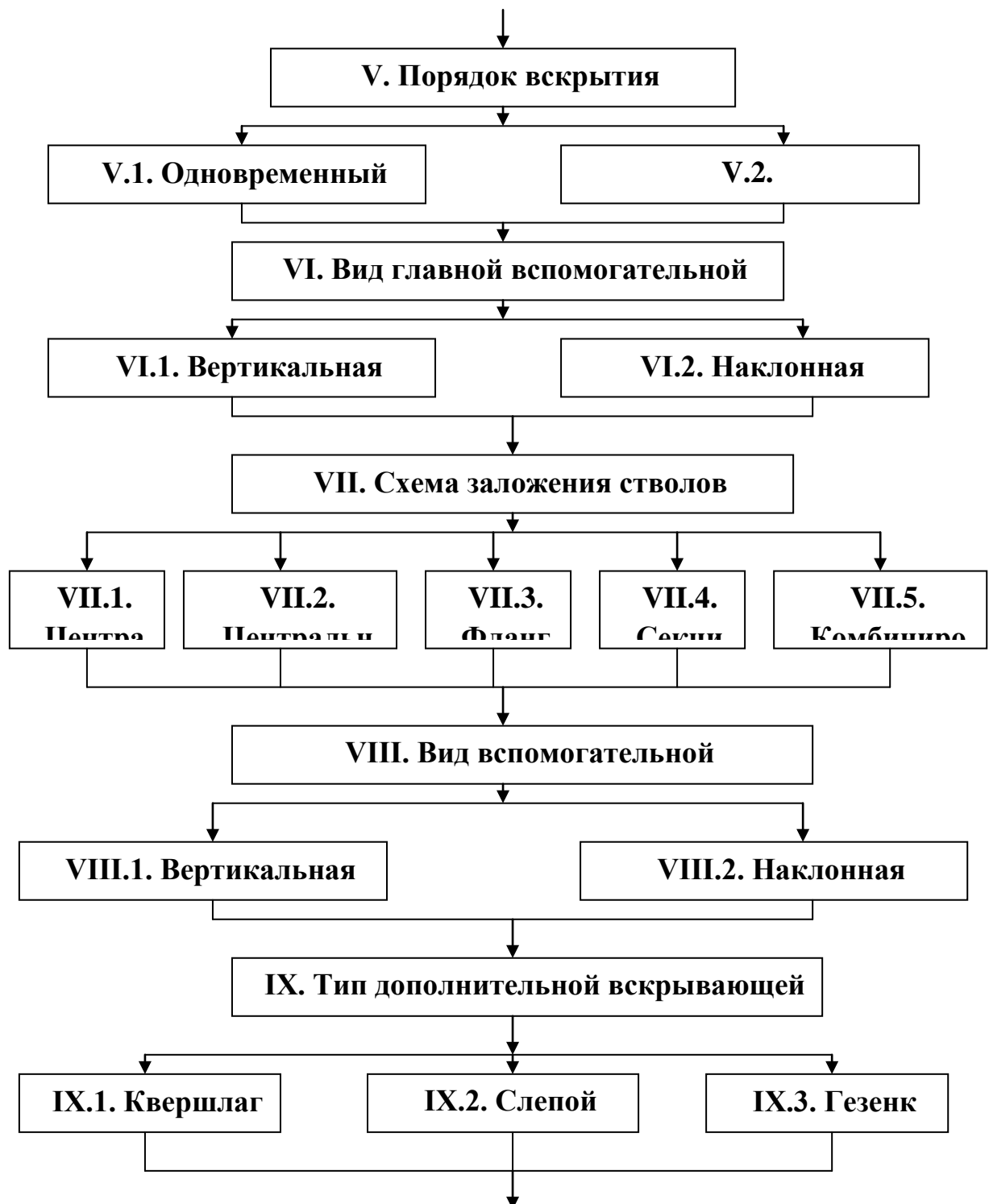


I. По способу отработки шахтного поля.

(в блок подготовки)

Рис.1. Схема возможных вариантов способов вскрытия шахтного поля для отработки на ЭРМ

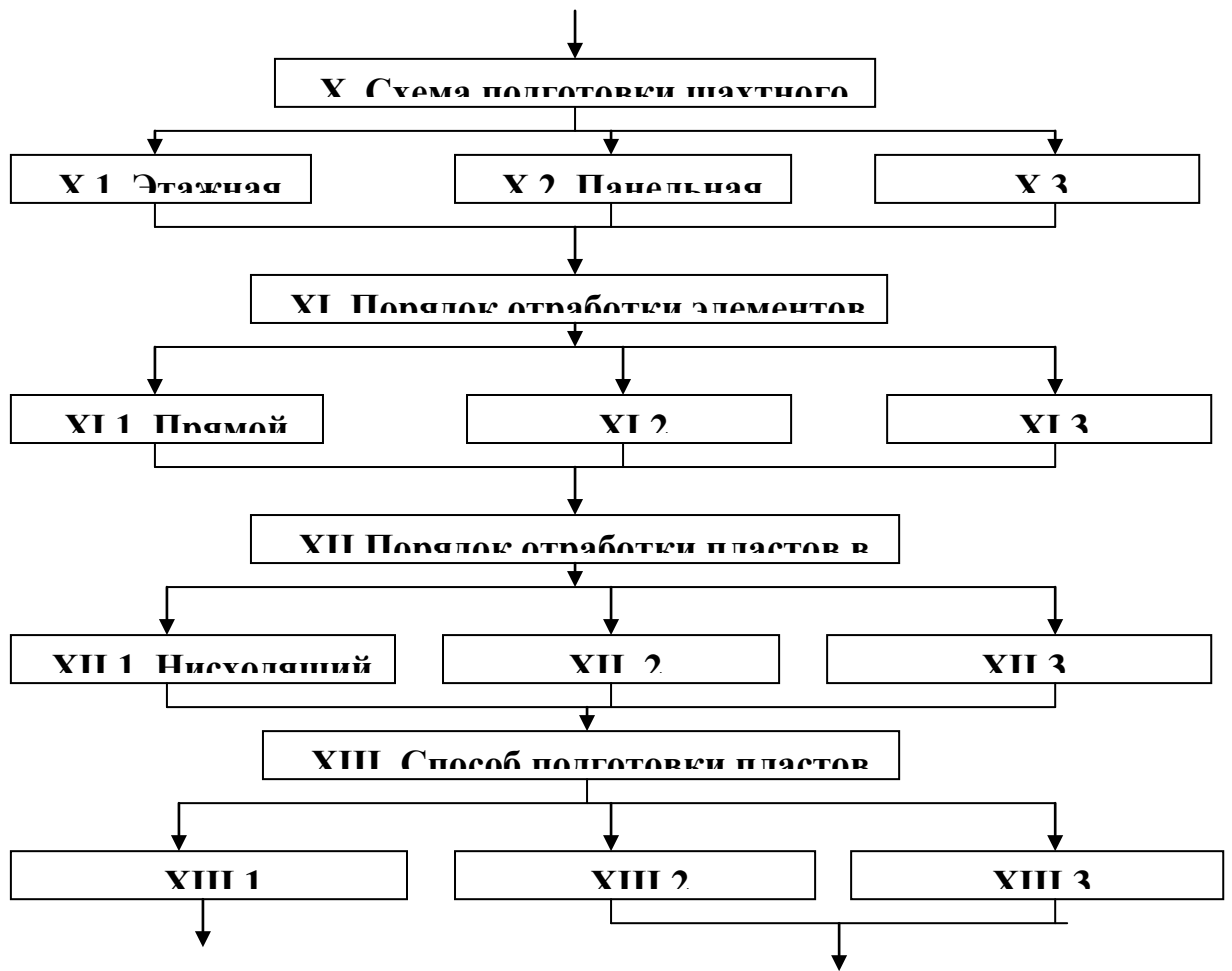
II. По способу вскрытия шахтного поля и пластов.



(в блок подготовки)

Рис 2 Схема возможных вариантов способов вскрытия шахтного поля и пластов для отработки на ЭВМ.

III. По подготовке шахтного поля и пластов.

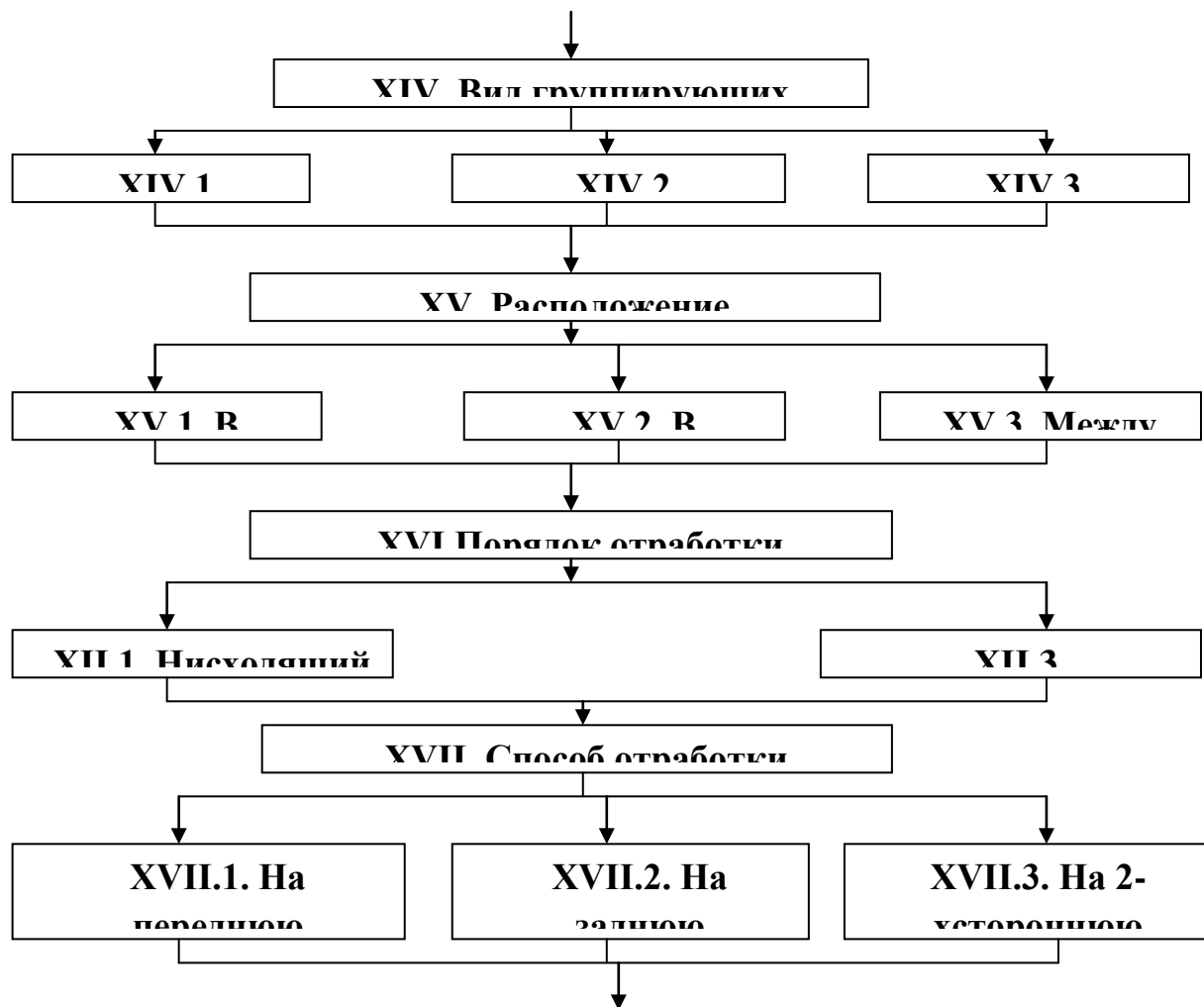


(В блок системы разработ-
ки)

(В блок способа отработки сви-
ты пластов)

Рис 3. Схема возможных вариантов подготовки шахтного поля и пластов

VI. По способу групповой обработки свиты пластов.



(в блок системы разработки)

Рис. 4. Схема возможных вариантов групповой обработки свиты пластов.

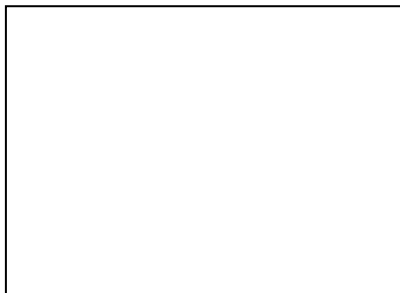
промышленности с увеличением производительности уменьшается себестоимость, то в угольной часто наблюдается картина – растет производительность и растет себестоимость продукции. В основном это чисто природное явление, но встречаются эти явления из-за нерадивости принимаемых и внедряемых решений на шахте.

Таким образом – решение задачи должно соответствовать экономической политике страны. Если это выполняется, то это объективная оценка.

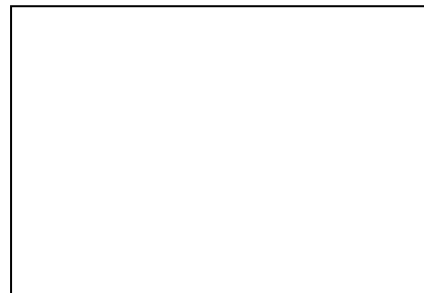
Критерий оптимальности, который соответствует перечисленным требованиям, является самым лучшим критерием. (Необходимо заметить, что в горном деле требования 1 и 3 почти не встречаются.)

2.3.2 Многокритериальная сущность горных задач

Под многокритериальной сущностью понимается то, что одно и то же проектное решение может быть определено по нескольким критериям – причем по каждому из них может быть найдено самое лучшее решение, а между собой эти самые решения (по всем критериям) изменяются в довольно широком диапазоне. В такой ситуации перед принимающим решение стоит всегда вопрос – какое же решение принять?



1-я ситуация



2-я ситуация

Например, если рассмотреть наилучший вариант размера поля по простиранию. Так, мы имеем два критерия – C и $C+EK$ и размер поля. При 1-й ситуации $S=1600м$ и сам критерий, как видно из графика, чувствителен, а при 2-й ситуации сам критерий не очень чувствителен – но размер поля по простиранию больше.

Какой же принимать размер?

При такой ситуации наиболее правильной было бы решать задачу сразу с использованием всех видов критериев, но до настоящего времени многокритериальной оценки или метода многократного решения задач НЕТ.

В практике исходят из наиболее общего критерия, того, который в большей степени отражает все стороны рассматриваемой задачи или который наиболее важен с народно-хозяйственной точки зрения.

Особенно сложной бывает ситуация, когда один критерий требует увеличения параметра, а другой наоборот – его уменьшения. В таких случаях говорят о разнонаправленности критерия.

Например, рассмотрим размер шахтного поля по простиранию. Если мы берем критерий в денежном выражении, то он требует увеличения размеров до определенных пределов. А если взять для этого критерий – производительность труда, то он будет требовать только уменьшения параметра (т.е. чем меньше размер по простиранию – тем больше производительность труда).

То есть выход один – принимать наиболее общий параметр.

Конечно, решать задачу по многокритериальности было бы очень хорошо, но сейчас максимально можно взять для оценки 2 критерия ($C+EK$), а иногда удается принять 3, но это очень редко. (Но при размере шахтного поля по простиранию можно еще взять средний размер по двум вариантам, а схему вскрытия усредненную уже принять невозможно).

2.3.3 Критерии оптимальности

Имея такое множество вариантов, специалист должен оценить их и среди всех сравнимых вариантов выбрать тот, который является наилучшим. Вот этот наилучший вариант принято называть оптимальным. Но так как сравнение вариантов другого с другим может производиться только по какому-то единому показателю, то этот показатель принято называть критерием оптимальности.

Физическая сущность горных задач. Любая горная задача (либо на стадии проектирования, либо на стадии принятия решений в эксплуатации) представляет собой поиск качественных и количественных параметров, которые могут или нет выразиться аналитически. Сложность здесь состоит в том, что многие параметры нельзя выразить в виде какой-то функциональной зависимости, отражающей физический смысл этого параметра. Например, система разработки не может быть выражена количественно или функционально, чтобы полностью отразить физический смысл происходящих явлений при данной системе. (То есть в виде физического закона это выразить нельзя, как например скорость движения человека. Ну, как выразить длину лавы физиче-

ски. Но с длиной лавы изменяется и режим, и добыча, и организация. Но как это все увязать?)

И кроме того любая наборка параметров имеет собственный физический смысл, иногда по вариантам противоречащим друг другу (например, сплошная система – поддержание выработок в выработанном пространстве, а при столбовой – в массиве...)

Все это положило на решении горных задач такой отпечаток, что до наших времен в качестве критериев оптимальности применяются экономические показатели. (а вот через экономику можно их свести и объединить. Т.е. стоимость поддержания 1м при различных системах – столько, там столько. Т.е. по этому показателю можно было выбрать оптимальный. Т.е. хуже, лучше по отношению к чему-то).

(Применяющуюся систему разработку в этих целях $S_T=12,11$ руб. – сплошная, а при столбовой $=12,10$ руб. Т.е. 1 руб. На 1 тонну экономим, но при 10% разбежности они равноценные.)

Объединение разнообразных работ, параметров производится по экономическим параметрам. (Можно ли сравнивать проветривание по физическому смыслу объяснить нельзя, а по экономическим можно – стоимость затрат энергии, при различных системах). Применение таких экономических показателей позволяет стыковать в единое целое различные работы, выполненные в процессе строительства и эксплуатации шахты и любые параметры шахты. Что для оценки проектного решения могут быть применены следующие критерии оценки оптимальности:

1. Критерий абсолютной эффективности капитальных вложений.

Сущность его сводится к тому, что по варианту определяется доля прироста продукции на затраченные капиталовложения.

Данный критерий имеет следующий вид

$$\frac{\Delta C}{\Delta K}$$

где ΔC – прирост продукции, выраженный в рублях;

ΔK – прирост капитальных вложений на дост. прироста в рублях.

И по этим уже различиям можно производить сравнение вариантов.

Достоинство этого критерия состоит в том, что он непосредственно показывает, какой эффект получаем от нашего принятого решения. Недостаток этого критерия в том, что:

1. Необходимо производить полный расчет каждого единого варианта.
2. Не отражает сущности капитальных вложений
3. Не учитывает собственных параметров шахты, в частности мощности шахты.

2. Критерий сравнительной эффективности капитальных вложений

Выражение данного критерия имеет следующий вид

$$\frac{C_2 - C_1}{K_1 - K_2} = E$$

Он представляет собой отношение разности эксплуатационных затрат (издержек) права по выработкам, к разности капитальных вложений. Основой смысл этого критерия (заложенный в нем), состоит в том, что большая величина капитальных вложений должна способствовать меньшим эксплуатационным расходам, при выходе одного и того же количества продукции. (Здесь для шахты не всегда наблюдается такая картина – несмотря на всю механизацию автоматизацию. Растут и капитальные вложения, и эксплуатационные затраты, так, например, с уходом на глубину изменяется и технология, расходы, добыча и т.д. Хотя этот показатель дает возможность посмотреть, как выработки влияют на этот прирост).

Недостатки характерны, что и для первого критерия оптимальности. E – коэффициент (показатель) экономической эффективности. Если $E =$ сроку окупаемости, только тогда он выгоден.

Срок оптимальности для угольной промышленности – 0,1, т.е. 10 лет (0,8 – тогда 12 лет) Сейчас узаконено – 0,8, а срок окупаемости округляется до 10, а составляет 10-12 лет.

$$\frac{1}{E} = T_{\text{срок окупаемости}}$$

Для очистных, модернизированных – $E=0,33$, т.е. 3 года, но мы не вкладывались и по оборудованию, крупногабаритному перешли на 0,2, т.е. 5 лет, но E не дает такого объяснения и сравнения.

3. Критерий - сумма эксплуатационных и приведенных капитальных

вложений

Данный критерий оптимальности имеет следующий вид (правильнее было бы, если бы можно было учитывать капитальные вложения и эксплуатационные затраты. Но их складывать нельзя.)

$$C = K + C_{\text{э}}$$

$$\widehat{K_{\text{первог}} K_{\text{бу-}}}$$

(Т.е. капитальные вложения при строительстве – это когда ещё нет продукции, эксплуатационные это когда уже идет продукция) т.е. по первому варианту $K_{\text{первог}}$ – больше, но будущих лет мало, и во втором варианте – наоборот. А сумма может быть равна, поэтому иногда пишут:

$$C = K + C_{\text{э,год}} * T =$$

$$\widehat{K_{\text{первог}} K_{\text{бу-}}}$$

$$\frac{C}{T} = \frac{K}{T} + C_{\text{э,год}}$$

душ.лет

Если учитывать срок вложения затрат, то это уже приведенные затраты. Но они не связаны с добычей и еще не показывают, что выходит на 1т. И если все это разделить на какой-то год – сроку службы то будет. Но, чтобы он отразил производственную мощность шахты – разделим на 1т добычи:

$$\frac{C}{T * A} = \frac{K}{T * A} + \frac{C_{\text{э,год}}}{A};$$

$$C_{\text{пр}} = \frac{K_{\text{пр}}}{A} + C; K_{\text{пр}} = \frac{K}{T};$$

где T – срок за который производится сравнение

Если принять, что большей степени нас интересует не весь срок капитальных вложений, а срок в котором они окупятся, то правильнее будет принять следующее выражение:

$$C_{\text{пр}} = \frac{K * E}{A} + C;$$

C – удельные эксплуатационные затраты или себестоимость.

Эту зависимость можно записать еще так:

$$C_{\text{пр}} = E + K_{\text{пр}} + C$$

$$K_{\text{первог}} \overbrace{K_{\text{будуц.лет}}}$$

Но, $K_{\text{пр}}$ так и осталось в этом выражении.

$K_{\text{пр}}$ – это очень дорогие деньги.

$K_{\text{будуц.лет}}$ – это уже дешевле.

Т.к. на первые – деньги государству прибыли не дают, и уже через 20 лет, если брать то будет прибыль.

Для оценки временного характера капитальных вложений используется проведение их по времени. Те деньги, которые мы отвлекаем в настоящий период времени на производство работ. Они дохода еще не дают (строительство и сдача шахты в эксплуатацию) и те деньги, которые мы отвлечем в будущем – они в обороте и дают прибыль.

В связи с этим предлагается величину K рассмотреть по времени, а именно

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{пер}} * (1 + \Delta)^t + \sum_1^i K_{\text{буд}} * i \frac{1}{(1 + \Delta)^{t_i}}$$

где Δ - коэффициент эффективности капитальных вложений;

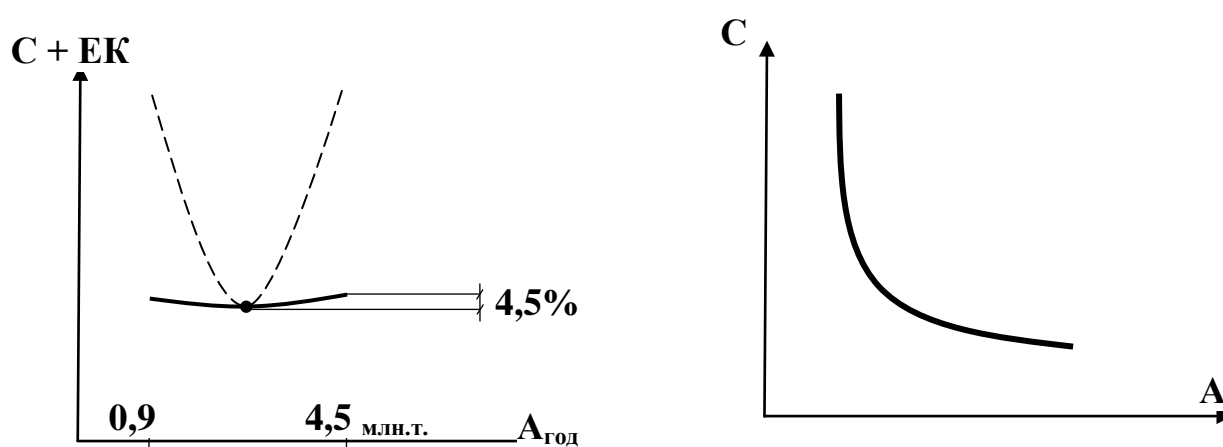
t – срок, к которому приводятся капитальные вложения по времени (к началу строительства, сдачи шахты в эксплуатацию, на момент освоения проектной мощности) отсюда и видно, что деньги будущих лет действительно значительно меньше.

t_i – срок удаления будущих капитальных вложений от года к которому мы приводим. (допустим сдаем через 10 лет – т.е. будущий считаем после 10 лет – 11-й = 1; 12-й = 2). Сумма приведенных капитальных вложений и эксплуатационных затрат является основанием для оценки приведенных проектных решений. Для оценки проектных решений в целом критериев может быть очень много: ($P_{\text{труда}}$, только эксплуатационные расходы, рентабельность, фондоемкость, объем добычи – в зависимости от того, какая задача решается)

2.3.1 Требования, предъявляемые к критерию оптимальности

Какой бы критерий мы не выбирали для наших решений, не принимали, они должны (быть) стать предъявляемым к ним требованиям. Эти требования следующие:

1. Критерий оптимальности должен быть чувствителен к изменению параметров той задачи, которая постоянно на оптимизацию. Это значит, что малейшее изменение параметров должно отражаться на величине критерия, при чем это изменение должно быть существенным (таких чувствительных критериев в шахтном деле – нет). Например, если взять производственную мощность шахты, то это выглядит так:



Такая чувствительность расчета – 4,5% это любой просчет, закругление цифр – т.е. чувствительности $A_{г}$ нет никакой.

Если взять только C (это не критерий, а односторонняя оценка) и чем больше A , тем меньше C .

И выходит, что $A_{ш}$ слабо реагирует на все эти изменения. Нет таких оптимальных зависимостей, чтобы выразить все эти изменения. Под чувствительностью критерия понимается как бурно изменяется критерий. В отношении чувствительности критерия следует понимать так, что для определения одного и другого параметра, который максимально описывает этот параметр, отражая физический смысл явлений, процессов или работ согласно данному параметру. Иногда, если неизвестно в какой степени будет влиять или изменяться тот или иной критерий, задачу решают по нескольким критериям и выбирают параметр исходя из наиболее экономически важного критерия.

2. Критерий оптимальности должен быть максимально простым в математическом выражении, т.к. собственно это выражение является целевой функцией и поиск ее (экстремума) должен быть по возможности простым. (Можно придумать такие выражения, что в п/в еще нет методов их решения)

3. Критерий оптимальности должен отражать физический смысл, происходящих явлений, т.е. он должен максимально правдиво описывать весь ход

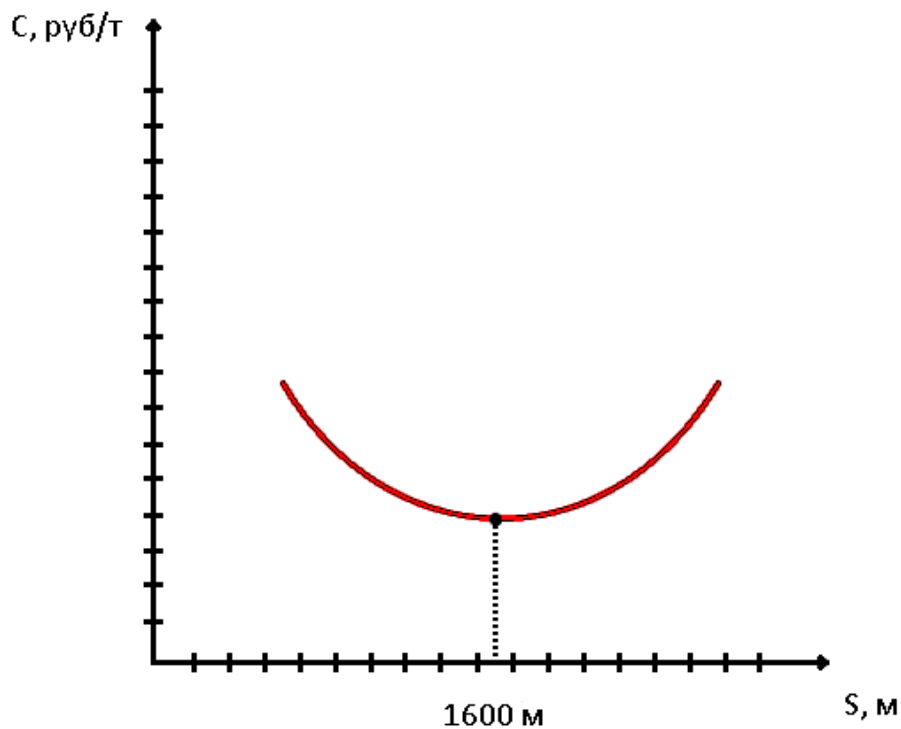
работ и их сущность, если бы принимаемое решение было внедрено в практику. (здесь имеется ввиду – что критерий должен описывать все правдиво, как рассчитали. Например, размеры шахтного поля – остались те же. Охрана выработок бутовые полосы – осталось хорошо, если нет, значит нет соответственно. Если используем статические зависимости – то статические зависимости мы имеем права подставить любые значения, но получим одно значение.)

4. Критерий оптимальности должен соответствовать экономической политике страны на рассматриваемый период времени. (Если здесь рассмотреть это, то будет так.) Когда встал вопрос восстанавливать угольную промышленность, то была задача максимальной добычи угля «уголь любой ценой». Конечно, тогда не было никаких таких критериев. Давали тогда любые деньги на восстановление. Тогда был один критерий – максимальная добыча в короткий срок. Т.к. угольная промышленность – основа базы страны. В п/в становится вопрос прироста добычи, но за счет повышения производительности труда, (а не за счет капитальных вложений, т.е. за счет внутренних резервов, качества труда и т.д. Так основные критерии - повышение R_t , снижение S_{yt} и повышение A_{sh} . Мы связаны с глубиной и это нарушенное понятие, как в других видах промышленности. Растет R_t , и растет S – т.е. это чисто природное. Есть из-за нерадивых решений на шахте. Т.е. решение данной задачи должно соответствовать экономической политике страны.

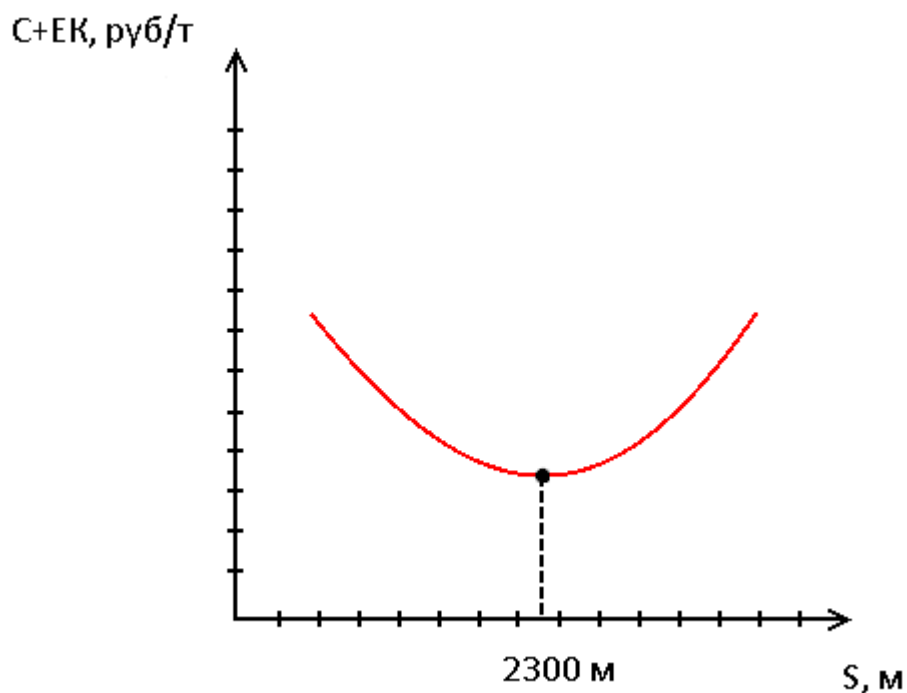
2.3.2 Многокритериальная сущность горных задач

Под многокритериальной сущностью понимается, что одно и тоже проектное решение может быть определено, по нескольким критериям, причем по каждому из них может найдено самое лучшее решение, а между собой эти самые лучшие решения, по всем критериям, изменяются в довольно широком диапазоне. В такой ситуации, перед принимаемым решением всегда стоит вопрос: а какое же значение параметра принять?

Например, если рассматривать наилучший размер шахтного поля по простиранию, то можно выделить 2 критерия: удельные эксплуатационные затраты и размер по простиранию



Так, например зависимость параметров графика показывает что имеется точечный оптимум. Т.е. критерий чувствителен к оптимизации и подходит для решения задачи.



При другом критерии ($C+EK$) действительность не больше. Этот критерий менее чувствителен, но размер оптимального параметра больше.

Какой же брать критерий? Какой брать параметр?

При такой ситуации наиболее правильной было бы решать задачу сразу с использованием всех возможных критериев, но до настоящего времени

многокритериальной оценки или метода многокритериального решения задач нет.

В практике исходят из наиболее общего критерия, тот который в большей степени отражает все стороны рассматриваемой задачи или который наиболее важен с независимой точки зрения. (И этот размер (параметр) определяет производительность труда (P_m), больше себестоимость 1т угля (S) – большее длины транспортирования, штат и производственную мощность шахты и т.д.)

Особенно сложной бывает ситуация, когда один критерий требует увеличения параметра, а другой наоборот – его уменьшения. В таких случаях говорят разнонаправленности критерия.

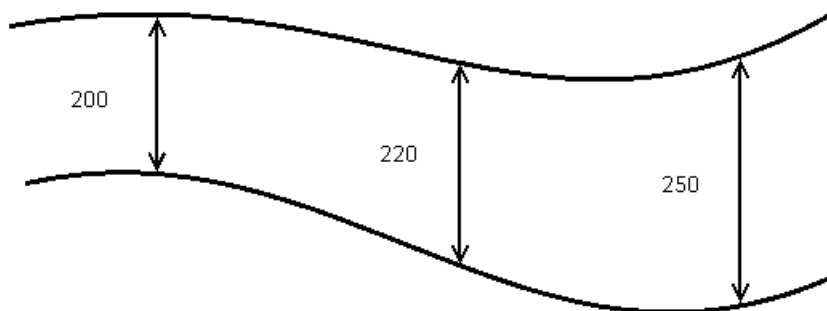
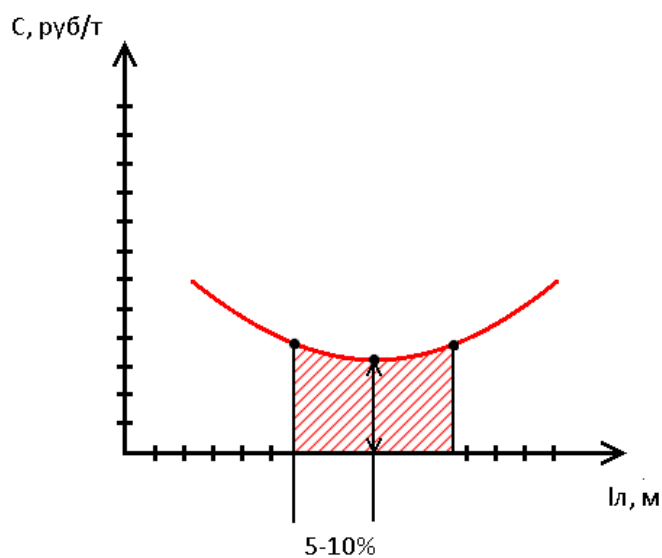
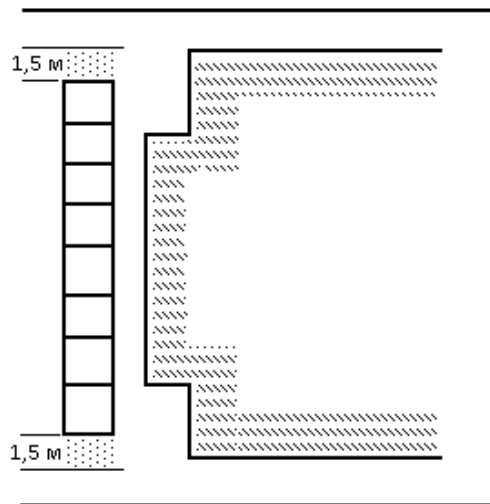
Например, рассмотрим размер шахтного поля по простиранию. Если мы берем критерий в денежном выражении, то они требуют увеличения размеров до определенных пределов, а если взять для этого критерий P_m , то он будет требовать только уменьшение параметра (т.е. чем меньше размер – тем больше P_m , т.е. выход для решения – принимать наиболее общий критерий).

Конечно решать задачу по многокритериальности было б очень хорошо, но сейчас можно взять максимум 2 критерия (С+ЕК), иногда удается взять 3 – но это очень редко. (На размер шахтного поля можно взять среднее значение параметра, а как взять «среднюю схему» вскрытия шахтного поля).

Понятие оптимальности применяемая к горным задачам

Под оптимальным понимается, принимаемое решение, которое технически и технологически осуществимо на практике и реализация которого повлечет за собой минимальное значение критерия оптимальности (например, взяли оптимальный размер $S_{ш.н}$ (1600, 2300) можно реализовать? – можно. Но, если б это был бы размер панели, то это по опыту не подходит и реализации быть не может)

Особенностью параметров горного предприятия является их изменчивость в процессе эксплуатации. Например, линейные размеры (l_l , $H_{эм}$, $S_{кр}$ и т.д.) никогда не бывают строго постоянными весь срок службы. В связи с этим в горной практике принято говорить не о точечном оптимальном значении, а об области оптимального значения данного параметра (оптимальная область параметра) под которой понимается – такая область значений исследуемого параметра значения принятия оптимальности, на границах которой не превышает 5-10% экстремального значения (т.е. если мы говорим, что определим оптимальную длину лавы ($l_{онм}$) – то в работе длина лавы (l_l) – все время изменяется).



То есть поменяется от 0 до l , то нет смысла вталкивать механизированный комплекс, а оставлять концевые участки лавы по 2-3 метра для индивидуального крепления – так как с изменением длины l_l нужно добавлять и укорачивать $l_{компл}$.

Наличие такой области оправдано еще и тем, что точность исходной информации, которой мы пользуемся – не превышает 10%, иногда и значительно меньше. Кроме того, часть информации склонна к компьютерным изменениям (особенно цены и стоимости работ).

Изменились нормы и расценки, цены и т.д., то имеющиеся стоимостные параметры теперь не соответствуют. Нужны новые стоимостные параметры. Как будут изменяться цены и материалы дальше? Неизвестно, что будет через 10-20 лет. То есть реально принимать критерий оптимальности $C + EK$ – оптимальное увеличение с его улучшением (т.е. больше чем на 10% изменения параметра говорить нет смысла)

Наличие такой оптимальной области дает нам право говорить, что выбранный по одному из наиболее общих критериев параметр, в тоже самое время соответствует и нескольким другим критериям одновременно. Таким образом существует некоторая доля многокритериальной оценки параметров при решении горных задач.

2.3.3 Понятие оптимальности применительно к горным задачам

Под оптимальным понимается такое принимаемое решение, которое технически и технологически осуществимо на практике и реализация которого повлечет за собой минимальное значение критерия оптимальности.

Особенностью параметров горного предприятия является их изменчивость в процессе эксплуатации. Например, линейные размеры (длина лавы, высота этажа, яруса, длина панели) никогда не бывают строго постоянны весь срок службы шахты.

В связи с этим в горной практике принято говорить не о точечном оптимальном значении, а об области оптимального значения данного параметра.

Оптимальная область параметра – это такая область (участок), под которой понимается область значений исследуемого параметра, значения (которого) критерия оптимальности на границах которой не превышают 5 – 10% экстремального значения.

(Так, например, мы говорим, что определяем оптимальную длину, а практически длина лавы – кроме случаев длинных столбов по восстанию и падению – все время изменяется из-за гипсометрии пласта).

(Поэтому нет смысла механизированный комплекс применять по всей длине лавы, а на концевых участках – за счет изменения длины и на эту величину – устанавливать индивидуальное крепление. Это устранил трудоемкие работы по наращиванию или укорачиванию механизированных крепей.)

Наличие такой (оптимальной) области оправдано еще и тем, что точность исходной информации, которой мы пользуемся, не превышает 10%, а иногда и значительно меньше. Кроме того, часть информации склона к конъюнктурным изменениям (особенно цены и стоимости работ).

Наличие такой оптимальной области дает нам право говорить, что выбранный по одному из критериев параметр в то же самое время соответствует и нескольким другим критериям одновременно.

То есть существует некоторая доля многокритериальной оценки искомого параметра.

(По поводу конъюнктурных изменений – цены и расценки на работы изменяются постоянно. Так, с января 1982 года снова изменились нормы и расценки в угольной промышленности. Старые стоимостные параметры уже не пригодные. Нужны новые параметры. Как изменятся цены и расценки в будущем, нам неизвестно. Т.е. применение критерия оптимальности $C+EK$ оптимально его увеличивая с его улучшением. Таким образом, больше, чем об изменении критерия на 10%, говорить нет смысла).

К критерию оптимальности предъявляется также требование «полноты» охвата моделируемого объекта и универсальности, а также нечувствительности к случайным незначительным колебаниям переменных (это не противоречит чувствительности по отношению основных переменных при их изменениях).

Разумеется, вряд ли можно получить один критерий оптимальности, удовлетворяющий полностью всем предъявленным к нему требованиям. Поэтому при выборе критерия оптимальности для оценки проектных решений, определяющих состояние и качество больших систем и, в частности, проектов шахт, прибегают к целому комплексу критериев и их комбинациям.

Следует отметить, что каким бы важным не казалось требование к критерию оптимальности в части простоты, тем не менее оно остается относительным и определяется относительной сложностью изучаемого объекта и его отражения в материальной модели.

ЛЕКЦИЯ №3

Виды исходной информации, необходимой для принятия проектного решения

По возможности получения исходной информации вся она может быть разделена на 3 характерные группы:

I. – *Нормативная информация* – это такая информация, которая получается из документов, имеющих законную силу на данный период времени и определяющих те или другие стороны, принятые проектным решением или его обоснования.

К таким документам относятся: основные направления развития промышленности, различного рода инструкции – по выбору промплощадок, определения запасов, нормы и расценки и другие. Сюда же входят – ПБ и ПТЭ, типовые паспорта на техническое оборудование и др.

Исходные данные, согласно этой документации, принимаются как величины *постоянные* и *неизменные* на весь срок принятия решения. Именно по последнему пункту имеет место большой недостаток этой информации, так как проектные решения принимаются на очень длительный период времени, за который, возможно, произойдут изменения в этой информации.

(Например, те шахты, что строились в 70 году, претерпели значительные изменения в своих решениях из-за изменения нормативной информации, а именно:

- в 1970 г. произошла переоценка основных фондов. Это привело к изменению (увеличению) смет;
- в 1981 г. пересмотрели цены на уголь, материалы, оборудование и т.д. – т.е. опять изменилась смета в сторону увеличения;
- в 1982 г. изменились тарифные ставки – это тоже повлечет многие изменения, т.к. отпущенные ранее в смете средства теперь недостаточны как для определения штата, себестоимости и т.д.

Или случай с охранными целиками под стволы. Так, на крутом падении охранные целики под стволы на каждом горизонте составляют 40% от запасов горизонта. А если изменят технологию охраны и целики нужно вынимать, то выходит, что необходимо изменять все технические решения, т.е. все пересчитывать. Получается, что на будущее мы принимаем прошлые нормативы).

II. - *Горно-геологическая информация* – она характеризует месторождение и получается от геологической разведки. Согласно существующим указаниям, прежде, чем приступить к проектированию, Проектная организация должна тщательно изучить геологическую информацию.

Если в горно-геологической информации есть неточности, неясные моменты или она совсем не полная, то ее возвращают на доработки в геологическую партию и последняя должна выполнить все необходимое.

III. – *Расчетная или промежуточная информация* – это та информация, которая получается в результате ведения проектных работ.

Достоверность этой информации зависит от правильности выполнения работ в самом проектном институте или организации.

С точки зрения принятия проектного решения всю информацию можно разделить на следующие группы:

Детерминированная информация, которая считается точно известной и неизменной в возникающих ситуациях (одних и тех же).

При полном использовании только такой информации все методы обоснования проектного решения называются детерминированные.

Какими бы они математическими названиями они ни оперировали, а решение одно. Иногда говорят: «Задача решается в детерминированной постановке – по виду принятой информации».

(К постоянной информации можно отнести стоимость 1 м^3 леса, - нормативную расценку (любую) – и мы на всем этапе проектирования ее не изменяем в любых расчетах).

Принятое решение на базе такой информации, при реализации на практике может (в определенных случаях) оказаться совсем непригодным или не подтвердившимся, так как оно принято на основании точечного оптимума.

Например, мы будем размер длины лавы, равный 180м, но это точечный оптимум, а этот параметр имеет оптимальную область. Ведь и можно иметь случай, когда мы не попадем в эту область.

Основной недостаток детерминированного решения задачи, особенно в горном деле, состоит в том, что на практике мы, по сути дела, не имеем постоянной информации. Усреднение ее же иногда приводит либо к значительному удорожанию или же удешевлению работ, что и в том и в другом случае неправильно.

Т.е. завысили смету – лишние средства, занизили – не хватает средств. А где их взять? С какой отрасли снять и добавить на наш просчет).

Если рассмотреть всю информацию собственно для условий горного дела, то окажется, что вся геологическая информация не является детерминированной.

Так, например, геологи дают информацию о месторождении по скважинам. Расположение таких скважин по геологической сетке равно 500 м по всем сторонам.

И если на нашем участке взять 4 скважины, то мы можем получить следующие мощности пласта: 0,5м; 0,7м; 0,9м и 0,7м. Но ведь это мощности на точке скважины, а между ними 500м. Может, через 3-5м мощность из 0,5 станет 0,7, но мы не знаем этого и из-за отсутствия выемочной техники от-

носим этот участок в забалансовые запасы – в то время, как этот участок можно отрабатывать.

Или дают забалансовый участок в пределах поля, а при отработке там нормальный пласт.

Такая же неточность появляется и по геологическим нарушениям. Даются только крупные, глобальные, а малые нарушения уже познаются при выемке угля. Т.о. геологическая информация недостоверная.

И расчетная информация тоже носит недостоверный характер. Другими словами, перечисленные два вида информации носят вероятностный характер. Вероятностная информация.

Приведенные два вида информации могут характеризоваться такими двумя понятиями: детерминировано вероятностная информация – это такая информация, для которой точно известно либо закон ее распределения как случайной величины, либо вероятность, с которой гарантируется ее появление.

(Например, если бы сказали, что $m=0.72m$ по всему полю с вероятностью $p=0,95$ – т.е. 5% только будут отклонения. Достаточна ли такая достоверность? Безусловно и вполне.

Ну, а если $m=1.25m$ и $p=0,28$. Это явно видно, что такая информация нас не устраивает.)

Если точно известна вероятность появления, то принимающие решения оценивают этот уровень вероятности и если он их удовлетворяет, то задача может решаться как детерминированная.

Однако конечный результат может быть гарантирован некоторым общим показателем вероятности.

Для горного дела уровень вероятности, равный 0,8-0,9, то решения можно принимать.

Если же задан закон распределения любой случайной величины, то подход к решению задачи значительно усложняется. А именно принять детерминировано ту или другую исходную величину нельзя, так как вероятность появления любого единичного события равна НУЛЮ.

В таком случае задачи сводятся к детерминированно-вероятностным и конечное решение определяется путем моделирования всех случайных величин методом статистических испытаний, а конечный результат (решение) определяется с учетом неопределенности и риска.

Для этой цели назначается уровень доверительной вероятности и устанавливается количество статистических испытаний.

Как правило, для технических решений этот уровень составляет 0,9, а при таком уровне количество статистических испытаний не превышает 100.

На основании таблицы случайных чисел выдается порядок перебора всех этих испытаний.

По всем этим испытаниям определяется конечный результат и закон его распределения. Общее конечное решение принимается: при принятии одного решения без сравнения вариантов с учетом возможного округления конечного результата и удовлетворяющего уровня вероятности; при сравнении вариантов по конечному значению произведения вероятности на результат, а затем сравнивается между собой по вариантам.

ЛЕКЦИЯ №4

Проект строительства новой угольной шахты

Проект строительства новой шахты разрабатывается на основании исходных данных и задания на проектирование. Основанием для задания на проектирование служит утвержденное ТЭО строительства шахты.

Проект строительства новой шахты разрабатывается в соответствии с ДБН А.2.2-3-97 "Состав, порядок разработки, согласования и утверждения проектной документации для строительства" (Киев, 1997) и "Эталонном проекта (рабочего проекта) строительства угольной (сланцевой) шахты, выполненным институтом "Донгипрошахт" в 1987 г.

Проект строительства новой шахты разрабатывается специальными проектными организациями (институтами типа "Донгипрошахт", "Днепрогипрошахт" и т.д.), которые назначают главного инженера проекта, координирующего разработку проекта и отвечающего за него в целом.

Проектная организация, заключившая договор на разработку проекта строительства новой шахты, называется генеральным проектировщиком, а организации, заключившие договор с генеральным проектировщиком на отдельные части проекта, называются субподрядными проектировщиками.

Юридическое лицо, заказывающее проект, именуется заказчиком.

Разделы проекта строительства новой шахты разрабатываются без излишней детализации в составе и объеме, достаточном для обоснования проектных решений, определения объемов основных строительного-монтажных работ, потребностей в оборудовании, строительных конструкциях, матери-

альных, топливно-энергетических, трудовых и других ресурсах, положений по организации строительства, а также определения базисной сметной стоимости строительства и капитальных вложений (расчетная сметная стоимость строительства).

В работе, предшествующей техническому проекту, решается увязка границ шахты, уточняются запасы шахтного поля шахты, обосновывается необходимость выполнения технического проекта, намечаются варианты вскрытия, подготовки, системы разработки и путем технико-экономического сравнения выбирается оптимальный вариант, а также определяются ориентировочные капитальные затраты. Аналогично с учетом вариантной проработки выбирается транспорт по шахте, технологический комплекс на поверхности, электротехническая часть, строительная часть, генплан и транспорт, автоматизация и управление технологическими процессами, связь, сигнализация и СЦБ, противопожарная защита, охрана природы, организация строительства, укрупненные капитальные вложения и технико-экономическая часть технико-экономического обоснования строительства шахты.

Проект строительства шахты выполняется в две стадии: проектное задание и рабочие чертежи.

В проектном задании определяются: балансовые и промышленные запасы месторождения; увязываются технические границы шахтного поля; определяется производственная мощность шахты, способ вскрытия; расположение вскрывающих выработок, их сечение; тип крепи, система разработки и ее элементы; расположение и сечение подготовительных выработок, способы их проведения и тип крепи; способы механизации очистных и подготовительных работ; транспортирование угля, породы и вспомогательных материалов; водоотлив; способ проветривания и тепловой режим в шахте; сроки, очередность строительства шахты; генеральный план поверхности с указанием расположения транспортных путей; строительная часть; технико-экономические показатели; себестоимость 1 т угля и производительность труда рабочего.

В соответствии с утвержденным проектом строительства шахты разрабатываются и привязываются рабочие чертежи типовых проектов. В состав рабочих чертежей входят: чертежи генерального плана поверхности с применением типовых проектов зданий и сооружений и рабочие чертежи зданий и сооружений, строительство которых предполагается осуществить по индивидуальным проектам.

Рабочие чертежи по горной части включают: разрезы по стволам, сопряжения стволов с околоствольными дворами по всем горизонтам, околоствольные дворы с сечениями выработок, схемы горных выработок по пла-

стам и горизонтам, камеры, приемные площадки с сечениями и узлами с применением типовых проектов, а в том случае, если типовые проекты не могут быть применены, разрабатываются индивидуальные рабочие чертежи.

Исходные данные для выполнения проекта строительства новой шахты:

- геологический отчет о детальной разведке шахтного поля, утвержденный в ГКЗ;
- решения комплексного проекта развития бассейна (района);
- рекомендации НИИ по вопросам вскрытия и подготовки, системы разработки, механизации очистных и подготовительных работ, нагрузкам на очистные забои, оставления породы в шахте, крепления и поддержания горных выработок и т.д.;
- задание на проектирование с актами отвода земель для площадок будущей шахты;
- инвестиционные намерения инвестора (заказчика);
- решение органа местного самоуправления о проведении проектных и изыскательских работ, решение о выделении земельного участка либо документ о праве собственности или аренды на землю;
- архитектурно-планировочное задание на проектирование;
- имеющиеся градостроительные планировочные материалы (проекты детальной планировки и застройки, генеральные планы и т.д.) с нанесением отвода участка или акт выбора площадки;
- технические условия на подсоединение проектируемого объекта к инженерным сетям и коммуникациям со сроками их действия, а также технические условия на период строительства;
- особые условия заинтересованных организаций;
- данные о видах применяемых строительных конструкций, изделий, импортного оборудования;
- имеющиеся топографические планы;
- имеющиеся выводы относительно инженерно-геологических, экологических условий (особенностей) территории;
- имеющиеся материалы о существующей застройке;
- сведения о подземных сооружениях, подземных и наземных коммуникациях и их техническом состоянии;
- материалы инвентаризации, оценочные акты, решения органов местного самоуправления о сносе и характере компенсации за здания и сооружения, подлежащие сносу;

- данные для разработки решений по организации строительства и составление сметной документации;
- данные о видах применяемого топлива и разрешение на его использование;
- номенклатура продукции, производственная и расчетная программы;
- техническая характеристика продукции предприятия;
- сведения об импортном оборудовании;
- необходимые сведения по выполненным научно-исследовательским работам.

4.1 Структура технического проекта

В технический проект строительства новой угольной шахты входят:

- пояснительная записка;
- комплект технических чертежей;
- сметная документация;
- демонстрационные материалы;
- сборники спецификаций на оборудование;
- конспект пояснительной записки;
- паспорт проекта.

В пояснительной записке дается обоснование и описание проектных решений по всем элементам шахтного хозяйства; из записки и чертежей должны ясно представляться все принципиальные решения, принятые по каждому элементу шахтного хозяйства.

Пояснительная записка содержит горную часть, технологию и оборудование поверхности, электромеханическую, строительную, транспортную и экономическую части, а также организацию строительства.

Сметная стоимость строительства определяется на основе сметных справочников и нормативов в действующих ценах.

Демонстрационные материалы оформляются для наглядного представления шахты в ее основных технических решениях.

Для заказа оборудования, применяемого в проекте, составляются сборники заказных спецификаций.

В конспективной пояснительной записке приводится краткое изложение только основных технических решений по каждому разделу с необходимыми цифровыми данными и технико-экономическими показателями, с приложением для пояснения текста фото или чертежей, снятых с демонстрационных чертежей и уменьшенных до размера 30x40 см.

4.2 Содержание пояснительной записки проекта

Основной частью проекта строительства шахты является пояснительная записка, содержание которой приводится ниже.

Введение

1. Геологическая часть

1.1 Общие положения

1.2 Геологическая характеристика шахтного поля

1.3 Границы и запасы шахтного поля

2. Технологическая часть

2.1 Общая организация работ и проектная мощность шахты

2.2 Вскрытие шахтного поля

2.3 Подъемы по стволам

2.4 Подготовка шахтного поля. Система разработки.

Календарный план разработки пластов

2.5 Закладочное хозяйство

2.6 Подземный транспорт. Вагонетка

2.7 Вентиляция. Дегазация

2.8 Противоаварийная защита. Техника безопасности и промсанитария

2.9 Осушение шахтного поля. Водоотлив

2.10 Меры охраны подрабатываемых зданий и сооружений

2.11 Качество угля

2.12 Технологический комплекс на поверхности

2.13 Вспомогательные цеха. Ремонтно-складской комплекс

2.14 Породное хозяйство

3. Электротехническая часть

4. Строительная часть

5. Генеральный план и транспорт

5.1 Генеральный план

5.2 Транспорт

6. Автоматизация и управление технологическими процессами

7. Противопожарная защита

8. Охрана природы. Охрана недр

9. Организация строительства

10. Технический прогресс и научно-исследовательские работы

11. Научная организация труда. Управление предприятием

12. Мероприятия по освоению проектной мощности в нормативные сроки

13. Топливо-энергетический и материальный баланс шахты
14. Жилищно-гражданское строительство
15. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне
16. Техничко-экономическая часть
 - 16.1 Численность трудящихся и производительность труда
 - 16.2 Капитальные вложения
 - 16.3 Основные промышленно-производственные фонды и нормируемые оборотные средства
 - 16.4 Себестоимость добычи угля
 - 16.5 Техничко-экономическая эффективность строительства шахты
 - 16.6 Техничко-экономические показатели проекта
17. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)

Как видно из вышеприведенного, проект строительства шахты содержит горную часть, технологию и оборудование поверхности, электромеханическую, строительную, транспортную и противопожарную части, охрану природы, организацию строительства и экономическую части.

Горная часть проекта строительства шахты является основной и наиболее ответственной частью всего проекта, так как в ней устанавливается тип шахты и ее основные параметры, от которых зависят решения по всем остальным частям проекта.

В горной части приводится геология района и участка шахты, определяются рабочие пласты, размеры участка, границы и запасы шахтного поля; определяются тип, мощность и срок службы шахты; выбирается тип и емкость вагонетки; схема вскрытия и подготовки, сечения и оборудование стволов, околоствольные двory и камеры; системы разработки и способы механизации очистных и подготовительных работ; определяются сечения подготовительных выработок и выбирается тип крепи. Определяется порядок отработки рабочих пластов.

Устанавливаются количество и расположение очистных забоев как на момент освоения проектной мощности, так и на момент сдачи шахты в эксплуатацию; составляются планы подготовительных работ на сдачу и освоение шахты. Разрабатывается закладочное хозяйство шахты.

Составляется календарный план добычи угля по годам на первые 10 лет и по пятилеткам на весь срок службы шахты, разрабатываются календарные планы отработки пластов.

Разрабатывается схема транспорта в шахте по участковым и магистральным горизонтальным и наклонным выработкам, служащая основанием для расчета и выбора всех средств подземного транспорта.

Разрабатываются мероприятия по осушению шахтного поля. Определяется ожидаемый приток воды в шахту, намечается схема водоотлива, устанавливается тип, емкость и расположение водосборника.

Составляется прогноз газообильности шахты, рассчитывается количество воздуха для проветривания шахты, разрабатывается схема проветривания и проводятся расчеты депрессии шахты в разные периоды ее работы и на максимальное удаление горных работ. По этим материалам в электромеханической части проекта производится расчет вентиляторных установок.

Разрабатываются мероприятия по безопасности работ в шахте, борьбе с внезапными выбросами угля, газа и породы, по борьбе с пылью и пожарами, профессиональными заболеваниями, по борьбе с высокими температурами.

В части технологии и оборудования поверхности рассматриваются вопросы угля и породы на поверхности шахты, переработки угля, погрузки его в железнодорожные вагоны, склады угля и отвалы породы.

В электромеханической части - электромеханическое оборудование шахты, энергоснабжение и электрооборудование шахты; автоматизация, связь и контроль за работой механизмов, освещение.

В разделах строительной части - строительные и сантехнические решения по зданиям и сооружениям; внешнее и внутреннее водоснабжение и канализация.

В транспортной части - генеральный план и планировка поверхности шахты; железнодорожное хозяйство; автодороги.

В разделе "Организация строительства" устанавливаются методы и порядок производства работ по строительству шахты; определяются необходимые ресурсы рабочей силы, материалов и оборудования и сроки строительства.

В экономической части производится расчет штатов трудящихся: производительности трудящихся, себестоимость 1 т угля и необходимых капиталовложений.

Отдельным разделом в пояснительной записке или отдельной книгой выпускается раздел "Оценка воздействия на окружающую среду" (ОВОС). В данном разделе определяются источники воздействия на окружающую среду и разрабатываются мероприятия по их устранению.

4.3 Технические чертежи проекта

Для пояснения принятых технических решений, описанных в пояснительной записке к основным техническим разделам, выполняются технические чертежи.

К разделам и подразделам пояснительной записки прикладываются следующие чертежи:

- схема вскрытия шахтного поля М 1:5000, М 1:10000, по блоку М 1:2000;
 - сечения и армировка всех стволов М 1:20 (допускается М 1:50);
 - околоствольные двory откаточных, вентиляционных и вентиляционно-дренажных горизонтов главных блоковых стволов с геологическими разрезами М 1:500;
 - схема подъема;
 - спецификации основного технологического и подъемно-транспортного оборудования;
 - календарные планы разработки пластов, совмещенные с гипсометрической основой М 1:5000, М 1:10000;
 - схемы горных выработок по пластам с выделением пусковых комплексов М 1:2000, М 1:5000;
 - системы разработки и графики организации работ в очистных забоях М 1:500, М 1:100, М 1:50;
 - календарный график проведения подготовительных выработок на 10-15 лет эксплуатации шахты;
 - принципиальная схема закладочных работ (разрабатывается без масштаба);
 - схема подземного транспорта;
 - схема вентиляции:
 - 1) на сдачу шахты в эксплуатацию;
 - 2) на максимальное развитие горных работ (... год);
 - 3) на освоение проектной мощности (... год);
 - схема дегазационной сети;
 - спецификация и ведомости основного технологического подъемно-транспортного оборудования;
 - схема кондиционирования воздуха;
 - схема разводки сети холодоносителя по горным выработкам;
 - станция холодильных машин. План. Разрез;
 - прокладка противопожарно-оросительных ставов в стволе;
 - устройство водяной завесы в стволе;
 - разводка противопожарно-оросительного трубопровода по выработкам;
- кам;

- гидравлическая схема главной водоотливной установки;
- спецификация и ведомость основного технологического и подъемно-транспортного оборудования;
- горный отвод с нанесением объектов на поверхности и зон ожидаемых деформаций;
- построение целиков, согласованных в установленном порядке;
- ситуационные планы зданий и сооружений техкомплекса на поверхности основной промплощадки и промплощадок фланговых стволов. Масштаб 1:500, 1:1000 (чертежей 1-2);
- технологические компоновочные чертежи. Планы и разрезы. Масштаб 1:200, 1:500 (чертежей 2-3);
- схема оборудования без масштаба;
- спецификация оборудования;
- ведомость оборудования и материалов;
- принципиальная схема подземного электроснабжения;
- принципиальная схема электроснабжения шахты, совмещенная со схемой внешнего электроснабжения;
- спецификации основного оборудования с длительным циклом изготовления;
- схема сети сжатого воздуха;
- спецификации основного оборудования;
- планы, разрезы фасадов зданий и сооружений со схематическим изображением основных ограждающих и несущих конструкций (при отсутствии проекта-аналога);
- по типовым проектам - каталожные листы;
- по повторно применяемым экономичным индивидуальным проектам - основные чертежи общих видов или паспорта повторного применения (ППП);
- ведомости оборудования;
- внешние сети водоснабжения и канализации; сооружения и устройства по очистке природных и сточных вод, нанесенные на ситуационный план;
- внутриплощадочные сети водоснабжения и канализации;
- профили сетей водопровода и канализации на площадках со сложным рельефом и горно-геологическими условиями;
- заглавные листы типовых, повторно применяемых и индивидуальных проектов;
- ведомости основного оборудования, в том числе и нестандартного;
- спецификация на оборудование длительного изготовления;

- планы по основным сооружениям водопровода и канализации;
- планы и разрезы зданий со сложными системами вентиляции;
- ведомости на основное оборудование, в том числе и нестандартизированное;
- исходные требования на разработку конструкторской документации по оборудованию индивидуального изготовления, включая нетиповое и нестандартизированное, составляемые в соответствии с ГОСТ 15.001-73;
- спецификация оборудования, составленная по форме, установленной по ГОСТ 21.110-82 на оборудование, на изготовление которого необходимо длительное время (центральные кондиционеры);
- тепловая схема котельной;
- планы по перекрытиям и разрезы по котлоагрегату в масштабе 1:200, совмещенные с решениями по строительной и другим частям проекта (для индивидуальной котельной);
- спецификация оборудования, составленная по форме, установленной по ГОСТ 21.110-82 на оборудование, на изготовление которого необходимо длительное время (котлы, трубы сушилки, экономайзер, деаэратор);
- ведомости, составленные применительно к спецификации на остальное оборудование, в том числе и на нестандартизированное;
- исходные требования на разработку конструкторской документации по оборудованию индивидуального изготовления, включая нетиповое и нестандартизированное, составленные в соответствии с ГОСТ 15.001-73;
- планы основных внутривозвращенных тепловых сетей;
- ведомости основного оборудования, в том числе и нестандартизированное;
- исходные требования на разработку конструкторской документации по оборудованию индивидуального изготовления, включая нетиповое и нестандартизированное, составленные в соответствии с ГОСТ 15.001-73;
- схемы трасс внеплощадочных тепловых сетей (наносятся на ситуационном плане);
- план калориферной в масштабе 1:100;
- ведомость основного оборудования, в том числе и нестандартизированного;
- исходные требования на разработку конструкторской документации по оборудованию индивидуального изготовления, включая нетиповое и нестандартизированное, составленные в соответствии с ГОСТ 15.001-73;
- ситуационный план района размещения предприятия, трасс коммуникаций и мест расселения трудящихся; масштаб 1:5000, 1:25000;
- генеральный план в составе:

- 1) горизонтальная планировка;
 - 2) организация рельефа;
 - 3) картограмма земляных масс (для сложных участков);
 - 4) благоустройство, озеленение;
 - 5) малые архитектурные формы, масштаб 1:500, 1:1000;
- сводный план внутриплощадочных инженерных сетей, масштаб 1:500, 1:1000;
 - ведомости основного оборудования;
 - план железнодорожной станции примыкания, масштаб 1:500, 1:2000;
 - план шахтной железнодорожной станции; масштаб 1:500, 1:2000;
 - план подъездных железных и автомобильных дорог; масштаб 1:500, 1:1000;
 - продольные профили железных и автомобильных дорог; масштаб 1:500, 1:10000;
 - поперечные профили по трассам железных и автомобильных дорог; масштаб 1:200, 1:500;
 - планы контактных сетей; масштаб 1:1000;
 - устройство СЦБ. Схематический план станции с осигнализированием;
 - схема организации транспортной связи;
 - суточный план-график движения поездов;
 - план и продольный профиль трасс непрерывных видов транспорта;
 - ведомость основного оборудования;
 - структурная схема проектируемых подсистем АСУТП с ОДУ;
 - структурная схема контроля и управления объектами с комплексом технических средств;
 - план расположения оборудования в ЦДП;
 - план расположения оборудования вычислительного комплекса;
 - функциональная схема АТС;
 - функциональная схема производственно-технологической, диспетчерской связи и радиификации;
 - схема внешних линий связи радио;
 - структурная схема комплексной телефонной связи в шахте и на поверхности;
 - план расположения оборудования на узле связи шахты;
 - стройгенплан по площадкам и периодам строительства;
 - комплексный укрупненный сетевой график строительства;
 - схема прохождения горных выработок;
 - схема водоотлива;
 - схема вентиляции по этапам строительства;

- объемы временных горных выработок;
- схема разводки трубопроводов сжатого воздуха;
- технологическая схема проведения горных выработок (в случае отсутствия типовой схемы);
- разводка временной противопожарно-оросительной сети трубопроводов по горным выработкам.

4.4 Конспект проекта

В конспекте проекта по каждому разделу пояснительной записки приводятся только основные принципиальные решения, цифровые данные, технико-экономические показатели, фото или чертежи, уменьшенные до размера 30х40 см с демонстрационных чертежей.

ВВЕДЕНИЕ

Основание для выполнения проекта. Краткая характеристика объекта, сведения по пусковым комплексам или очередям строительства, основные технико-экономические показатели - проектная мощность, капитальные затраты, производительность труда, себестоимость 1 т угля, продолжительность строительства, рентабельность.

1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Геологическая характеристика шахтного поля

1.2 Границы и запасы шахтного поля

Балансовые и промышленные запасы приводятся по форме таблицы

3.1.

Таблица 3.1 – Запасы шахтного поля по категориям

Геологический символ пласта	М арка уг ля	Балансовые запасы, тыс.т					Промышленные запасы, тыс.т
		А	В	А +В	С ₁	вс его	

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Общая организация работ и проектная мощность шахты

2.2 Вскрытие шахтного поля. Основные вскрывающие выработки, место заложения околоствольных дворов, их объем.

2.3 Подъем по стволам, назначение подъемов, подъемные машины, суды.

2.4 Подготовка шахтного поля. Система разработки. Календарные планы разработки пластов. Схема подготовки, порядок отработки. система разработки. Количество лав и нагрузки на очистные забои.

2.5 Закладочное хозяйство. Назначение закладки, способ закладки, схема закладки.

2.6 Подземный транспорт. Вагонетка

Вид транспорта по горизонтальным и наклонным выработкам. Тип транспортных средств. Вагонный парк. Доставка людей.

2.7 Вентиляция. Дегазация

Категория шахты по газу. Схема проветривания. Способ проветривания. Тип и количество вентиляторов. Способ дегазации. Тип вакуум-насосов и их количество.

2.8 Техника безопасности и промсанитария

Борьба с внезапными выбросами угля, газа, породы. Комплексное обеспыливание выработок, источники водоснабжения для орошения и противопожарных целей. Мероприятия по борьбе с высокими температурами воздуха в шахте, холодильные установки. Борьба с шумом и вибрацией.

2.9 Осушение шахтного поля. Водоотлив

Приток воды, схема водоотлива, оборудование.

2.10 Меры охраны подрабатываемых зданий и сооружений

Основные меры охраны, принятые в проекте.

2.11 Качество угля

2.12 Технологический комплекс на поверхности

Основные положения технологического комплекса - режим работы, состав, управление механизмами технологического комплекса.

2.13 Вспомогательные цеха. ремонтно-складской комплекс. Основные технические решения по цехам и комплексам.

2.14 Породное хозяйство

Краткое изложение основных технических решений

3. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Электроснабжение и электрооборудование

Существующее электроснабжение района. Электроснабжение шахты. Линии электропередач. Подстанции. Установленные мощности. Расход электроэнергии.

3.2 Пневматическое хозяйство

Потребители сжатого воздуха, производительность компрессорной установки, тип машины.

4. СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

4.1 Архитектурно-строительные решения

Блокировка строящихся зданий, метод возведения. Основные решения по промышленной эстетике. Основные строительные показатели.

4.2 Водоснабжение и канализация

Источники водоснабжения, внеплощадочные водоводы, расход воды.

Схема канализации, сброс сточных и хозяйственных вод.

4.3 Внутренний водопровод и канализация

4.4 Отопление и вентиляция

Основные решения по отоплению и вентиляции зданий и сооружений. Очистка загрязненного воздуха перед выбросом в атмосферу. Теплоноситель для системы отопления и вентиляции.

4.5 Теплоснабжение

Теплопотребление, тип и количество котлов, расход топлива. Калорийная. Количество подогреваемого воздуха, подаваемое в шахту.

5. ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН И ТРАНСПОРТ

5.1 Генеральный план

Расположение шахты. Особые условия района. Принцип планирования и размещения зданий, их блокировка, проезды, озеленение и ограждение.

5.2 Транспорт

Существующие и проектируемые сети железных и автомобильных дорог. Железнодорожный, автомобильный транспорт и другие виды транспорта.

6. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Назначение АСУТП или СОДУ. Техническое обеспечение. Связь, тип и емкость АТС. Внешние линии связи.

7. ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

Категория шахты по пожарной опасности. Противопожарная защита поверхности, подземных выработок.

8. ОХРАНА ПРИРОДЫ

Охрана поверхностных и подземных вод. Охрана атмосферы. Рекультивация земель. Утилизация отходов производства. Охрана недр.

9. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Основные вопросы, рассматриваемые в проекте организации строительства.

Тампонаж пород водоносных горизонтов. Способ прохождения стволов. Машины, транспорт породы, электроснабжение, водоснабжение. Объем работ. Продолжительность строительства

10. ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ

РАБОТЫ

11. НАУЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА. УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ

12. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ПРОЕКТНОЙ МОЩНОСТИ ШАХТЫ В НОРМАТИВНЫЕ СРОКИ

13. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ И МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНСЫ ШАХТЫ

Баланс электроэнергии, топлива и тепловой энергии. Проектный энергетический и материальный балансы шахты.

14. ЖИЛИЩНО-ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Численность трудящихся. Расселение трудящихся. Потребная жилая площадь и объем зданий культурно-бытового назначения. Стоимость жилья и соцкультбыта.

15. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЕ

16. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

16.1 Численность трудящихся и производительность труда приводится по форме таблиц 16.1 и 16.2.

16.2 Капитальные вложения приводятся по форме таблицы 16.3.

16.3 Основные промышленно-производственные фонды

Определять исходя из сметной стоимости строительства шахты.

16.4 Себестоимость добычи угля

Себестоимость добычи угля на год освоения проектной мощности по элементам затрат.

16.5 Техничко-экономическая эффективность строительства

Прибыль и рентабельность производства. Экономическая эффективность капвложений.

16.6 Основные технико-экономические показатели проекта строительства шахты

4.5 Демонстрационные чертежи проекта

На рассмотрение проекта предоставляются следующие демонстрационные чертежи:

- ситуационный план района строительства; масштаб 1:5000, 1:10000, 1:25000 и без масштаба (БМ);

- схема вскрытия шахтного поля (блоков) с сечениями стволов и геологическими колонками угольных пластов и боковых пород. Масштаб 1:1000, 1:2000 (схема вскрытия) и масштаб 1:20, 1:50 (сечения стволов);

- схема горных выработок по пластам на сдачу и освоение мощности с сечениями основных горных выработок. Масштаб 1:2000 и 1:50 (сечения).

При большом количестве пластов (2-3) представляется безмасштабная схема горных выработок в аксонометрической проекции с указанием пластов, основного оборудования, направления движения очистного забоя, транспорта угля, порожняка, породы, материалов, людей и воздуха;

- календарные планы отработки основных рабочих пластов по годам на первые десять лет и по пятилеткам на перспективу с указанием годовых объемов и протяженности намечаемых к проходке горных выработок на десять лет; масштаб 1:5000, 1:10000;

- схемы околоствольных дворов с сечениями выработок; масштаб 1:500, 1:200, 1:50;

- схема вентиляции (на момент освоения мощности);

- генеральный план основной промплощадки; масштаб 1:1000, 1:2000;

- график организации строительства;

- таблица основных технико-экономических показателей.

При необходимости могут представляться и другие демонстрационные чертежи (по указанию главного инженера проекта).

На демонстрационных чертежах схемы горных выработок и генпланах выделяются очереди и пусковые комплексы.

Таблицы основных технико-экономических показателей и сметной стоимости строительства на демонстрационных чертежах.

4.6 Сметная документация к проекту строительства шахты

Сметная документация к проектам определяется на основании «Державних будівельних норм» ДБН Д.1.1-1-2000 «Правила определения стоимости строительства» (Госстрой Украины, Киев-2000).

Основной задачей сметного нормирования и ценообразования в строительстве являются:

— обеспечение посредством системы ценообразования в строительстве определения стоимости строительства на всех стадиях инвестирования;

— повышения эффективности капитальных вложений, обеспечения экономии финансовых и других ресурсов; внедрения достижений науки и

техники, передового отечественного и зарубежного опыта в строительном производстве, применение новых материалов, изделий и конструкций, организационных мероприятий и т.п.

Для определения сметной стоимости строительства проектируемых предприятий, зданий, сооружений или очередей составляется инвесторная сметная документация следующих видов:

- локальные сметы являются первичными сметными документами и составляются на отдельные виды работ и затрат по зданиям и сооружениям или по общеплощадочным работам на основании объемов, которые определены при разработке рабочей документации;
- объектные сметы объединяют в своем составе на объект в целом данные из локальных смет;
- сводные сметные расчеты стоимости строительства предприятий, зданий, сооружений (или их очередей) составляются на основе объектных смет;
- сводка затрат – это сметный документ, объединяющий сводные сметные расчеты стоимости строительства промышленного предприятия (сооружения) или его очереди и объектов другого отраслевого назначения (приложение А).

Сводка затрат составляется в случаях, когда одновременно со строительством производственных объектов предусматривается строительство объектов жилищно-гражданского назначения или базы строительной индустрии, профтехучилищ, профилакториев, объектов подсобного сельского хозяйства и бытового обслуживания населения, городского наземного пассажирского транспорта, дорог, путепровода, а также объектов, строительство которых осуществляется за счет средств на производственное строительство.

При проектировании предприятий и сооружений, строительство которых намечается осуществлять по очередям, составляются:

- расчет стоимости строительства на полное развитие (сводка затрат на полное развитие) предприятия и сооружения;
- сводный сметный расчет строительства первой очереди;
- расчеты стоимости строительства последующих очередей.

Состав инвесторской сметной документации определяется в зависимости от стадийности проектно-сметной документации и технической сложности объекта.

В составе проекта разрабатываются:

- сводка затрат (при необходимости);
- сводный сметный расчет стоимости строительства;
- объектные и локальные сметные расчеты;

- сметные расчеты на отдельные виды затрат;
- сметы на проектные и изыскательские работы.

В составе рабочего проекта разрабатываются:

- сводка затрат (при необходимости);
- сводный сметный расчет стоимости строительства;
- объектные и локальные сметные расчеты;
- объектные и локальные сметы;
- ведомости ресурсов к локальным сметам;
- сметные расчеты на отдельные виды затрат;
- сметы на проектные и изыскательские работы.

В состав рабочей документации разрабатываются:

- объектные и локальные сметы;
- ведомости ресурсов к локальным сметам.

К инвесторной сметной документации в составе утверждаемого проекта (рабочего проекта) прилагается пояснительная записка, в которой должны быть приведены:

- ссылка на территориальный район, где расположено строительство;
- сведения о том, с которого года введены нормы и о целях, в каких составлена инвесторская сметная документация;
- обоснование для составления расчетов прочих затрат;
- размеры сметной прибыли;
- ссылки на документы, в соответствии с которыми разрабатывается инвесторская сметная документация.

При необходимости приводятся другие сведения о порядке определения сметной стоимости, характерные для данной стройки.

Сводный сметный расчет стоимости строительства предприятий, зданий, сооружений или их очередей – это сметный документ, определяющий полную сметную стоимость строительства всех объектов, предусмотренных проектом (рабочим проектом), включая сметную стоимость горных, строительных и монтажных работ, затраты на приобретение оборудования, мебели и инвентаря, а также все сопутствующие затраты.

Сводный сметный расчет стоимости строительства разрабатывается в составе проекта (рабочего проекта) по форме, приведенной в Приложении Б.

В сводный сметный расчет стоимости строительства включаются отдельными строками затраты по объектным сметам.

Сметная стоимость каждого объекта, предусмотренного проектом, распределяется по графам, определяющим стоимость: «горных работ», «строи-

тельных работ», «монтажных работ», «оборудования, мебели, инвентаря», «прочих затрат», «общую сметную стоимость».

В сводных сметных расчетах стоимости производственного и не производственного строительства средства распределяются по следующим главам:

Глава 1. Подготовка территории строительства.

Глава 2. Основные объекты строительства.

Глава 3. Объекты подсобного и обслуживающего назначения.

Глава 4. Объекты энергетического хозяйства.

Глава 5. Объекты транспортного хозяйства и связи.

Глава 6. Наружные сети и сооружения водоснабжения, канализации, теплоснабжения и газоснабжения.

Глава 7. Благоустройство и озеленение территорий.

Глава 8. Временные здания и сооружения.

Глава 9. Прочие работы и затраты.

Глава 10. Содержание службы заказчика и авторский надзор.

Глава 11. Подготовка эксплуатационных кадров.

Глава 12. Проектные и изыскательные работы.

Кроме того, после итога глав 1-12 учитываются:

- сметная прибыль;
- средства на покрытие риска всех участников строительства;
- средства на покрытие дополнительных затрат, связанных с инфляционными процессами;
- средства на страхование риска;
- налоги на страхование риска;
- налоги, сборы, обязательные платежи, установленные действующим законодательством и не учтенные составляющими стоимости строительства.

–

В главу 1 «Подготовка территории строительства» включаются средства на работы и затраты, связанные с отводом и освоением застраиваемой территории. К этим работам и затратам относятся: отвод земельного участка, выдача архитектурно-планировочного задания и красных линий застройки, разбивка основных осей зданий и сооружений и закрепление их пунктами и знаками; освобождение территории строительства от имеющихся на ней зданий, лесонасаждений, промышленных отвалов и т.п., перенос и переустройство инженерных сетей, коммуникаций, сооружений, путей и дорог, снятие и хранение плодородного слоя грунта и т.п.; компенсация стоимости зданий и насаждений, которые относятся и уничтожаются; рекультивация земельных

участков, представленных во временное пользование; арендная плата за временное использование земли за пределами участка строительства и другие.

В главу 2 «Основные объекты строительства» включаются работы и затраты: вскрытие месторождения; подготовка шахтного поля; подготовка линии очистного забоя; подземный транспорт; блок зданий и сооружений главного ствола; блок зданий и сооружений вспомогательного ствола; подъем (вне блока); транспорт на поверхности и отвалообразование породы; здания и сооружения обогатительной фабрики (установки); погрузочно-складское хозяйство; временные горные выработки на период строительства шахты; демонтаж, транспорт и наладка временного проходческого оборудования; транспорт от ствола породы, выдаваемой в период строительства; комплексная автоматизация технологических процессов.

В главу 3 «Объекты подсобного и обслуживающего назначения» включаются следующие работы и затраты: закладочное и заилочное хозяйство; водоотлив; вентиляция; дегазация; кондиционирование воздуха; магазины и склады; мастерские; блок административно-бытовых зданий; техника безопасности и промсанитария; здания и сооружения для культурно-бытового обслуживания работающих на производстве и строящиеся в пределах площади промышленного строительства; учебные заведения, строящиеся за счет капитальных вложений, выделяемых на промышленное строительство отрасли; охрана природы.

В главу 4 «Объекты энергетического хозяйства» вносятся работы и затраты: объекты паровой энергии; объекты пневматической энергии; поверхностная и подземные подстанции; линии электропередачи и электросети на поверхности и в шахте.

Глава 5 «Объекты транспортного хозяйства и связи» – железнодорожное хозяйство нормальной (широкой) колеи; узкоколейные рельсовые пути; автомобильные дороги; телефонная и диспетчерская связь и СЦБ.

Глава 6 «Наружные сети и сооружения водоснабжения, канализации, теплоснабжения и газоснабжения» – водоснабжение, канализация, теплоснабжение, газоснабжение.

Глава 7 «Благоустройство и озеленение территорий» (благоустройство промышленных площадок).

В главу 8 «Временные здания и сооружения» включаются средства на возведение и разборку титульных временных зданий и сооружений, необходимых для обеспечения производственных потребностей строек, а также для размещения и обслуживания работников строительства.

В главу 9 «Прочие работы и затраты» включаются средства на покрытие затрат заказчика и подрядных строительно-монтажных организаций, а также на отдельные виды работ, которые не учтены в сметных нормативах.

В главу 10 «Содержание службы заказчика и авторской надзор» включаются средства на: содержание службы заказчика (включая затраты на технический надзор); проведение авторского надзора проектными организациями; на проведение геодезических наблюдений за перемещением и деформациями зданий и сооружений в процессе строительства; проведение тендеров и ввод объекта в эксплуатацию.

В главу 11 «Подготовка эксплуатационных кадров» включаются средства на подготовку эксплуатационных кадров для вновь строящихся предприятий.

В главу 12 «Проектные и изыскательные работы» включаются сметная стоимость проектно-изыскательных работ; сметная стоимость экспертизы проектно-сметной документации.

Сметная прибыль, средства на покрытие риска всех участников строительства, средства на покрытие дополнительных затрат, связанных с инфляционными процессами, средства на страхование риска, налоги, сборы, обязательные платежи, установленные действующим законодательством и не учтенные составляющими стоимости строительства определяются в соответствии с нормативными документами Госстроя Украины.

ЛЕКЦИЯ №5

Проект реконструкции действующей угольной шахты

Проект реконструкции действующей шахты разрабатывается на основании исходных данных и задания на проектирование.

Проект реконструкции действующей шахты разрабатывается в соответствии с ДБН А.2.2-3-97 "Состав, порядок разработки, согласования и утверждения проектной документации для строительства", "Эталоном проекта (рабочего проекта) реконструкции (расширения или подготовки новых горизонтов) действующих шахт", "Инструкции по расчету производственной

мощности действующих промышленных предприятий Министерства угольной промышленности СССР". Приказ Министра угольной промышленности СССР от 10.01.79 № 27.

В проект реконструкции действующей шахты включаются реконструкция или модернизация.

Проекты реконструкции шахт разрабатываются:

- с приростом и без прироста мощности;
- при объединении двух и более шахт в одну производственную единицу;
- совместно со вскрытием и подготовкой новых горизонтов.

При модернизации шахты повышаются технико-экономические показатели путем замены устаревших технологических процессов и оборудования на современные.

В состав проекта реконструкции шахты включаются все горные работы по вскрытию, подготовке шахтного поля, системы разработки и линии очистных забоев.

В состав проекта модернизации включаются все горные работы, связанные с заменой оборудования и технологических процессов.

Для проекта реконструкции действующей шахты, помимо исходных данных, предоставляются дополнительные исходные данные, перечисленные ниже:

- фактическая схема вентиляции с указанием количества воздуха, сечений, длин, коэффициентов аэродинамического сопротивления выработок;
- газовая, депрессионная и тепловая съемки (за последний год);
- справка о фактических притоках по шахте;
- химический анализ воды и содержание взвесей;
- справка о сопротивляемости угля резанию;
- справка о расходе материалов на 1000 т суточной добычи;
- справка о нагрузках на лавы за пять последних лет; перечень забоев и их техническая характеристика;
- процент выхода породы из подготовки и от ремонта выработок;
- протяженность поддерживаемых выработок и численность рабочих, занятых на перекреплении;
- количество подготовительных забоев, темпы прохождения, механизация;
- перечень действующих и выполненных проектов по шахте. Степень и реализация, основные технические решения;
- узкие места, мероприятия по их ликвидации;

- схема транспорта;
- фактические паспорта крепления очистных и подготовительных выработок;
- справка о подтверждаемости геологических данных;
- справка о факторах, осложняющих ведение горных работ, трудозатрат и их преодоление;
- справка об организации работ по шахте;
- справка по типу 25ТП за пять лет;
- акт состояния горных выработок;
- данные по стволам и скважинам:
 - 1) абсолютная отметка устья;
 - 2) абсолютная отметка головки рельсов околоствольных дворов по горизонтам;
 - 3) глубина зумпфа;
 - 4) полная глубина ствола (скважины);
 - 5) диаметр ствола в свету;
 - 6) вид крепи, ее толщина;
 - 7) армировка ствола;
 - 8) назначение;
- паспорта норм и расценок на все действующие очистные и подготовительные забои;
- планы горных работ по разрабатываемым пластам с нанесенной программой на ближайшие пять лет и справка с набором добычи на пятилетку;
- планы околоствольных дворов с указанием направления движения и суточного объема грузопотоков, а также количество и направления движения людей.

Состав задания на проектирование остается таким же как и для проекта строительства новой шахты.

Для проекта реконструкции действующей шахты выполняется расчет производственной мощности. Под производственной мощностью угольной шахты считается максимально возможный годовой (суточный, сменный) объем добычи и переработки сырья в номенклатуре и ассортименте, соответствующих фактическому выпуску для отчетного года, для планового периода - предусмотренных планом, при полном использовании основного производственного оборудования и других производственных фондов, с учетом осуществляемых и намечаемых мероприятий по внедрению передовой технологии производства и научной организации труда, при соблюдении правил безопасности и технической эксплуатации, регламентирующих производственную деятельность предприятия.

Расчет производственной мощности действующего предприятия по добыче и переработке угля производится по следующим ведущим технологическим процессам (звеньям): по подъему, технологическому комплексу на поверхности, фронту горных работ, подземному транспорту, вентиляции.

Расчет пропускной способности ведущих технологических процессов (звеньев) производится по горной массе.

Перед расчетом пропускной способности ведущих технологических звеньев шахты выполняется анализ горно-геологических и горно-технических условий и составляется план возможного развития горных работ.

5.1 Расчет технических возможностей шахты по её технологическим звеньям

5.1.1 Расчет технических возможностей шахты по фронту горных работ

Технические возможности шахты по фронту горных работ в течение суток определяются суммированием расчетных суточных нагрузок на очистные забои шахты и расчетной добычи угля из подготовительных выработок, проведение которых финансируется за счет основной деятельности.

Суточные нагрузки на очистные забои определяются:

- на комплексно-механизированные забои - по "Методике расчета нагрузки на комплексно-механизированной очистной забой" по методике, изложенной в прогрессивных технологических схемах разработки угольных пластов;

- на забои, оборудованные другими средствами механизации, по действующим нормативам нагрузки на очистные забои. Для газовых шахт значение нагрузки на очистной забой, рассчитанной исходя из условий механизации, сравнивается с максимально возможным значением нагрузки, рассчитанным согласно "Инструкции по расчету количества воздуха, необходимого для проветривания действующих угольных шахт" ("Недра", 1975), с учетом осуществления мероприятий по повышению эффективности дегазации пластов и вмещающих пород, а меньшее из них принимается за расчетную нагрузку на очистной забой.

Если фактическая нагрузка на очистной забой превышает расчетную для данных условий величину, то значение расчетной нагрузки определяется по фактическим показателям, достигнутым за лучший квартал отчет-

ного года, с учетом выполнения требований правил безопасности и технической эксплуатации. Количество очистных забоев на шахте, в режиме работы которых планируются резервные смены, определяются § 76 "Правил технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт" ("Недра", 1976).

Результаты расчета технических возможностей шахты по фронту горных работ сравниваются с фактическими за отчетный год и делаются выводы.

5.1.2 Расчет пропускной способности подземного транспорта шахты

Пропускная способность подземного транспорта шахты определяется как минимум из пропускной способности околоствольного двора и суммы пропускных способностей транспортных маршрутов движения угля из очистных забоев. Конечным пунктом каждого маршрута является околоствольный двор при электровозном транспорте или магистральная линия при конвейерном транспорте.

Расчет пропускной способности транспортных звеньев производится в соответствии с "Правилами технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт", "Основными положениями на проектирование подземного транспорта новых и действующих угольных шахт" (ИГД им. А.А.Скочинского, 1977) и "Основными направлениями и нормами технологического проектирования угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик" ("Недра", 1973).

Пропускная способность околоствольных дворов определяется с учетом коэффициента неравномерности поступления груза равного 1,5.

При расчете пропускной способности звеньев с локомотивным или конвейерным транспортом по магистральным выработкам учитывается коэффициент неравномерности K_n , равный 1,25 при наличии бункеров на погрузочных пунктах и 1,5 при отсутствии бункеров.

5.1.3 Расчет пропускной способности подъема шахты

Пропускная способность подъема рассчитывается как для вертикальных стволов, так и для концевой откатки наклонных стволов. Все расчеты ведутся в соответствии с "Инструкцией по расчету производственных мощностей действующих промышленных предприятий" и аналогично вышеприведенным разделам. Для увеличения пропускной способности дей-

ствующих подъемных установок и повышения уровня их использования , после проведения расчетов, даются рекомендации по улучшению их работы:

5.1.4 Расчет технической возможности шахты по вентиляции

Для расчета технической возможности шахты по вентиляции определяется общее количество воздуха, необходимое для проветривания шахты, в соответствии с "Руководством по проектированию вентиляции угольных шахт", с учетом резерва производительности и внешних утечек определяется расчетное количество воздуха, которое необходимо подать в шахту. Для расчета номинальных значений производительности и депрессии рассчитывается общешахтная депрессия, которая принимается по максимальному значению депрессий струй в соответствии с "Руководством по проектированию вентиляции угольных шахт". Определяются количество воздуха и депрессия. Далее определяется технически возможная суточная добыча шахты по условиям проветривания по формуле

$$A_{ш}^e = A_{ш}^{zp} \frac{Q_n}{Q_p}, \text{ т/сут}$$

где $A_{ш}^{zp}$ – возможная добыча шахты, рассчитанная по фронту горных работ, т/сут.

Q_n – количество необходимое для проветривания шахты по нормативу,

м.куб/сут.

Q_p – Количество воздуха для проветривания шахты по расчету, м.куб/сут.

Для увеличения пропускной способности шахты по вентиляции намечаются мероприятия как: изменение режима работы вентилятора, уменьшение сопротивления сети выработок, применение дегазации, изменение схем проветривания и др.

5.1.5 Расчет пропускной способности технологического комплекса поверхности

Для оценки производственных возможностей технологического комплекса поверхности шахты предварительно анализируются все технологические звенья и их взаимосвязь, а также учитывается необходимость ликвидации узких мест в технологической цепочке.

5.2 Формирование вариантов технологической схемы реконструкции действующей шахты

Анализ проектов ряда реконструируемых шахт и принятых проектных решений на основе вариантных проработок позволил выделить на современном этапе четыре принципиальные схемы их дальнейшего развития, которые рассматриваются как современные технологические модели для действующих шахт.

Технологическая модель I. Вскрытие нового горизонта отдельным стоящим воздухоподающим (вентиляционным) стволом, отнесенным по падению шахтного поля с целью улучшения вентиляции шахты, и оборудование его комплексами для выполнения вспомогательных операций. Технологическая цепочка по транспортировке, выдаче и приемке угля сохраняется по существующей схеме с проведением отдельных мероприятий по ее техническому перевооружению (замена средств доставки угля на более производительные, модернизация технологического комплекса на поверхности).

В силу независимости ведения работ по модернизации угольного транспорта от работ по сооружению стволов и соответствующего их обустройства и учитывая весьма существенный разрыв в продолжительности их выполнения, эти работы могут осуществляться по отдельным проектам.

Указанная технологическая модель принята по шахтам "Коммунист", "Бутовка-Донецкая", разрабатывающим одиночные пласты, и по шахтам им. К.И.Поченкова, "Ждановская № 3-4", разрабатывающим свиты пластов.

Особенность этой схемы для шахт, разрабатывающих свиту пластов, заключается в том, что параметры заложения стволов, его пространственная привязка к схеме горных выработок шахты устанавливаются с учетом имеющейся неравномерности отработки пластов. При этом имеется ввиду создание нормальных условий работы по опережающим пластам, по которым, в силу отдаленности эксплуатационных работ от главных стволов и основных магистралей, создается наиболее критическое положение.

Техническое перевооружение шахт по этой технологической модели решает следующий комплекс основных вопросов: улучшение проветривания шахты, ликвидация многоступенчатости транспорта материалов, оборудования, сокращение путей и, как следствие, затрат времени на доставку рабочих к рабочим местам.

Технологическая модель II. Поэтапное вскрытие и подготовка нового горизонта с прохождением вентиляционного и воздухоподающего стволов с оборудованием последнего комплексом для выполнения вспомогательных операций (спуск-подъем людей, материалов и оборудования).

Сущность этой схемы заключается в том, что на первом этапе выполняется комплекс горно-капитальных работ по улучшению вентиляции на опережающих пластах путем прохождения вентиляционного ствола на отметку будущего нового горизонта. Обустройство вентиляционного ствола и его функции принимаются из условий ведения через него работ по подготовке нового горизонта (околоствольного двора, квершлагов), т.е. оборудование ствола клетевыми подъемами для выдачи породы, спуска-подъема людей и материалов на период строительства горизонта.

На втором этапе по мере отработки запасов других пластов и перехода эксплуатационных работ на новый горизонт проходится воздухоподающий ствол с выполнением функций по спуску-подъему людей, материалов и оборудования на оставшийся период работы шахты. За вентиляционным стволом сохраняются функции по выдаче породы при ведении эксплуатационных работ.

Взаимное расположение стволов при такой схеме вскрытия горизонта определяется способом подготовки шахтного поля. При панельной подготовке они проходятся на одной промплощадке, при погоризонтной - разнесены по падению шахтного поля.

Такая технологическая модель принята по шахтам им. А.Ф.Засядько и "Новгородовская № 2".

Технологическая модель III. Вскрытие и подготовка одновременно двух горизонтов путем прохождения вертикального воздухоподающего ствола и оборудование его комплексами для спуска-подъема людей, материалов и оборудования. Настоящая схема применена для шахт, разрабатывающих две разнесенные свиты пластов, обрабатываемых на разных горизонтах.

Технологическая модель IV. Поэтапное вскрытие и подготовка нового горизонта с последовательным прохождением вертикальных стволов и коренной реконструкцией шахты на втором этапе.

Такая технологическая модель отличается заметным приростом проектной мощности шахты; открывает широкие возможности для хозяйственного способа строительства и является реальной предпосылкой для перехода предприятий на новые экономические формы хозяйствования.

5.3 Содержание и структура технического проекта реконструкции шахты

Содержание пояснительной записки реконструкции действующей шахты аналогично содержанию пояснительной записки проекта строительства новой шахты.

Как было указано выше, пояснительная записка реконструкции действующей шахты отличается от пояснительной записки проекта краткими сведениями о фактическом состоянии шахты и анализом производственной мощности, содержание глав которых приводится ниже.

5.3.1 Структура технического проекта реконструкции действующей угольной шахты

Структура проекта реконструкции действующей угольной шахты включает в себя:

- пояснительную записку, которой предшествуют "Краткие сведения о шахте и анализ производственной мощности шахты", "Основные направления развития шахты";
- комплект технических чертежей;
- комплект технических чертежей;
- сметную документацию;
- демонстрационные материалы;
- сборники спецификации на оборудование (по блоку, панели, горизонту);
- конспект пояснительной записки;
- паспорт проекта.

5.3.2 Содержание проекта реконструкции действующей шахты

Введение

1. Краткие сведения о фактическом состоянии шахты. Анализ узких мест (анализ производственной мощности шахты)

1.1 Общая характеристика месторождения

1.2 Основные технико-экономические показатели работы шахты

1.3 Особенности ведения горных работ в пределах шахтного поля

1.4 Режим работы, мощность и срок службы шахты

1.5 Вскрытие, подготовка шахтного поля, околоствольные дворы, система разработки

1.6 Вентиляция и дегазация

1.7 Подземный транспорт

1.8 Водоотлив

1.9 Техника безопасности и промсанитария

1.10 Технологический комплекс на поверхности

1.11 Энергоснабжение

1.12 Водоснабжение и канализация

1.13 Теплоснабжение

1.14 Здания и сооружения

1.15 Генеральный план и транспорт

1.16 Анализ производственных возможностей шахты

1.17 Краткий анализ основных технико-экономических показателей работы шахты.

5.4 Основные направления развития шахты

В пояснительной записке приводятся обоснование и описание технических решений в увязке с действующей технологической моделью шахты, аналогичная увязка выполняется в комплекте чертежей к реконструкции действующего предприятия.

В сметную стоимость строительства дополнительно включаются затраты на приведение отдельных комплексов шахты к действующим нормам и правилам с учетом мероприятий и рекомендаций.

Все остальные части проектной документации выполняются аналогично проекту строительства новой угольной шахты.

Лекция №6

Проект закрытия (ликвидации) убыточных и неперспективных шахт

6.1 Обоснование закрытия (ликвидации) шахты.

Основанием для выполнения проекта закрытия (ликвидации) шахты является Государственная программа закрытия неперспективных угольных шахт и разрезов, утвержденная постановлением Кабинета Министров Украины, приказ Минтопэнерго Украины о закрытии (ликвидации) шахты и задание на проектирование, утвержденное Минтопэнерго Украины.

В проекте дается ссылка на разработанное и утвержденное технико-экономическое обоснование (ТЭО) целесообразности дальнейшей работы шахты, в котором обоснована необходимость ликвидации шахты. Излагаются основные положения и выводы ТЭО целесообразности дальнейшей работы шахты.

При отсутствии объективных причин дальнейшей работы убыточной шахты (наличия продуктивных запасов угля, удовлетворительное состояние шахтного фонда и оборудования, возможность достижения невысокой себестоимости добываемого угля) технико-экономическое обоснование целесообразности дальнейшей работы шахты не выполняется, а разрабатывается только проект закрытия (ликвидации).

В случае, если горные работы ликвидируемой шахты связаны с горными работами смежных шахт в проекте закрытия (ликвидации) шахты учитываются возможные варианты обеспечения гидробезопасности соседних шахт, разработанные производственным объединением "Укруглегеология" в "Заключении по оценке эколого-гидрогеологических последствий ликвидации шахты".

После принятия решения о прекращении эксплуатационной деятельности шахты и ее ликвидации приводится обоснование режима работы шахты до ликвидации (физическая ликвидация, "режим ожидания", водоотливный режим, консервация шахты).

6.2 Физические особенности закрытия (ликвидации) шахты

Одной из моделей процесса ликвидации шахты является ее физическая ликвидация, включающая в себя:

- ликвидацию стволов и технических скважин;
- разборку зданий и сооружений на поверхности;
- демонтаж оборудования на поверхности;
- монтаж, демонтаж и наладку общешахтных машин и оборудования;
- содержание общешахтных машин и механизмов в период ликвидации;
- благоустройство (планировку площадок).

Решения по объектам ликвидируемой шахты принимаются на основе характеристики стволов, горных выработок, зданий и сооружений, стационарного оборудования, поверхностных технологических комплексов, электрооборудования поверхностных подстанций, поверхностных коммуникаций, узлов связи с использованием материалов инвентаризации основных фондов и т.п., представляемых заказчиком в качестве исходных данных.

Перечень подземных объектов, подлежащих ликвидации, приводится в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень объектов, подлежащих ликвидации

Наименование выработки	Параметры выработки			Техническое состояние выработки	Дальнейшее использование выработки
	сечение, м ²	длина или глубина, м	вид крепи		

Перечень составляется на основании исходных данных и задания на проектирование, выданных заказчиком.

На основании решения, принятого на техническом совещании по ликвидации шахт (протокол Минуглепрома Украины от 10.07.97), ликвидируются горные выработки, имеющие выход на дневную поверхность.

С учетом фактической схемы вскрытия и подготовки шахтного поля разрабатывается очередность ликвидации вышеуказанных горных выработок с учетом соблюдения следующих условий:

- обеспечение надежной вентиляции с сохранением до полной ликвидации горных работ системы автоматического контроля метана и расхода воздуха в горных выработках, для чего сохраняются необходимые службы и штаты;

- обеспечение возможности вывода людей в аварийных ситуациях (длина маршрута выхода при авариях в безопасное место; запасные выходы из шахты с горизонта, бремсбергового или уклонного полей);

- сохранения для ведения ликвидационных работ транспортных систем, водоотливного хозяйства, системы электроснабжения и противопожарной защиты;

- исключение прорыва воды и газа в смежные погашаемые выработки и в выработки смежных шахт;

- исключение образования провалов на дневной поверхности;

- создание фронта и объема работ, обеспечивающих ликвидацию шахты в оптимальные сроки.

Согласно принятым решениям составляются объемы работ, обеспечивающие ликвидацию шахты в оптимальные сроки и разрабатывается календарный график ведения работ.

6.2.1 Ликвидация стволов и технических скважин.

Эти работы производятся в соответствии с требованиями раздела 2.7 "Ликвидация выработок и шахт" "Правил безопасности в угольных шахтах" ДНАОП 1.1.30-1.01-00, Киев, 2000; "Инструкции о порядке ликвидации и консервации предприятий по добыче полезных ископаемых", утвержденной постановлением Госгортехнадзора СССР от 11.07.85 № 28.

Основные технические решения по ликвидации стволов, требования к инженерным сооружениям и конструкциям, порядок ведения ликвидационных работ, осуществление контроля в послеликвидационный период, обеспечивающие безопасность пребывания людей, и осуществление хозяйственной деятельности на прилегающих территориях, а также меры по снижению вредного влияния на окружающую среду и недра разрабатываются в соответствии с "Проектом ликвидации угольных шахт. Эталон" КД 12.12.001-98, утвержденным Министерством угольной промышленности Украины письмом от 26.10.98 № 3-7973/74, и "Правилами ликвидации стволов угольных шахт. Руководящий нормативный документ" КД 12.12.005-2001.

Кроме того, при разработке настоящего раздела проекта обязательны требования законодательных актов, нормативных документов и стандартов, действующих на территории Украины на момент выполнения проекта ликвидации шахты, касающиеся охраны недр и окружающей среды, охраны труда, организации строительного производства, норм и правил проектирования объектов угольной промышленности.

При разработке технических решений по ликвидации горных выработок последние разделяются на выработки, не имеющие и имеющие выход на земную поверхность.

По углу наклона горные выработки, имеющие выход на земную поверхность, разделяются на следующие группы (рисунок 7.1):

- вертикальные - 90° ;
- крутые - более 60° ;
- крутонаклонные - от 35 до 60° ;
- наклонные, пологие и штольни - до 35° .

Ликвидация ствола - проведение работ, включающих заполнение (засыпку) свободного объема ствола или его части закладочным материалом, сооружение полков, перемычек, применение других мер, направленных на прекращение аэродинамической связи с действующими горными выработками, а также на обеспечение долговременной устойчивости подземных сооружений и конструкций (крепи) с целью предотвращения опасных деформаций земной поверхности. Под опасными деформациями земной поверхности понимаются внезапные оседания, провалы земной поверхности в месте устья ликвидированного ствола с образованием воронки (кратера), происходящие вследствие разрушения подземных сооружений и конструкций ликвидируемого ствола, активизации геомеханических процессов и представляющие опасность для людей, животных, а также для осуществления хозяйственной деятельности.

Ликвидируемые вертикальные и крутые стволы должны быть полностью заполнены закладочным материалом (сыпучий, кусковатый до 250 мм, негорючий материал - негорючая порода отвалов, щебнеподобный материал, бой штучных строительных материалов, бетонных конструкций, вяжущие растворы) до уровня земной поверхности. Ликвидация стволов может выполняться без полной засыпки на основании заключения УкрНИМИ, согласованного с органами Госнадзорохрантруда.

В местах сопряжений стволов с другими горными выработками с целью воспрепятствования расползанию закладочного материала создается упорный слой путем заполнения свободного объема ствола неразмокаемым непросадочным материалом прочностью не менее 15-20 МПа (щебень марки по прочности 200 и бой строительного материала с предельным размером кусков не более 250 мм). Объем заполнения и абсолютные отметки упорного слоя определяются проектом. В местах сопряжения стволов с горными выработками, пройденными с углом подъема от ствола более 10° , а на скиповых стволах и в местах расположения загрузочных камер, упорный слой не предусматривается. При наличии в стволах сопряжений с выработками четырех и более технологических горизонтов упорный слой из непросадочного материала предусматривается в сопряжениях с выработками, как правило, в пределах нижних трех горизонтов, а для заполнения вышераспо-

ложенной части ствола следует использовать породу отвалов. Допускается при соответствующем техническом и экономическом обосновании применение других инженерных решений по предотвращению расползания (ухода) закладочного материала в местах сопряжений ствола с горными выработками.

Ликвидируемые вертикальные стволы надежно перекрываются, как правило, двумя прочными полками: полком перекрытия ствола и полком перекрытия устья ствола (рисунок 7.2).

Полок перекрытия ствола сооружается на глубине залегания коренных пород, но не менее 10 м от земной поверхности. При ликвидации стволов с башенными копрами полки перекрытия располагаются в месте фундаментной плиты копра. Полок перекрытия ствола обеспечивает восприятие постоянной равномерно распределенной нагрузки от массы закладочного материала с коэффициентом запаса по нагрузке 2,0. Полок выполняется с применением тяжелого конструкционного бетона в виде монолитной железобетонной плиты (диафрагмы), опирающейся по контуру с помощью металлических балок на коренные породы или на крепь ствола, если она обладает достаточно несущей способностью и долговечностью. Глубина заделки металлических балок в монтажные гнезда должна быть не менее 200 мм и определяется в зависимости от толщины крепи ствола и состояния коренных пород. В полке закладывается труб диаметром 100 мм для перепуска воды в нижнюю часть ствола и газоотводящий трубопровод для организованного отвода шахтных газов в атмосферу (рисунок 3.2). Газоотводящий трубопровод выполняется из стальных труб диаметром не менее 100 мм с толщиной стенки не менее 4 мм на разъемных соединениях (муфтах, фланцах). Допускается использовать для отвода газа имеющиеся в стволе трубопроводы, удовлетворяющие изложенным выше требованиям. На шахтах, опасных по газу, сварочные работы на газопроводах не допускаются. Трубопроводы ниже полков перекрытия ствола, устья ствола и нижних изолирующих перемычек должны иметь перфорацию на длине 5 м отверстиями диаметром 20 мм из расчета 20 отверстий на один метр трубы. Газоотводящие трубопроводы должны вертикально выводиться на высоту не менее 3 м от поверхности земли и оборудоваться дефлектором. Для отбора проб газа трубы на высоте 1,5 м от поверхности земли должны иметь закрываемые заглушками отверстия диаметром 12 мм.

На шахтах, опасных по газу, на расстоянии 1 м от верхнего конца трубы должен устанавливаться огнепреградитель типа ОПС.

Площадка вокруг газоотводящей трубы размером 4x4 м должна иметь твердое покрытие и прочное ограждение высотой 2,5 м. Ограждение на вы-

соту 2,0 м выполняется из сборных железобетонных конструкций (панелей) без устройства входных проемов. На каждой стороне ограждения газоотводящей трубы ликвидированных вертикальных, крутых, крутонаклонных стволов вывешиваются металлические щиты (таблички) с предупреждающей надписью: «Внимание. Зона постоянного контроля, применение открытого огня, движение транспорта, прокладка коммуникаций, строительство опасно!».

Сооружение полка перекрытия ствола не предусматривается в следующих случаях:

- при ликвидации стволов глубиной до 60 м;
- в стволах, пройденных в наносах (рыхлых, четвертичных отложениях на земной поверхности - песок, гравий, галечник, глина, суглинок и пр., покрывающие коренные породы - горные породы - песчаники, известняки, сланцы, не перемещенные процессами эрозии), и неустойчивых породах (величина максимальных смещений более 200 мм), имеющих распространение на глубину более 25 м от земной поверхности;
- в технологических скважинах большого диаметра (вертикальная горная выработка, пройденная способом бурения, закрепленная стальными трубными конструкциями диаметром в свету 0,5 м и более, предназначенная для рудничной вентиляции и других технологических целей);
- в стволах, закрепленных деревянной крепью, крепью из штучного строительного материала;
- при ликвидации стволов, имеющих сопряжение с выработками четырех и более технологических горизонтов (за исключением случая, когда ликвидация ствола выполняется без полной его засыпки на основании заключения УкрНИМИ и согласования органов Госнадзорхрантруда).

Принимаемые в этих случаях технические решения должны обеспечивать возможность дозасыпки ствола. Не требуется дозасыпка технологических скважин диаметром 1,0 м и менее.

Полок перекрытия устья ствола обеспечивает восприятие временной равномерно распределенной нагрузки, нормативная величина которой принимается не менее 10 кПа. Полок выполняется с применением тяжелого конструкционного бетона в виде монолитной железобетонной плиты, опирающейся по контуру, как правило, на крепь ствола или на грунт в случае недостаточной несущей способности и долговечности крепи ствола. В случаях, предусматривающих дозасыпку ствола, временная нормативная нагрузка на полок перекрытия устья ствола принимается не менее 15 кПа. Для дозасыпки ствола в полке предусматривается люк площадью 0,3-0,5 м², герметически закрывающийся металлической крышкой (рисунок 7.3).

Для обеспечения возможности контроля уровня закладки ствола крышка люка снабжается патрубком диаметром не менее 100 мм с герметически завинчивающейся пробкой, съём крышки при дозасыпке выполняется с использованием расположенных по ее диагонали двух подъемных петель. Элементы люка защищаются от коррозии асфальтовой мастикой. С целью исключения случайного (несанкционированного) доступа к люку проем накрывается тяжелой железобетонной конструкцией (плитой), смещение которой невозможно без применения средств механизации.

Крутонаклонные стволы (рисунок 7.1) ликвидируются путем установки одной необслуживаемой изолирующей перемычки на глубине от земной поверхности (расстояние по вертикали от кровли выработки до контакта с наносами) не менее $10 h_v$ (h_v - полная высота выработки вчерне), которая полностью перекрывает поперечное сечение ствола и предназначена для предотвращения сползания закладочного материала, а также прекращения аэродинамических связей между горными выработками действующей или ликвидированной шахты и земной поверхностью, возникающих вследствие усадки закладочного материала и образования пустот под кровлей ликвидированного ствола. В крутонаклонных стволах ($\alpha = 35-60^\circ$) нижняя перемычка устанавливается на предельной глубине равной $20h_v$ и представляет собой сооружение в виде "упорной перемычки" длиной 1,5-2,0 диаметра ствола, исключающие возможное сползание перемычки при разрушении крепи и обрушении пород в нижерасположенной части ствола, незаполненной закладочным материалом. При наличии в наносах пльвунгов или песков с пльвунными свойствами изолирующая перемычка устанавливается на предельной глубине $H_n=80$ м.

Для предотвращения сползания перемычки предусматривается армирование тела перемычки путем установки рельсов в виде ремонтин, заводимых в лунки в почве и кровле выработки. Количество ремонтин принимается в зависимости от крепости и состояния пород почвы и кровли (3-6 штук на 1 м длины упорной пробки). Несущая способность перемычки должна учитывать отпор закладочного материала и принимается с коэффициентом запаса 1,5-2,0.

Материал перемычки должен быть негорючим - бутобетон, бутовая кладка. Конструкция и материал перемычки определяется проектом в зависимости от угла наклона выработки, состояния крепи и вмещающих пород. Оштукатуривание необслуживаемых перемычек не требуется. Для облегчения конструкции изолирующих перемычек и исключения вывалов значительных объемов породы, учитывая, что ликвидируемые стволы, как прави-

ло, эксплуатировались продолжительное время, следует рассматривать возможность устройства безврубных перемычек.

В неустойчивых породах крепь выработок на расстоянии 5-10 м ниже перемычки должна иметь повышенную несущую способность. Крепь должна быть усилена путем установки ремонтин, дополнительных рам, полигональной крепи, выкладкой костров и т.п.

Наклонные и пологие стволы (угол наклона до 35°) ликвидируется путем установки двух необслуживаемых изолирующих перемычек (рисунок 3.1), одна из которых сооружается на глубине от земной поверхности не менее $10h_v$, а вторая - на расстоянии не менее 10м от устья выработки (расстояние отмеряется по кровле выработки). Участок выработки между перемычками и оставшаяся часть до земной поверхности должны быть полностью заполнены закладочным материалом.

Штольни ликвидируются путем установки одной необслуживаемой изолирующей перемычки на глубине не менее $10h_v$ (рисунок 7.1). Выработка до устья заполняется закладочным материалом, а устье в месте портала - закрывается изолирующей перемычкой.

Запрещается извлечение крепи на участке стволов, заполняемом закладочным материалом. Способы заполнения ствола закладочным материалом (засыпка, самотечная закладка, закладка с применением машин и механизмов, заполнение твердеющими смесями), ликвидация вентиляционных каналов и технология работ определяются проектом. Вентиляционные каналы в местах сопряжения со стволом перекрываются сооруженными глухими перемычками и изолируются глиняным замком (рисунок 7.2).

Устья ликвидированных стволов должны иметь долговременные отличительные знаки и ограждаться водоотводными канавами. ликвидация стволов, устья которых находятся в поймах рек и водоемов, а также в местах возможного скопления паводковых вод, с целью исключения прорывов воды в подземные выработки, должны выполняться по проекту, содержащему технические решения и меры по водоотведению.

Ранее выведенные из эксплуатации (погашенные заброшенные стволы), устья которых нарушены и отсутствуют сведения о способе ликвидации выработки, состояние крепи приводятся в безопасное состояние путем вскрытия устья и закладки доступной свободной части ствола. На уровне земной поверхности устье перекрывается полком или перемычкой, устанавливается газоотводящая труба с ограждением и сооружается водоотливная канава с целью исключения возможности попадания ливневых и паводковых вод в ликвидированный ствол через устье.

Площадь сечения водоотводной канавы принимается не менее $0,5\text{ м}^2$, необходимость применения железобетонных лотков (над ликвидированными вентиляционными каналами) определяется проектом. Водоотводная канава является дополнительным ограждением (препятствием) для исключения возможности проезда транспорта. Оконтуренная канавой площадь определяется с учетом рельефа, проводимых работ по вертикальной планировке площадки и должна быть минимальной. При этом канава располагается на расстоянии не менее 1,5 м от полка перекрытия устья ствола.

В отдельных случаях, когда отведение ливневых и паводковых вод путем сооружения водоотводной канавы технически трудно осуществимо (особенности рельефа, наличие препятствующих стоку воды сооружений и др.) предусматривается глиняный изолирующий слой (экран) площадью в 1,5 раза большей площади горизонтального сечения ствола и толщиной 1,0 м.

При ликвидации стволов на шахтах, находящихся в эксплуатации, учитываются требования "Инструкции по безопасному ведению работ у затопленных выработок", 1984.

Вентиляционные каналы в местах сопряжения со стволом перекрываются путем сооружения глухих изолирующих перемычек и изолируются глиняным замком (рисунок 3.2). Изолирующие перемычки в вентиляционных каналах сооружаются на расстоянии не далее 0,5 высоты окна сопряжения со стволом. Перемычки со стороны канала герметизируются глиняным замком толщиной не менее 1,0 м.

Порядок ведения работ по ликвидации стволов. Техника безопасности. Ликвидационные работы должны осуществляться в соответствии с рабочей документацией (РД) и проектами производства работ (ППР), выполненных с учетом требований "Правил безопасности в угольных шахтах" ДНАОП 1.1.30-1.01-00 Киев, 2000; "Правил технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт", Москва, "Недра", 1976; "Инструкции о порядке ликвидации и консервации предприятий по добыче полезных ископаемых" (в части обеспечения безопасности, рационального использования и охраны недр). Сборник руководящих материалов по охране недр при разработке месторождений полезных ископаемых", М., "Недра", "Руководства по изоляции отработанных участков, временно остановленных и неиспользуемых горных выработок в шахтах". Сборник инструкций и других нормативных документов по технике безопасности для угольной промышленности, М., "Недра", 1978; "Проекта ликвидации угольных шахт. Эталон. Донгипрошахт. КД 12.12.001-98", Законов о недрах и об охране труда, СНИПов по проектиро-

ванию о строительстве шахт и других действующих нормативных документов.

Ведение закладочных работ по ликвидации вертикальных и крутых стволов осуществляется без присутствия людей в ликвидируемой выработке.

Подготовительный период перед заполнением ствола закладочным материалом включает в себя следующие работы и мероприятия:

- производится демонтаж отшивов лестничного отделения (при его наличии) по всей глубине ствола;

- для уменьшения разлета закладочного материала (щебня) в месте сопряжения ствола с горизонтальными выработками на границе переходного сечения возводятся преграды в виде завала высотой не менее 0,5 высоты выработки в свету. для сооружения преград используются, как правило, части непригодного оборудования, конструкций и шахтной породы. Преграды возводятся на расстоянии от ствола, равном 5-10 м в зависимости от высоты окна сопряжения и угла естественного откоса закладочного материала;

- при ликвидации затопленных выработок засыпка ствола в районе сопряжений производится неразмокаемым материалом (боем ж/б, щебнем и др.) на высоту с учетом усадки засыпаемого материала. Шлакоблок (от разборки зданий) запрещается использовать для засыпки из-за токсичности; наличие в закладочном материале посторонних предметов не допускается.

При уходе закладочного материала в примыкающие выработки и внезапных осадках по вертикали на глубину более 20 м работы по заполнению ствола приостанавливаются, технология дальнейшего ведения ликвидационных работ уточняется на основании рекомендаций специализированных организаций (УкрНИМИ, МакНИИ и др.). В случаях, когда в процессе заполнения обводненных стволов над закладочным материалом накапливается вода, при достижении уровнем закладочного материала отметки сооружения полка перекрытия ствола, вода должна быть откачана (при изливе воды на поверхность через устье ствола - организовано направлено) в очистные сооружения;

- темпы проведения работ по ликвидации стволов (при ликвидации шахты с полным затоплением горных выработок подземными водами) обеспечивается их завершение до достижения подземными водами статического уровня. При отметках устьев стволов ниже прогнозируемого статического уровня в полках предусматривается труба (трубы) для организованного выпуска воды на поверхность;

- к моменту начала работ по засыпке стволов останавливается работа подъемов и прекращается спуск-подъем людей, оборудования и материалов

в шахту, производится засыпка ствола до отметки полка перекрытия ствола (характеристика полка и место его установки приведено в подразделе 3.3.2.2. В процессе засыпки ствола осуществляется постоянный контроль за качеством закладочных работ - измеряется уровень засыпки ствола не реже чем через каждые 50 м заполнения ствола и при перерывах в закладке свыше 1 недели. Если фактический объем засыпки превышает расчетный более чем на 20%, процесс закладки останавливается до выяснения причин и принятия решений.

Одновременно с засыпкой ствола и возведением полка перекрытия ствола производится монтаж газоотводящего трубопровода, затем демонтаж лестничного отделения выше полка перекрытия;

- сооружение полка перекрытия ствола производится в соответствии с требованиями Правил безопасности по проветриванию тупиковых выработок. Ведение работ должно учитывать возможность внезапной осадки закладочного материала и осуществляется с предохранительного перекрытия (настила) с применением индивидуальных поясов безопасности;

- на поверхности производится поэлементная разборка надствольных сооружений, принимаются меры по предупреждению падения в ствол людей и предметов.

Необходимость и целесообразность ликвидации башенных копров определяется проектом ликвидации;

- одновременно с возведением полка перекрытия ствола устанавливается репер для определения перемещения полков;

- устанавливается и ограждается опасная зона газового режима, все машины и оборудование, работающие в опасной зоне, должны быть во взрывобезопасном исполнении (пульты управления оборудованием выносятся за пределы зоны), нахождение людей в зоне газового режима запрещается;

- после установки полка перекрытия, монтажа газоотводящего трубопровода и демонтажа лестничного отделения (выше полка) производится дозасыпка ствола до верха устья;

- нахождение людей в горных выработках ближе 300 м к ликвидируемому стволу во время ведения закладочных работ исключается, для чего все подходы к ликвидируемому стволу со стороны действующих выработок временно перекрываются путем установки (сооружения) глухих изолирующих перемычек. При расположении действующих горных выработок на расстоянии менее 300 м от ликвидируемого ствола подводящие (к стволу) неиспользуемые горные выработки погашаются на длине 30-50 м с извлечением крепи и обрушением пород кровли. Для перепуска воды на по-

гашенном участке по почве выработки прокладывается стальной трубопровод диаметром не менее 100 мм;

- после сооружения полка перекрытия ствола, монтажа газоотводящего трубопровода, демонтажа лестничного отделения, перекрытия вентиляционного канала глухой перемычкой осуществляется засыпка ствола до верха устья; сооружается полк перекрытия устья ствола (рисунки 7.1, 7.2, 7.3). После выполнения этих работ действие зоны газового режима распространяется только на участок земной поверхности внутри ограждения газоотводящей трубы. Опасные зоны после ликвидации шахты становятся объектом особого внимания правопреемника.

Ведение работ по ликвидации крутонаклонных стволов должно осуществляться, как правило, без постоянного присутствия людей в ликвидируемой выработке с выполнением технических решений, изложенных в подразделах 7.2.4 и 7.2.11, с учетом следующих особенностей:

- не требуется демонтаж отшивов лестничного отделения ниже изолирующей необслуживаемой перемычки;

- порядок демонтажа (разборки) лестничного отделения выше изолирующей необслуживаемой перемычки определяется проектом производства работ;

- заполнение ствола закладочным материалом осуществляется без присутствия людей в ликвидируемой выработке, как правило, способом самотечной закладки по глухим рештакам, металлическим листам и др.;

- запрещается с началом работ по заполнению ствола закладочным материалом нахождение людей в ликвидируемой выработке ниже изолирующей перемычки;

- контроль за качеством аналогичен, изложенному в подразделе 7.3.2.

При ликвидации скважин большого диаметра (до 4 м) технология работ аналогична изложенной выше (для вертикальных стволов) за исключением того, что на глубине залегания коренных пород не устраивается полк перекрытия скважины (из железобетона), не производится демонтаж лестничного отделения (скважины, как правило, обсажены металлической трубой и лестничное отделение не устраивается), а газоотводящий трубопровод устраивается на 10 м ниже полка перекрытия устья ствола (перфорированная часть).

Ликвидация технологических скважин диаметром до 300 мм, обсаженных трубами, производится в соответствии с требованиями "Правил безопасности в угольных шахтах" и "Инструкции по проведению ликвидируемого тампонирувания скважин на угольных месторождениях":

- предусматривается заполнение скважин глиноцементным раствором;

- производится выборка 1 м³ грунта вокруг устья скважины;
- обсадная труба срезается на 1 м ниже уровня поверхности, в оставленной колонне обсадных труб на глубине 1 м устанавливается металлическая труба-репер с заглушкой, на которой фиксируются основные данные по скважине (номер, глубина скважины, дата окончания бурения, дата ликвидации);

- верхний конец репера располагается на 0,6 м ниже уровня земли. По окончании установки репера устье скважины засыпается.

При технологии ведения закладочных работ по ликвидации наклонных и пологих стволов, связанной с присутствием персонала в ликвидируемом стволе соблюдаются все требования для тупиковой выработки по обеспечению безопасности людей (оборудованный выход для вывода людей, меры по предупреждению падения людей и предметов в выработку, проветривание, противопожарная защита, связь, пылеподавление, соблюдение пылегазового режима и другие).

Подготовительный период перед заполнением ствола закладочным материалом включает в себя следующие работы и мероприятия:

- в верхней части ликвидируемого ствола прокладывается, закрепляется от провисания и оборудуется в соответствии с разделом 3.3.2.2 и рис.3.3 газоотводящий трубопровод. Угол наклона трубопровода по всей трассе должен исключать возможность скопления в нем воды (конденсата);

- на поверхности устанавливается вентилятор местного проветривания, а в ликвидируемой выработке прокладывается вентиляционный трубопровод;

- сооружается нижняя изолирующая необслуживаемая перемычка. В зависимости от состояния крепи и вмещающих пород в месте сооружения перемычки, при необходимости, производится усиление крепи с целью недопущения вывалов и обрушения пород при производстве работ по сооружению перемычки. В перемычке на высоте 1 м может предусматриваться проем (вентиляционное окно) площадью 0,5 м² с деревянной луткой с целью проветривания ликвидируемой выработки в подготовительный период с использованием общешахтной депрессии. Увеличение площади вентиляционного окна должно быть обосновано соответствующими расчетами. Для срочной изоляции ликвидируемой выработки заблаговременно изготавливается воздухонепроницаемый щит (лист) для перекрытия проема;

- устанавливаются машины и механизмы, монтируется оборудование, строятся сооружения, необходимые для ведения работ по заполнению ликвидируемой выработки закладочным материалом.

Подготовительный период заканчивается переводом ликвидируемого ствола в режим проветривания тупиковой выработки с включением вентилятора местного проветривания и перекрытием проема в изолирующей перемычке.

В зимнее время применяются санитарно-гигиенические меры по предупреждению переохлаждения организма путем использования соответствующей спецодежды и обуви.

Запрещается с началом работ по заполнению ствола закладочным материалом нахождение людей в ликвидируемой выработке ниже изолирующей перемычки.

Заполнение свободного объема ствола производится под кровлю выработки. Необходимость ликвидации пустот в кровле выработки определяется проектом. При сооружении верхней необслуживаемой перемычки производится подсыпка (заполнение) заперемыченного объема ствола.

При ведении работ по заполнению ствола до уровня земной поверхности надствольные сооружения разбираются, вентиляционные и другие технологические каналы перекрываются глухими перемычками.

В ликвидируемых стволах, пройденных по угольным пластам, с целью предупреждения несанкционированного ведения горных работ, устье выработки до проведения работ по планировке площадки рекомендуется перекрыть железобетонными непригодными для дальнейшего использования строительными конструкциями или бетонной перемычкой, сооружаемой под углом естественного откоса закладочного материала.

Выполненные полки перекрытия ствола, полки перекрытия устья ствола и изолирующие необслуживаемые перемычки подлежат освидетельствованию с составлением актов на скрытые работы.

Контроль и наблюдения за ликвидированными стволами в послеликвидационный период выполняются маркшейдерской службой организации-правопреемника или по ее поручению специализированной организацией в объемах и в сроки, установленные действующими нормативными документами.

После ликвидации стволов осуществляется следующий мониторинг:

- уровня закладочного материала в вертикальных и крутых стволах, в которых предусматривается дозасыпка;
- состояния и положения полка перекрытия устья ствола;
- оседания земной поверхности в зоне постоянного контроля (участок поверхности в районе ликвидируемого ствола, на котором с течением времени могут возникать опасные деформации земной поверхности);
- зданий и сооружений, находящихся в зоне постоянного контроля.

Зоны постоянного контроля устанавливаются для ликвидированных вертикальных, крутых и крутонаклонных стволов, скважин, т.е. при углах наклона выработок, когда возможен перепуск пород (рисунок 7.4). Границы зоны обозначаются железобетонными столбами, устанавливаемые через 5-10 м на криволинейных участках.

Границы зоны постоянного контроля у наклонных и пологих стволов и штолен при засыпке их до предельной глубины H_n , ниже которой опасные деформации не возникают, не строятся; у стволов, ликвидируемых без полной засыпки - устанавливаются на основании заключения УкрНИМИ.

Зона постоянного контроля ограничивается:

- у вертикальных стволов - окружностью радиусом $R_0=20$ м от центра ствола при мощности наносов $h_n=20$ м; если же $h_n>20$ м, то радиусом $R_0=h_n$, но не более 40 м;

- у скважин диаметром 0,5-2,0 м - окружностью радиусом в два раза меньшим, чем у вертикальных стволов;

- у крутонаклонных стволов - у устья ствола со стороны восстания - линией, перпендикулярной оси ствола и отстоящей от устья на 10 м; со стороны падения - линией, перпендикулярной оси ствола и проходящей через проекцию на земную поверхность точки, находящейся на глубине равной $10h_n$; вдоль продольной оси ствола - прямыми линиями, отстоящими от ствола на $l_p=10h_n$ со стороны падения и на 10 м у устья.

В случаях, когда проектом предусматривается дозасыпка ствола, уровень закладочного материала в стволе измеряется не реже одного раза в год с помощью оптического или механического глубиномера. При понижении уровня засыпки ниже отметки, определенной проектом, производится дозасыпка ствола.

Рекомендуется уровень закладочного материала поддерживать не ниже 10 м от полка перекрытия устья ствола.

Для выполнения мониторинга в пределах зоны постоянного контроля обору́дуются наблюдательная станция, включающая:

- репер полка перекрытия устья ствола;
- рабочие реперы профильных линий.

Положение полка перекрытия устья ствола и земной поверхностью в зоне постоянного контроля контролируется периодической передачей высотных отметок с опорных реперов на рабочие реперы и репер полка перекрытия устья ствола посредством геометрического нивелирования. При фактических оседаниях полка или земной поверхности >50 мм по рекомендации УкрНИМИ частота наблюдений увеличивается, разрабатываются меры безопасности в районе ликвидированного ствола.

Результаты мониторинга оформляются актом.

6.2.2 Окончание работ по ликвидации шахты

После завершения работ по засыпке (ликвидации) стволов подъемные установки на поверхности шахты подлежат демонтажу. Определяется направление дальнейшего использования демонтированного оборудования (сдача в металлолом, повторное использование) а зависимости от его технического состояния. Работы по демонтажу оборудования с радиоактивным излучением (контроль загрузки скипов, уровня в бункерах и др.) выполняются специализированным центром "Углеизотоп".

Обосновывается необходимость сохранения или демонтажа средств водоотлива.

Разрабатываются технические решения по объектам поверхностного комплекса: в зависимости от технического состояния, вида несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений определяются очередность, способы разборки (обрушение, поэлементная разборка, взрыв).

При наличии на промплощадке шахты обогатительной фабрики технические решения по объектам шахт, подлежащих ликвидации- должны обеспечивать дальнейшую самостоятельную работу фабрики.

Определяются участки ремонтно-механического комплекса (мастерские), необходимые для ремонта оборудования в процессе ликвидации стволов и подготовки демонтируемого оборудования и металлоконструкций перед их реализацией. Оборудование и металлоконструкции до реализации хранятся на складах и площадках шахты.

В зависимости от схемы ликвидации горного хозяйства и объектов технологического комплекса поверхности определяется последовательность ликвидации объектов водоснабжения и канализации и методы их ликвидации: полная или частичная разборка с демонтажом технологического оборудования и трубопроводов, направление дальнейшего их использования, на слом с демонтажом и без демонтажа оборудования и трубопроводов, бросовые объекты.

В зависимости от последовательности ликвидации зданий и сооружений технологического комплекса на поверхности шахты определяется порядок ликвидации объектов теплоснабжения: котельных, калориферных, насосных станций перекачки конденсата, площадочных и внеплощадочных тепловых сетей, бойлерных и др. При ликвидации данных объектов указывается перечень демонтируемого технологического оборудования и трубопроводов, дается предложение по использованию. Производится пересмотр

работы котельной для условий обеспечения снабжения теплом шахтных объектов, не подлежащих ликвидации. При использовании в качестве топлива собственных углей шахты и для транспорта шлака существующего породного конвейерного тракта по заданию заказчика рассматриваются технические решения по топливоподаче в котельную привозных углей и отгрузке шлака.

Определяются объекты подземного и поверхностного электрооборудования, внешнего электроснабжения, которые ликвидируются. По сохраняемым объектам определяется их назначение и кому они передаются на баланс. Приводятся технические решения по сохранению или ликвидации ЛЭП-110, 35 и 6 кВ и ГПП, ОРУ-110/6, 35/6 и ЗРУ-6 кВ.

Рассматриваются вопросы ликвидации пневматического хозяйства (компрессорная станция, трубопроводы).

Приводятся технические решения по сохранению или ликвидации объектов связи, сигнализации и коммуникациям.

Рассматриваются вопросы использования породного хозяйства, а именно, тушение и реформирование породных отвалов, их озеленение, разборка прудов-отстойников, рекультивация нарушенных земель и другие вопросы обеспечения экологической безопасности, изложенные далее в разделе 7.3.5.

6.3 Содержание и структура проекта ликвидации угольной шахты

"Проект ликвидации угольных шахт. Эталон. КД 12.12.001-98" является руководящим нормативным документом, который устанавливает общие требования, структуру и содержание проекта ликвидации угольных шахт, выполняемого проектными организациями Украины любой формы собственности. В Эталоне приводятся нормативные документы и стандарты, требования которых обязательно должны быть учтены при разработке проекта.

Проект ликвидации угольной шахты выполняется в виде пояснительной записки, комплекта чертежей и сметной документации. В проекте дается обоснование и описание проектных решений по ликвидации или сохранению основных элементов шахтного хозяйства, из пояснительной записки и чертежей должны быть ясны все принципиальные технические решения, принятые по каждому элементу шахтного хозяйства, объемы работ и стоимость их осуществления, а также организация работ по ликвидации шахты.

К проекту прилагаются необходимые справки.

6.3.1 Структура проекта ликвидации (закрытия) угольной шахты

Структура проекта ликвидации (закрытия) шахты включает в себя следующее:

- пояснительную записку проекта;
- комплект технических чертежей;
- сметную документацию;
- конспект проекта;
- демонстрационные чертежи;
- паспорт проекта.

В пояснительную записку проекта дополнительно включается раздел «Повторное использование поверхностного комплекса и подземных горных выработок» и «Решения социально – экономических и экологических последствий ликвидации (закрытия) шахты»

В сметную документацию дополнительно может включаться смета затрат на ликвидацию отдельных объектов не предвиденных в процессе ликвидации.

6.3.2 Содержание пояснительной записки проекта

Пояснительная записка проекта закрытия (ликвидации) шахты состоит из следующих разделов:

Введение.

1. Анализ фактического состояния шахты.
2. Анализ финансово – хозяйственной деятельности шахты.
3. Обоснование закрытия шахты.
4. Техническое решение по работе шахты в период ожидания.
5. Решение по объектам ликвидации шахты.
6. Энерготехническая часть.
7. Связь и сигнализация.
8. Породное хозяйство.
9. Пруды – отстойники вод, илонакопители.
10. Рекультивация и использование земель.
11. Противопожарная защита.
12. Охрана труда и промсанитария.
13. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС).
14. Организация работ по ликвидации шахты.

15. Социально – экономические последствия по ликвидации шахты.

16. Техничко – экономическая часть.

17. Страховой фонд документации.

Собственно пояснительная записка проекта содержит горную часть, технологию и оборудование поверхности, электромеханическую, строительную, транспортную и экономическую части, а также организацию работ по ликвидации шахты.

Так, во "Введении" приводится основание для разработки проекта, краткое содержание и выводы ТЭО (ТЭР), обосновывающие необходимость ликвидации шахты, материалы и предложения согласующих организаций, выданные при получении разрешения на ликвидацию шахты; основные сведения о шахте, ее месторасположение, запасы и состояние основных технологических звеньев; основные технические решения проекта и его основные ТЭП; приводится структура затрат по ликвидации шахты и данные о правопреемнике ликвидируемой шахты (производственное объединение, холдинговая компания, компания "Укруглереструктуризация" и др.);

- в первом разделе приводятся краткие сведения о фактическом состоянии шахты: общая характеристика района расположения шахты; объекты, входящие в состав шахты (основная площадка, площадки стволов и отвалов, перечень горных выработок, выходящих на поверхность; общий земельный отвод и др.); геологическая и гидрогеологическая характеристики шахтного поля, его границы и запасы; вскрытие, подготовка и система разработки, механизация очистных и подготовительных работ; вентиляция и дегазация, результаты последних газовой и депрессионной съемок; подъем, транспорт и электроснабжение шахты, водоотлив; охрана труда и промсанитария; технологический комплекс на поверхности; пневматическое хозяйство; производственные и санитарно-бытовые здания и сооружения на поверхности; сигнализация и связь; породное хозяйство; пруды-отстойники шахтных вод; генплан и транспорт; охрана природы; анализ узких мест в работе шахты;

- в разделе 2 -"Анализ финансово-хозяйственной деятельности шахты" дается описание и анализы результатов финансово-экономической деятельности шахты, основные ТЭП и оценочная стоимость имущества шахты по результатам инвентаризации, выводы и предложения;

- в третьем разделе приводятся причины и основания ликвидации шахты (приказы, проекты и др.), обосновывается режим работы шахты до ее ликвидации (режим ожидания, подготовительный период);

- в четвертом разделе "Технические решения по работе шахты в период ожидания" для сохраняемых подземных горных выработок решаются во-

просы вентиляции, транспорта, подъема, водоотлива, электроснабжения; приводятся решения по технологическому комплексу поверхности (объекты водоснабжения и канализации, теплоснабжения, противопожарное водоснабжение); определяются затраты на содержание шахты в период ожидания (затраты на вспомогательные материалы, топливо и электроэнергию, на оплату труда, отчисления на социальное страхование, амортизация основных фондов, прочие расходы, обязательные платежи в бюджет, затраты на возмещение ущерба, причиненных работникам шахты увечьем или другим повреждением здоровья); разрабатываются возможные направления хозяйственно-экономической деятельности шахты;

- в разделе 5 - "Решения по объектам ликвидируемой шахты" приводятся технические решения по подземным и поверхностным объектам, подлежащим и не подлежащим ликвидации, при этом решаются вопросы вентиляции, транспорта, подъема, водоотлива, извлечения оборудования, металлокрепи, рельсов, труб и других материалов при ликвидации горных выработок, определяется последовательность их ликвидации; разрабатываются технические решения по ликвидации объектов поверхностного технологического комплекса и даются предложения: по использованию объектов, не подлежащих ликвидации, инфраструктуре поверхности, по транспортным объектам, по объектам непроизводственного назначения, находящихся на балансе шахты и не подлежащие ликвидации;

- в разделе 6 - "Энерготехническая часть" рассматриваются ликвидируемые и сохраняемые объекты поверхностного и подземного электроснабжения и электрооборудования, внешнего электроснабжения, пневматического хозяйства в процессе ликвидации шахты;

- в разделе 7 - "Связь и сигнализация" приводятся технические решения по общешахтной телефонной связи, внешним линиям связи, объектам и коммуникациям, которые ликвидируются, и функциям объектов, остающихся для использования;

- в разделе 8 - "Породное хозяйство" разрабатываются технические решения по отвалам, находящимся на балансе шахты, разрабатываются проекты тушения, реформирования горящих и негорящих отвалов и терриконов, озеленению отвалов;

- в разделе 9 - "Пруды-отстойники шахтных вод, илонакопители" приводятся обоснования ликвидации или использования прудов-отстойников, решаются вопросы утилизации и захоронения иловых отложений;

- в разделе 10 - "Рекультивация и использование земель" дается общая оценка и количество земель, подлежащих рекультивации, предложения по

дальнейшему использованию земель, высвобождающихся после ликвидации шахты;

- в разделе 11 - "Противопожарная защита" предусматривается порядок ликвидации объектов и средств противопожарной защиты как ликвидируемых горных выработок, так и объектов поверхности, приводятся функциональные назначения сохраняемых зданий и сооружений противопожарной защиты;

- в разделе 12 - "Охрана труда и промсанитария" приводятся решения по вопросам охраны труда и промсанитарии на ликвидируемой шахте, отступления от нормативных документов, норм и правил, согласованными в установленном порядке с органами надзора;

- в разделе 13 - "Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)" анализируются горно-геологические условия соседних шахт, определяются пути возможных попаданий воды и газа в приграничные шахты, определяются меры по предотвращению прорывов воды и газа, решаются вопросы охраны недр, приводятся принятые проектные решения по отходам производства; определяются пути и способы нормализации состояния окружающей среды и обеспечение требований экологической безопасности при ликвидации шахты: разрабатываются организационно-технические мероприятия по воздушной среде, водной среде, нарушенным землям, радиационной обстановке;

- в разделе 14 - "Организация работ по ликвидации шахты" приводятся сведения о работах подготовительного периода - оснащение промплощадок для засыпки стволов, для разборки зданий и сооружений и демонтажных работ на поверхности, организация подъездных путей, рабочих площадок и др.; разрабатываются стройгенплан и календарный план ликвидации шахты, продолжительность ликвидации, разрабатываются организационно-технические мероприятия и методы производства работ;

- в разделе 15 - "Социально-экономические последствия ликвидации шахты" разрабатываются меры социальной защиты работников, увольняемых в связи с ликвидацией шахты, дается характеристика кадрового состава, намечаются мероприятия по дальнейшему трудоустройству и какие при этом будут затраты (выходные пособия, лимит средств на выплату пособий по безработице, возмещение работникам вреда, причиненного им увечьем или другим повреждением здоровья, бесплатное получение угля и прочие социальные защиты);

- в разделе 16 - "Технико-экономическая часть" приводятся сводные данные о численности работающих в период ликвидации шахты по категориям и производственным процессам; разрабатывается структура затрат,

связанных с ликвидацией шахты, определяется сводный расчет стоимости (рисунок 3.5);

- в разделе 17 - "Страховой фонд документации" приводится перечень документации, подлежащей заложению в страховой фонд, который создается путем:

1) микрофильмирования подлинников утвержденных проектов и комплектов рабочей документации, предусмотренной проектами;

2) электронного копирования подлинников маркшейдерской и геологической документации.

В разделе приводятся требования по подготовке и отправке документации к заложению в страховой фонд, а также затраты на подготовку документации.

Кроме вышеуказанных разделов в проекте ликвидации шахты приводится следующая документация:

- протокол рассмотрения ТЭО целесообразности дальнейшей работы шахты;

- протокол рассмотрения проекта ликвидации шахты;

- постановления Министерства об утверждении проекта ликвидации шахты;

- паспорт проекта ликвидации шахты;

- перечень копий согласований проекта ликвидации шахты;

- письмо УкрНИМИ от 02.02.98 №01/75 "О затратах на создание электронных страховых копий маркшейдерской и геологической документации".

6.4 Повторное использование поверхностного комплекса и подземных горных выработок

При разработке специализированной организацией проекта ликвидации или консервации шахты заказчик представляет ей в качестве исходных данных характеристику горных выработок, зданий и сооружений, стационарного оборудования поверхностного технологического комплекса, электрооборудования поверхностных подстанций, поверхностных коммуникаций, узлов связи с использованием материалов инвентаризации основных фондов и т.п.

На основании исходных данных и задания на проектирование, выдаваемых заказчиком, составляются перечни объектов, подлежащих и не подлежащих ликвидации.

К объектам, не подлежащим ликвидации, относятся здания, сооружения и инженерные коммуникации поверхностного комплекса и подземные объекты (горные выработки, камеры и др.), которые предложены к дальнейшему использованию заказчиком или правопреемником по согласованию с заинтересованными организациями, в том числе местными органами власти.

Для объектов, намечаемых к использованию в целях, не связанных с добычей угля, составляется проект нового горного отвода и отвода земли. Указанная проектная документация выполняется по отдельному договору. В процессе выполнения проекта ликвидации шахты может быть выявлено, что к подземным объектам, не подлежащим ликвидации, должны быть отнесены объекты, которые в исходных данных заказчика были отнесены к ликвидируемому. Например, водоотлив с соответствующими подземными горными выработками, по которым проложены трубопроводы, при опасности затопления выработок смежных шахт; стволы, шурфы для обеспечения организованного спуска воды из ликвидируемой шахты. Дополнительные затраты, связанные с передачей не подлежащих ликвидации горных выработок правопреемнику, должны быть учтены в сводном сметном расчете ликвидируемой шахты

Кроме того, в соответствии с требованиями "Инструкции о порядке ликвидации и консервации предприятий по добыче полезных ископаемых (в части обеспечения безопасности, рационального использования и охраны недр)", утвержденная Госгортехнадзором СССР от 11.07.85 № 28 запрещается ликвидация шахты, на которой осуществлена целевая подготовка подземных горных выработок, обеспечивающая их долговременную сохранность и возможность дальнейшего эффективного использования в народном хозяйстве. Если шахта по технико-экономическим, горно-геологическим и другим причинам временно прекратила работы по добыче угля, разрабатываются меры по обеспечению возможности приведения основных капитальных выработок и сооружений в состояние, пригодное для их эксплуатации в случае, когда в будущем намечается или продолжение работы шахты по добыче, или же по решению вышестоящих инстанций использовать их для размещения в них объектов, не связанных с добычей угля. Такие повторно используемые выработки подлежат консервации:

- сухой, когда имеющиеся водоотливные средства остаются в действии и обеспечивается водоотлив из горных выработок и их поддержание совместно с сооружениями в состоянии, пригодном для эксплуатации и возобновления приостановленных работ;

- мокрой, когда работа водоотлива прекращается и выработки затопляются. При этом определяются сроки продолжительности консервации без потери подземных горных выработок, а также возможные сроки их осушения, ремонты крепи восстановления работы подъема, вентиляции и проведения других мероприятий.

Выработки, отнесенные как перспективные для размещения в них объектов, не связанных с добычей угля, подлежат сухой консервации до передачи их заинтересованным предприятиям, учреждениям или организациям. Консервация таких выработок осуществляется шахтами, на балансе которых они состоят.

Консервация шахты или ее части осуществляется по специальным проектам, согласованным с управлением округа и другими заинтересованными органами и утвержденным в установленном порядке.

В случаях, когда еще в процессе работы шахты определена организация (предприятие), заинтересованная в повторном использовании подземных горных выработок, проект их консервации допускается не разрабатывать, а необходимые мероприятия по сохранению этих выработок до их передачи разрабатываются действующей шахтой с подтверждением актами на скрытые работы.

При сухой консервации шахты все основные выработки (стволы шахт, квершлагги, главные откаточные выработки, пройденные в предохранительных целиках) должны периодически в сроки, предусмотренные проектом консервации, но не реже двух раз в год, тщательно осматриваться и в необходимых случаях перекрепляться; осмотр и ремонт выработок производится при обеспечении нормальных условий вентиляции и передвижения (транспортирования) по выработкам, при этом все механизмы, оборудование, трубы, рельсы, силовые и осветительные кабели и др. извлекаются на поверхность.

При сухой консервации шахт, опасных по газу, проветривание горных выработок производится за счет общешахтной депрессии, с установлением постоянного контроля за содержанием газа в выработках.

Консервация горных выработок на шахтах, разрабатывающих самовозгорающие угли, должна производиться с соблюдением дополнительных специальных противопожарных мероприятий на период производства работ и всего срока консервации.

На шахтах, смежных с консервируемыми, проводятся мероприятия, обеспечивающие безопасность горных работ, включая проверку правильности нанесения на горно-графическую документацию контура консервируемых горных выработок, прилегающих к границам горного отвода, установ-

ку изолирующих перемычек для предотвращения прорывов в действующие горные выработки воды, газа или распространения подземных пожаров.

При передаче горных выработок шахта обязана передать принимающему предприятию (организации) проект на консервацию, акт о консервации горных выработок, документацию о выполнении шахтой комплекса работ, связанных с консервацией, документацию по выполнению периодического контроля за состоянием горных выработок, основную горнографическую документацию, выполненную на период начала консервации.

На основании исходных данных и задания на проектирование, выданных заказчиком, составляется перечень объектов поверхностного технологического комплекса, не подлежащие ликвидации. К этим объектам относятся здания, сооружения, инженерные коммуникации, которые предложены к дальнейшему использованию заказчиком или правопреемником по согласованию с заинтересованными организациями, в том числе местными органами власти.

Для объектов, намечаемых к использованию в целях, не связанных с добычей угля, составляется проект горного отвода и отвода земли, выполняемые по отдельному договору.

В соответствии с перечнем объектов, не подлежащих ликвидации и предложениями заказчика по их использованию рассматриваются возможные решения в виде предложений по приведению объектов и инфраструктуры в соответствие с новыми функциональными задачами:

- реконструкция, расширение, капитальный ремонт;
- строительство дополнительных зданий и сооружений;
- компоновочные решения генерального плана на сохраняемых и расширяемых площадках;
- проезды к зданиям;
- реконструкция верхнего строения путей, автоподъезды;
- изменение путевой схемы внутриплощадочных путей, железнодорожных станций;
- ограждение территорий и благоустройство.

Проектно-сметная документация по объектам поверхности, не подлежащих ликвидации и используемым для других целей, разрабатывается по отдельному проекту и в состав проекта ликвидации шахты не входит.

В проекте ликвидации могут разрабатываться технические решения по перепрофилированию неликвидируемых зданий и сооружений для целей трудоустройства освобождающихся трудящихся. В этом случае по согласованию с заказчиком и местными органами власти затраты на перепрофилирование включаются в сводный расчет стоимости к проекту.

В проекте приводятся технические решения по объектам, расположенным на промплощадках ликвидируемой шахты, находящимся на балансе других шахт, и обслуживающим как шахту, так и другие предприятия (подстанции, ВЛ, подъездные железнодорожные пути, станции и др.).

Передача наземных зданий и сооружений ликвидируемой шахты, расположенных на промплощадках или на подработанных площадях, для использования другими организациями (предприятиями) осуществляется по согласованию с управлением округа.

Затраты, связанные с ремонтом, реконструкцией, приспособлением указанных зданий и сооружений, а также затраты, связанные с социальной защитой обслуживающего персонала, решаются шахтами, на балансе которых они находятся, и в сводный расчет стоимости ликвидации шахты не включаются.

При решении вопросов по водоснабжению, канализации, теплоснабжению зданий и сооружений, подлежащих дальнейшему использованию, рассматривается условие, когда заказчик реализует объект в существующем состоянии, без оборудования или решает использовать его под новые функции и выдает технические условия под оснащение этих зданий.

6.5 Решение социально-экономических и экологических последствий закрытия (ликвидации) шахты

При решении социально-экономических последствий ликвидации шахты в проекте рассматривается круг вопросов, связанных с социальной защитой трудящихся ликвидируемой шахты. Меры социальной защиты работников, увольняемых в связи с ликвидацией шахты, распространяются на:

- работников, которые числились в штате на начало закрытия шахты;
- граждан, которым производилось возмещение ущерба, причиненных им увечьем или другим повреждением здоровья, связанным с выполнением трудовых обязанностей;
- граждан, которые на предприятии получали бытовой уголь бесплатно или по льготным ценам;
- граждан, избранных на условиях освобождения от основной работы в состав профсоюзных органов, которые действовали на шахте.

В проекте рассматривается характеристика кадрового состава, т.е. приводятся сводные данные о структуре кадров на начало составления проекта ликвидации шахты и определяется направление занятости работников ликвидируемой шахты.

В соответствии с действующим законодательством Украины работникам ликвидируемой шахты гарантируется право на труд посредством:

- перевода на другие предприятия с учетом их профессиональной подготовки и специализации или с дальнейшей профессиональной переподготовкой;

- трудоустройства на предприятиях других отраслей через государственную службу занятости населения.

Намечаемые проектом мероприятия по дальнейшему трудоустройству должны базироваться на предложениях заинтересованных организаций:

- холдинговых компаний или производственных объединений, в рамках которых находится закрываемая шахта;

- местных органов власти.

Трудоустройство или перевод работников, увольняемых в связи с ликвидацией шахты, рассматривается по следующим основным направлениям:

- на соседних шахтах, имеющих положительную перспективу хозяйственно-экономической деятельности;

- на других предприятиях угольной промышленности;

- на действующих предприятиях региона;

- создание новых рабочих мест в промышленности или сфере услуг.

В связи с ликвидацией шахты и для снятия социальной напряженности в регионе проектом предусматриваются затраты на создание рабочих мест для увольняемых и нуждающихся в дальнейшем трудоустройстве работников шахты.

Потребность в рабочих кадрах на действующих предприятиях, возможность перевода или трудоустройства на них работников ликвидируемой шахты без создания дополнительных рабочих мест и стоимость создания новых рабочих мест подтверждается справками, заверенными руководителями соответствующих предприятий.

В проекте определяется численность работников, нуждающихся в дальнейшем трудоустройстве.

В соответствии с Постановлением Кабинета Министров Украины от 28.06,97 № 623 за уволенными в период ликвидации шахты работникам пенсионного и предпенсионного возраста сохраняется право на трудоустройство и они могут быть зарегистрированы в государственной службе занятости без закрепления за ними статуса безработных.

Численность работников, желающих досрочно выйти на пенсию в связи с ликвидацией шахты и давших письменное согласие, подтверждается справкой, заверенной руководством шахты.

Работники непромышленной группы, в том числе и пенсионеры, как правило, остаются трудоустроенными на своих рабочих местах на объектах, которые передаются местной администрации в установленном порядке.

Занятость работников ликвидируемой шахты на обслуживании объектов подземного и поверхностного комплексов, требующихся на период ликвидации, рассматривается как временная занятость работников ликвидируемой шахты.

Круг затрат на социальную защиту трудящихся, финансируемый за счет расчета стоимости ликвидации шахты, определяется действующими на момент разработки проекта законодательными и нормативными документами.

Период ликвидации шахты включает в себя и период работы ее в режиме ожидания, связанного со строительством водоотливов на соседних шахтах или другими причинами.

Выходные пособия и компенсации увольняемым работникам выплачивается: выходное пособие (среднемесячная зарплата), компенсационные выплаты (средняя зарплата за три месяца) и увольняемым пенсионерам (двухмесячный средний заработок).

Вышеуказанные затраты учитываются в сводном расчете стоимости ликвидации шахты. В случае изменения тарифных ставок и должностных окладов затраты на выходные пособия и компенсации индексируются.

Затраты на выплату пособия по безработице определяются в размере 50% среднемесячного заработка в течение второго года трудоустройства (численность таких работников колеблется в пределах 15-40% от численности промышленно-производственного персонала ликвидируемой шахты) с учетом поправочных коэффициентов 0,4 для основных шахт отрасли и 0,15 для остальных. Затраты учитываются в сводном расчете стоимости ликвидации шахты и выплачиваются за счет средств, предусмотренных на ликвидацию шахты.

Затраты на возмещение работникам вреда, причиненного им увечьем или другим повреждением здоровья, включает в себя:

- выплаты по возмещению утраченного заработка в зависимости от степени потери потерпевшим профессиональной трудоспособности:

1) при производстве работ по ликвидации шахты. Затраты на выплату возмещений утраченного заработка в течение периода ликвидации шахты, который может включать в себя период ожидания, рассчитываются в зависимости от начисляемой по данным шахтам среднемесячной суммы компенсаций по возмещению утраченного заработка;

2) задолженность шахты по возмещению утраченного заработка;

- единовременные пособия при стойкой потере трудоспособности:

1) при производстве работ по ликвидации шахты. Затраты принимаются в размере 20% от суммы затрат на выплату возмещений утраченного заработка;

2) задолженность по единовременным пособия по данным шахты;

- затраты на лечение инвалидов труда, приобретение путевок, оплату проезда и проживания сопровождающих инвалидов I группы, оказание помощи и другие принимаются в размере 10% суммы затрат на выплату возмещений утраченного заработка;

- транспортные средства для инвалидов согласно заключению МСЭК:

1) приобретение легковых автомобилей. Численность инвалидов I группы, имеющих право на приобретение транспортных средств в соответствии с заключением МСЭК принимается по данным заказчика;

2) техобслуживание автомобилей и приобретение бензина. Затраты принимаются в размере 5% от стоимости приобретения транспортных средств.

В случае изменения должностных окладов или тарифных ставок затраты по возмещению ущерба должны индексироваться.

Затраты на возмещение работникам вреда, причиненного им увечьем или другим повреждением здоровья, связанным с выполнением трудовых обязанностей в течение срока ликвидации шахты учитываются в сводном расчете стоимости ликвидации шахты, а после ликвидации шахты - в соответствии с действующим законодательством и директивами Кабинета Министров Украины.

Затраты, связанные со снабжением углеполучателей бесплатным углем на коммунальные нужды, рассчитываются с учетом цены одной тонны угля, используемого на коммунальные нужды, и транспортных расходов по его доставке по данным организации, осуществляющей закрытие шахты. В случае изменения цен на уголь, затраты должны индексироваться.

В период ликвидации шахты финансирование расходов, касающихся бесплатного обеспечения углем отдельных категорий производится за счет средств на закрытие шахты, после ликвидации шахты - местным органом исполнительной власти за счет предусмотренных на это средств.

Прочие социальные выплаты, а именно сумма затрат на похороны, помощь малоимущим, оздоровление детей и др. принимаются в размере 5% от суммы расходов по выплате выходных пособий и компенсаций, лимита средств на выплату пособий по безработице, затрат по возмещению ущерба, причиненных работникам увечьем (без учета задолженности шахты) и

затрат по снабжению углеполучателей шахты бесплатным углем в течение срока ликвидации шахты.

В части социальной защиты относительно очередности получения жилья, то работникам, находящимся на квартирном учете, гарантируется обеспечение жильем. За ними сохраняется очередь на получение жилья на предприятиях, куда они переводятся или трудоустраиваются, а если на этих предприятиях отсутствует очередь на жилье, тогда очередь сохраняется в органах исполнительной власти по месту проживания уволенных работников. При наличии на ликвидируемой шахте недостроенных жилых домов завершение их строительства финансируется уполномоченными Министерства топлива и энергетики Украины. Распределение жилья в таких домах производится только среди лиц, которые состояли на квартирном учете на шахте на момент принятия решения о ее ликвидации.

В связи с ликвидацией шахты и для снятия социальной напряженности в регионе проектом предусматриваются лимит средств на создание рабочих мест для увольняемых и нуждающихся в трудоустройстве работников шахты. При наличии предложений производственных объединений или холдинговых компаний, в составе которых находится закрываемая шахта, и местных органов власти, затраты на вновь создаваемые рабочие места принимаются на основании представляемых данных, при отсутствии предложений - в проекте определяется лимит средств на создание новых рабочих мест при прогнозной стоимости одного рабочего места 30 тыс.руб. Ориентировочные направления использования этих средств определены "Программой создания рабочих мест при закрытии шахт...". Создаваемые производства за счет вышеуказанного лимита базируются на предварительных маркетинговых исследованиях и имеют высокую эффективность, обеспечивающую возврат получаемых от государства бюджетных средств или льготных кредитов.

Так как лимит средств на создание рабочих мест включает в себя затраты на переобучение трудящихся, то в проекте ликвидации отдельной позицией эти затраты рассчитываются на численность, для которой проектом не предусмотрены затраты на создание новых рабочих мест.

Кроме того, в проекте определяются затраты на отселение людей, проживающих в пределах санитарно-защитной зоны объектов ликвидируемой шахты. Указанные затраты приводятся справочно и не включаются в сводный расчет ликвидации шахты.

Необходимо отметить, что к моменту прекращения работы шахты по добыче объекты социальной сферы снимаются с ее баланса и передаются в коммунальную собственность органам власти. Такая передача осуществля-

ется по отдельной региональной программе с финансированием процесса передачи ее с госбюджета Украины.

Включение в проект ликвидации этих затрат не должно быть систематическим, может осуществляться по специальному разрешению Министерства, если закрываемая шахта является единственной градообразующей технической единицей в районе закрытия шахты. Затраты сводятся в таблицу с выделением затрат на передачу объектов соцкультбыта и инфраструктуры, содержание объектов соцкультбыта и строительство новых объектов коммунального хозяйства.

В разрабатываемом проекте ликвидации шахты, кроме социально-экономических последствий закрытия (ликвидации) шахты, решаются вопросы и экологических последствий ликвидации шахты, т.е. приводятся технические решения, а, следовательно, и затраты на обеспечение экологической безопасности, входящие в сводный сметный расчет ликвидации шахты (производственные затраты).

Вышеуказанные затраты связаны:

- тушение и переформирование породных отвалов;
- озеленение породных отвалов;
- разборка прудов-отстойников;
- рекультивация нарушенных земель;
- благоустройство.

В составе проекта ликвидации шахты, в зависимости от состояния породных отвалов, находящихся на балансе шахты, разрабатываются:

- проекты тушения, переформирования горящих отвалов, переформирование негорящих территорий, озеленение отвалов;
- проект разборки отвала, породная масса которого по заключению специализированной организации пригодна для засыпки ликвидируемых стволов.

При имеющихся в породных отвалах ценных компонентов, наличие которых определено заключением специализированной организации, указываются пути использования отвалов как техногенных месторождений полезных ископаемых, а также пути использования или размещения побочных продуктов и отходов после извлечения ценных компонентов.

Рассматривается возможность наполнения прудов в зависимости от расположения на рельефе атмосферными осадками с водосборной площади; необходимость выполнения работ по очистке прудов от осадка, ремонту тела плотины и водосборных сооружений, ликвидация водоотводных канав, а также системы забора и подачи воды для целей технического водоснабжения или оросительно-поливной системы. При ликвидации прудов-

отстойников рассматриваются также работы как спуск воды, обезвоживание осадка, чистка пруда, разборка водосбросного сооружения, разборка дамбы (плотины), рекультивация площадки.

Дается общая оценка и количество земель, подлежащих рекультивации, предложения по дальнейшему использованию земель, высвобождающихся после ликвидации шахты. Рассматриваются направления рекультивации - сельскохозяйственного, лесохозяйственного, рыбохозяйственного, санитарно-гигиенического, строительного. По площадкам и прудам приводятся объемы работ по планировке территории, засыпке ложа пруда, снятию непригодного грунта, нанесению потенциального плодородного слоя, посеву трав на рекультивируемой площади. Месторасположение карьеров грунта (растительного, суглинка), место складирования отходов от разборки поверхностных зданий и сооружений, схема транспортировки от объектов ликвидации определяется и согласовывается заказчиком и приводится в проекте.

ЛЕКЦИЯ №7

Методы теории принятия сложных решений

В проектировании, как ни в какой другой области инженерной деятельности, приходится иметь дело с проблемой принятия решений. Сама цель построить угольную шахту есть следствие принятия такого решения. Любой параметр шахты, технологической схемы, горной выработки прежде, чем станет проектным параметром, проходит через процедуру принятия решения. Процедуры принятия решений чрезвычайно разные, так как различны задачи проектирования, средства их решения, информация, обеспечивающая эти решения.

Всегда процедуры принятия решений основывались на логических рассуждениях, аналитических вычислениях, опытно-экспериментальных аналогиях, которые в том или ином соотношении, вместе или по отдельности участвовали в процессе принятия решений.

Раньше при проектировании шахт доминировали логические и эмпирические основы принятия решений. Недостатки таких методов очевидны: субъективность принимаемых решений, неадекватность их реальным условиям

шахты и времени, малая надежность и прогрессивность. Так, логический анализ преимуществ и недостатков блоковой отработки шахтного поля по сравнению с отработкой без деления на блоки не гарантирует правильность выбора ни с технической, ни с экономической точек зрения. Дело в том, что при одних размерах и запасах шахтного поля, при одной газоносности месторождения, при одной глубине разработки блоковая отработка может оказаться технически целесообразной и экономически оправданной, а при других — нет. С другой стороны, механический перенос столбовой системы разработки по падению, хорошо себя зарекомендовавшей в условиях одной шахты, на другую шахту может оказаться неудачным.

В последние десятилетия все более широкая область проектных задач, связанных с принятием решений, охватывается численными методами (экономико-математическое моделирование, линейное программирование, методы вариантов и т. д.). В решении многих задач критерием выбора и принятия решений используется один показатель, экстремальное значение которого служит указателем оптимальности принимаемых решений — аргументов X критерия I :

$$I = f(X_1; X_2; \dots; X_n);$$

$$R = \{X_1^0; X_2^0; \dots; X_n^0\} \sim \text{extreme } I,$$

где I — критерий оптимальности; X_1, X_2, \dots, X_n — оптимизируемые параметры, составляющие решение;

R — вектор решения, соответствующий множеству оптимальных параметров $\{X_1^0; X_2^0; \dots; X_n^0\}$.

Принимаемое решение, или, что то же самое, совокупность оптимальных параметров, соответствует экстремальному значению критерия оптимальности. Подобные задачи относят к классу задач *принятия простого решения*. Сама зависимость критерия от неизвестных аргументов, параметров технологии шахты или процессов может быть совсем не простой. Например, экономико-математическая модель шахты или выемочного участка является достаточно сложной. Составляющие принимаемого решения, т. е. неизвестные параметры, могут меняться как дискретно, так и непрерывно.

В решении многих проектных задач обойтись одним критерием оптимальности бывает нельзя. Так, выбор технологической схемы шахты связан с учетом безопасности, производительности, капитальных затрат, эксплуатационных расходов, уровня потерь и т. д. Выбор механизированного комплекса также требует определения ряда показателей для вынесения решения: производительности комплекса, трудоемкости обслуживания, себестоимости 1 т угля, безопасности работ и др. Каждый из показателей-критериев

является функцией параметров технологии, функцией составляющих решения:

$$\begin{aligned}
 I_1 &= f(X_1; X_2; \dots; X_n); \\
 R_1 &= \{X_{11}^0; X_{21}^0; \dots; X_{n1}^0\} \sim \text{extreme } I_1; \\
 I_2 &= f(X_1; X_2; \dots; X_n); \\
 R_2 &= \{X_{12}^0; X_{22}^0; \dots; X_{n2}^0\} \sim \text{extreme } I_2; \\
 &\dots\dots\dots \\
 &\dots\dots\dots \\
 I_m &= f(X_1; X_2; \dots; X_n); \\
 R_m &= \{X_{1m}^0; X_{2m}^0; \dots; X_{nm}^0\} \sim \text{extreme } I_m.
 \end{aligned}$$

При этом в общем случае решения, принимаемые по различным критериям, не являются адекватными, т.е. $R_1 \neq R_2 \neq \dots \neq R_m$. Оптимальность параметров исходя из критерия I_i не соответствует, как правило, оптимальности тех же параметров исходя из значений критерия I_{i+1} . В связи с этим принятие решений происходит в так называемой конфликтной ситуации, когда экстремальные значения отдельных критериев-показателей указывают на неодинаковые значения параметров, которые проектировщики должны принять как единственные.

Задачи, связанные с принятием решений по более, чем одному критерию-показателю, относят к классу задач *принятия сложных решений*. Методы принятия сложных решений отличаются повышенной логической противоречивостью. Типичными задачами, решаемыми с помощью методов принятия сложных решений, являются задачи оценки качества сложных объектов многомерных процессов, оценки работы сложных систем и др. Имеются примеры многокритериальной оптимизации параметров производственных объектов и систем.

Задачу принятия сложного решения можно сформулировать следующим образом.

Некоторый объект, имеющий фиксированные параметры, характеризуется значениями m критериев-показателей: $\{I_1; I_2; \dots; I_m\}$. При других значениях параметров объект будет характеризоваться в общем случае иными значениями критериев-показателей. Выбор параметров объекта или оценка вариантов объекта сводится к сопоставлению значений критериев-показателей, характеризующих соответствующие варианты объекта:

ства должно у одних увеличиваться, у других — уменьшаться. Вследствие этого одна часть среди m оценок k_i свойств объекта будет численно возрастать

$$k_i = \frac{I_{ij}}{I_i^{\text{эм}}} \rightarrow \max(i = 1 \div m_1), \quad (7.5)$$

другая часть — уменьшаться

$$k_i = \frac{I_{ij}}{I_i^{\text{эм}}} \rightarrow \min(i = m_1 \div m), \quad (7.6)$$

При такой ситуации не ясно, к чему должны стремиться интегральные показатели

$$K_{\text{инт.}j} = \sqrt{\prod_{i=1}^m k_i} \quad (7.7) \quad \text{и} \quad K_{\text{инт.}j} = \sum_{i=1}^m k_i, \quad (7.8)$$

какому проекту отдавать предпочтение — с большим значением $K_{\text{инт.}j}$ или с меньшим. Как та, так и другая модель исходят из равноценности разнородных свойств и соответствующих им показателей. В действительности различны как технические, так и экономические свойства объектов, как правило, они имеют неодинаковое значение: если с ухудшением одних свойств можно согласиться, то ухудшение других делает объект нецелесообразным, неэкономичным, неработоспособным и т. д.

Большинство отечественных и зарубежных методик предлагает при вычислении $K_{\text{инт}}$ включать в число аргументов не только оценки k_i , но и соответствующие показатели важности (полезности) i -х свойств. Таким образом, формулы, учитывающие важность i -х свойств объектов интегральной оценки, имеют общий вид

$$K_{\text{инт.}j} = f(k_i, \varphi_i). \quad (7.9)$$

I. Геометрическая функция

$$K_{\text{инт}} = \sqrt{\prod_{i=1}^m (k_i \varphi_i)}, \quad (7.10)$$

где $K_{\text{инт}}$ — комплексный интегральный показатель качества, вычисляемый с помощью среднегеометрической функции; φ_i — показатель важности (полезности) i -го свойства объекта.

II. Арифметическая функция

$$K_{инт} = \sum_{i=1}^m (k_i, \varphi_i), \quad (7.11)$$

где $K_{инт}$ — комплексный (интегральный) показатель качества, вычисляемый с помощью арифметической функции; φ_i — то же, что и в формуле (7.10).

Обе эти модели (7.10) и (7.11) по форме не устраняют недостатков, связанных с противоположной направленностью численных значений показателей улучшения отдельных свойств: $k_i \rightarrow \max$, $i=1 \div m_1$ и $k_i \rightarrow \min$; $i = m_1 \div m$. Что касается учета различной важности отдельных свойств, то это в определяющей степени зависит от методов определения показателей φ_i . Современная теория полезности пока не имеет методов, позволяющих решить указанную задачу в общем виде. Однако существует несколько способов, с помощью которых для конкретных условий задача может быть решена. Большинство из этих способов предполагает оценку критериев по весовым признакам.

Стоимостной принцип определения важности (полезности) φ_i отдельных свойств чаще всего основывается на следующем утверждении; важность или полезность φ_i является монотонно возрастающей функцией от аргумента S_i , представляющего собой денежные (или трудовые) затраты, необходимые на обеспечение существования и улучшения i -го свойства. Иначе говоря, если $\varphi_i = f(S_i)$, то при $S_{i+1} > S_i$ оказывается $\varphi_{i+1} > \varphi_i$. Обычно функция $f(S_i)$ принимает линейный вид, а способы ее получения различны.

Отдельные авторы определяют важность или полезность по формуле

$$\varphi_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^m S_i}. \quad (7.12)$$

Наиболее часто для оценки важности отдельных свойств (а иногда и количественных показателей, измеряющих сами свойства) используют различные модификации экспертного метода. При этом обычно

$$\text{принимается } 0 \leq k_i \leq 1 \text{ и } 0 \leq \varphi_i \leq 1 \text{ при } \sum_{i=1}^m \varphi_i = 1 \quad (7.13)$$

. Иногда интервал изменения величин k_i и φ_i берут равным не «0—1», а «0—10». Экспертный метод позволяет выявить преобладающее мнение спе-

циалистов в условиях отсутствия непосредственных дискуссий. Естественно, что точность и объективность преобладающего мнения зависят от квалификации и опыта экспертов, а также от их числа. Практически приемлемая точность может быть достигнута при наличии группы из 10—12 экспертов и трех туров опроса. Обработка результатов опроса производится различными математическими методами: метод предпочтения, метод ранга, методы попарного и последовательного сопоставления.

Сущность наиболее удобных методов обработки результатов опроса заключается в следующем.

Метод предпочтения для определения важности отдельных показателей. Каждый эксперт располагает все свойства объекта в порядке их предпочтения таким образом, чтобы наиболее значимое свойство получило первое место $W_{1j} = 1$; следующее по значимости — второе место $W_{2j} = 2$ и т. д. Вычисление важности φ_i производится по формуле

$$\varphi_i = \frac{\sum_{j=1}^r W_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^r W_{ij}}, \quad (7.14)$$

где W_{ij} — место, на которое поставлено i -е свойство объекта в соответствии с его значимостью у j -го эксперта; m — число свойств (показателей качества); r — число экспертов.

Метод ранга для определения важности отдельных показателей. Значимость каждого свойства (показателя) оценивается по шкале относительной значимости в диапазоне «0—10», «0—20», допуская при этом дробные и одинаковые оценки. Например, самое значимое i -е свойство j -м экспертом оценивается рангом в 10 баллов ($W_{ij} = 10$), два последующих свойства в 8,5 балла ($W_{i+1,j} = 8,5$; $W_{i+2,j} = 8,5$). Тогда важность отдельного свойства у каждого эксперта

$$\varphi_i = \frac{W_{ij}}{\sum_{i=1}^m W_{ij}}, \quad (7.15)$$

где W_{ij} — ранг значимости i -го свойства у j -го эксперта.

Важность каждого свойства у всех экспертов вычисляется по формуле

$$\varphi_i = \frac{\sum_{i=1}^r \varphi_{ij}}{\sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^m \varphi_{ij}} \quad (7.16)$$

Наиболее простыми из экспертных методов оценки важности можно считать метод предпочтения и метод ранга. Метод ранга, допускающий в заданном диапазоне оценок дробные и одинаковые значения ранга значимости свойств, к тому же является более гибким и универсальным. Важности отдельных свойств могут быть определены также комбинированным способом, объединяющим экспертный принцип и стоимостной. На базе приведенных моделей вычисления интегральных функционалов и способов учета сравнительной важности показателей отдельных свойств предложены методы многокритериальной оптимизации эффективности сложных объектов. Эти методы могут быть использованы и для интегральной оценки качества сложных объектов.

Метод заданных отклонений для интегральной оценки качества и эффективности объекта. При этом способе оценки критерия оптимальности формируют матрицу таким образом, что положение ее строки характеризует важность критерия. В первой строке располагается наиболее важный критерий, а ниже по мере уменьшения важности располагаются остальные. Далее в каждой строке матрицы ищется оптимальное значение I_{ij}^0 , а также те I_{ij}^ϕ , которые отличаются от I_{ij}^0 на заданную величину. Удобнее всего в таком случае пользоваться относительными величинами отклонений, заданными в процентах:

$$\delta_{ij}^\phi = \frac{I_{ij}^\phi - I_{ij}^0}{I_{ij}^0} \cdot 100\% \leq \delta_i^H, \quad (7.17)$$

где δ_{ij}^ϕ - величина относительного отклонения, фактическая по i -му показателю у j -го варианта объекта и заданная (нормируемая) для данного i -го критерия.

Если при некоторых значениях критерия I_{ij} величина отклонения δ_{ij}^ϕ окажется больше, чем заданная величина δ_i^H , это означает, что сравниваемый вариант не удовлетворяет требованиям оптимальности. Оптимальный вариант следует искать на пересечении множеств решений:

$i=1,2,\dots,m$							
I_1	20	18	17	15	14	17	19
I_2	3	4	5	2	3	7	5
I_3	16	13	15	17	14	18	12
I_4	30	35	28	40	20	25	22
I_5	14	12	11	10	9	8	7

Для отыскания наилучшего по всем критериям варианта объекта (решения) применим следующую итеративную процедуру:

а) принимаем $\delta_i^H = 0$.

Тогда

$$I_{1j}^0 = \{I_{15}\}; \quad I_{2j}^0 = \{I_{24}\}; \quad I_{3j}^0 = \{I_{37}\}; \quad I_{4j}^0 = \{I_{45}\}; \quad I_{5j}^0 = \{I_{58}\}.$$

Так как
$$\prod_{i=1}^{m=5} \{I_{ij}^0\} = \emptyset,$$

то при $\delta_i^H = 0$ решения нет, т.е. ни один из вариантов не входит в оптимальную по всем критериям область ($j = 5, 4, 7, 5, 8$);

б) принимаем $\delta_i^H = 10\%$ и начинаем сравнивать I_{ij}^ϕ и определять δ_{ij}^ϕ с самой нижней строки матрицы I_{ij} , каждый раз проверяя, не появился ли столбец, отвечающий условиям (7.21) и (7.22).

Имеем:

$$I_{5j}^0 = \{I_{58}\}; \quad I_{4j}^0 = \{I_{45}, I_{47}\}; \quad I_{3j}^0 = \{I_{37}, I_{32}\}; \quad I_{2j}^0 = \{I_{24}\}; \quad I_{1j}^0 = \{I_{15}, I_{14}\}.$$

Условия не выполнены:

в) продолжая процедуру, убеждаемся, что условия (7.21) и (7.22) выполняются при $\delta_i^H = 50\%$. При этом

$$\begin{aligned} I_{5j}^0 &= \{ \dots \dots \dots \dots I_{55}; I_{56}; I_{57}; I_{58}; \}, \\ I_{4j}^0 &= \{ I_{41}; \dots; I_{43}; \dots; I_{45}; I_{46}; I_{47}; I_{48}; \}, \\ I_{3j}^0 &= \{ I_{31}; I_{32}; I_{33}; I_{34}; I_{35}; I_{36}; I_{37}; I_{38}; \}, \\ I_{2j}^0 &= \{ I_{21}; I_{22}; I_{23}; I_{24}; I_{25}; I_{26}; I_{27}; I_{28}; \}, \end{aligned}$$

$$I_{1j}^0 = \{ I_{11}; I_{12}; I_{13}; I_{14}; \underline{I_{15}}; I_{16}; I_{17}; \underline{I_{18}} \},$$

$$\prod_{i=1}^m = \{I_{ij}^0\} = \{I_{i5}\} \quad (7.23) \quad \text{и} \quad \prod_{i=1}^m = \{I_{ij}^0\} = \{I_{i8}\} \quad (7.24)$$

Из этих двух наилучших вариантов меньшими отклонениями по всем критериям и особенно по 1-му и 4-му отличается вариант $B_5 = \{I_{i5}\}$.

Следовательно, наилучшим образом отвечают по всем критериям требованиям оптимальности значения пятого варианта. Для реализации объекта необходимо принять значения параметров по пятому варианту технических решений.

Данный метод достаточно универсален. Важным достоинством его является то обстоятельство, что допускается по разным критериям применять неодинаковые нормируемые отклонения δ_i^H : по наиболее важным критериям — меньшие, по менее важным критериям — большие. Вместе с тем метод не отличается точностью, дает приближенные решения. Кроме того, метод нацелен лишь на выявление лучшего варианта, не давая количественного соотношения вариантов друг с другом.

Метод весовых оценок для интегральной оценки эффективности объекта. Данный метод сводится к определению веса значений всего набора критериев у некоторого варианта по отношению к набору значений соответствующих критериев условно лучшего варианта. Условно лучший вариант соответствует набору лучших значений (в табл. 7.1 обведены в рамки) критериев среди всех сравниваемых вариантов. Чтобы учесть неодинаковую важность критериев, вес W_{ij} варианта по любому из критериев умножается на так называемую оценку важности (полезности) φ_i . Величина оценок важности (полезности) выражается в баллах. Независимым друг от друга критериям приписываются в диапазоне 0÷10 баллов оценки полезности (10 баллов приписывается наиболее важному из критериев, остальным — от 0 до 10 баллов).

Далее на основании матрицы $\{I_{ij}\}$ (см. табл. 7.2) и оценок полезности строится матрица весов. Вес j -го значения i -го критерия W_{ij} определяется по формуле

$$W_{ij} = \left(1 - \frac{|I_{ij}^0 - I_{ij}^{\phi}|}{I_{ij}^0}\right) \cdot \varphi_i, \quad (7.25)$$

где φ_i — оценка полезности критерия I_i .

Суммируя W_i по столбцам, найдем весовые оценки W_j для каждого варианта. Вариант, имеющий максимальную весовую оценку, является наилучшим.

Пользуясь данными предыдущего примера и задавшись оценками полезности критериев $\varphi_1 = 10$, $\varphi_2 = 7$, $\varphi_3 = 6$, $\varphi_4 = 5$, $\varphi_5 = 4$, по формуле (7.25) построим матрицу весов (табл. 7.2).

Таблица 7.2

I_i	Варианты, B_j							
	B	B	B	B	B	B	B	B
	1	2	3	4	5	6	7	8
	W	W	W	W	W	W	W	W
	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8
I_1	5 ,7	7 ,14	7 ,86	9 ,29	1 0	7 ,86	6 ,43	5
I_2	3 ,5	0	- 3,5	7	3 ,5	- 10,5	- 3,5	3 ,5
I_3	4	5 ,5	4 ,5	3 ,5	5	3	6	5
I_4	2 ,5	1 ,25	3	0	5	3 ,75	4 ,5	2 ,5
I_5	- 1,32	0	0 ,68	1 ,33	2	2 ,66	3 ,33	4
Инте- гральный показатель $K_{интj}$	1 4,38	1 3,89	1 1,88	2 1,12	25,5	6 ,77	1 6,76	2 0

Интегральный показатель эффективности любого варианта:

$$K_{интj} = \sum_{i=1}^m W_i ; \quad m = 5. \quad (7.26)$$

Снова убеждаемся, что оптимальный вариант B_5 .

Метод весовых оценок наиболее универсален: он может применяться для интегральной оценки объектов как по количественным решениям, так и по качественным (балльные оценки решений). Но сама экспертная основа метода снижает его объективность. Кроме того, методу присущ недостаток в

математическом отношении. Так, в случаях, когда фактические значения критерия оценки объекта значительно превышают значения эталона (оптимальное значение) $I_{ij}^{\phi} \gg I_i^0$, весовая оценка становится весьма низкой. Отрицательное значение весовых оценок в этих случаях физически не объяснимо. Причем это обстоятельство касается лишь критериев, оптимальное значение которых связано с уменьшением модуля $I_i^0 \rightarrow \min$. Естественно, что неодинаковая роль критериев с оптимумом-максимумом $I_i^0 \rightarrow \max$ и с оптимумом-минимумом $I_i^0 \rightarrow \min$ в итоговой интегральной оценке не делает данный метод корректным для целого ряда задач.

Метод нормы вектора для интегральной оценки [оптимизации] варианта объекта. В тех случаях, когда оценка степени важности критериев не представляется возможной, т.е. они считаются равноценными, предлагается данный метод, который с соответствующей модификацией может быть использован и при наличии оценок полезности.

Алгоритм выбора оптимальных технических решений (оценки объекта) по совокупности критериев в этом случае сводится к следующему :

1. Устанавливаются показатели-критерии оценки объекта и формируется матрица по вариантам.

2. Для каждого варианта (из n) рассчитываются значения критериев, которые заносятся в матрицу.

3. Выделяются оптимальные (максимальные или минимальные) значения критериев по вариантам.

4. Вычисляются относительные отклонения любого значения критерия I_{ij}^{ϕ} от оптимального значения I_i^0 :

$$\delta_{ij} = \frac{I_{ij}^0 - I_{ij}^{\phi}}{I_{ij}^0} . \quad (7.28)$$

5. Вычисляется норма векторов по формуле

$$K_{\text{инт.}j} = \sqrt{\delta_{1j}^2 + \delta_{2j}^2 + \dots + \delta_{mj}^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \delta_{ij}^2} \rightarrow \min . \quad (7.29)$$

Минимальное значение нормы векторов относительных отклонений, суммированных по всем критериям варианта, указывает на оптимальный вариант.

Для иллюстрации из матрицы I_{ij} предыдущих примеров построим матрицу δ_{ij} , по формулам (7.28) и (7.29), вычисляя соответствующие отклонения и нормы векторов (табл. 7.2).

Согласно формуле (7.29) вышеприведенного алгоритма оптимальное решение соответствует варианту B_5 (табл. 7.3), так как $K_{\text{итм}5} = 0,725 = \min$.

Несомненно, что метод нормы вектора в логическом и математическом отношении отличается большей строгостью, чем предыдущие. Метод утверждает идею, что, чем меньше суммарное по всем критериям отклонение варианта объекта от эталона, представленного оптимальными значениями по каждому критерию, тем лучше вариант. Однако недостаток, связанный с неравнозначным влиянием критериев с оптимумом-минимумом и оптимумом-максимумом на итоговую оценку, сохраняется и здесь. Характерным для всех изложенных методов принятия сложных решений является необходимость предварительного вычисления значений всех критериев для каждого варианта. Это трудоемкая часть задачи. Поэтому эти методы применимы скорее для интегральной оценки объектов и сравнения их с подобными, но не для оптимизации вариантов, решений. Дело в том, что оптимизация предполагает оценку не единиц и даже не десятков конкурирующих вариантов, а сотен, тысяч и даже миллионов. Естественно, что расчет большого числа критериев по каждому из конкурирующих вариантов — задача совершенно непосильная.

Таблица 7.3

I_i	Варианты, B_j							
	B	B	B	B	B	B	B	B
	1	2	3	4	5	6	7	8
	δ_{11}	δ_{12}	δ_{13}	δ_{14}	δ_{15}	δ_{16}	δ_{17}	δ_{18}
I_1	0 ,429	0 ,286	0 ,214	0 ,71	0	0 ,214	0 ,357	0 ,5
I_2	0 ,5	1	2	0	0 ,5	2 ,5	1 ,5	0 ,5
I_3	0 ,333	0 ,083	2 ,5	0 ,417	0 ,166	0 ,5	0	0 ,166
I_4	0 ,5	0 ,75	0 ,4	1	0	0 ,25	0 ,1	0 ,25
I_5	1 ,333	1	0 ,833	0 ,666	0 ,5	0 ,383	0 ,166	0
Инте- гральный	1 ,605	1 ,625	3 ,33	1 ,275	0,725	2 ,59	1 ,56	0 ,88

показатель								
$K_{интj}$								

Для решения подобных трудоемких задач (а при проектировании шахт они возникают) можно воспользоваться менее точными методами принятия сложных решений, но менее трудоемкими.

ЛЕКЦИЯ №8

Определение оптимальных площадей сечений сети (цепи) горных выработок

Задача определения оптимальных (рациональных) площадей сечения выработок является весьма важной как стадии проектирования новой шахты, так и на стадии реконструкции и подготовки новых горизонтов и полей по следующим соображениям:

1. Площадь сечения выработок определяет величину капитальных вложений на горные работы. Причем в самом общем виде по отношению, как к протяженным выработкам, так и камерным. Суммарные расходы будут больше, чем больше площадь сечения.

$$K = (C_1 + C_2 F) f_n \rho ; \quad (8.1)$$

где $C_2 F$ – эта величина, приводящая к тому, что если растет $F \uparrow$, то автоматически растет $K \uparrow$.

В данном случае, с этой точки зрения, естественное желание выбрать площади горных выработок минимально возможные.

2. Площадь сечения выработок определяет расходы на ремонт, в первую очередь перекрестие выработок, а затем их поддержание – r_2 и r_3 .

Они определяются $r_2, r_3 = r^0 F f$ – в этом случае тоже можно утверждать, что рост $F \uparrow$ приводит к росту $r \uparrow$.

Есть так же другая сторона – r_1 и r_4 , т.е. рассмотреть чистое поддержание.

С точки зрения чистого поддержания общая задача определения оптимальных площадей сечений может быть построена двояко:

а) выработки, проводящиеся заранее завышенной площадью сечения с целью обеспечения безремонтного поддержания выработок в течение всего срока службы.

Если в проекте или на установленной шахте это осуществляется, то задача смысла не имеет.

б) задача имеет смысл только в том случае (с точки зрения поддержания), если в проект закладываются такие площади сечения выработок, уменьшение которых неизбежно приводит к их ремонту.

$$r_4 \text{ и } r_1 = r_j^0 \cdot F \cdot f; \quad F \uparrow \quad r \uparrow$$

Например, Вам нужно $S = 9,6 \text{ м}^2$, после определенных работ, влияние о.р. стало $7,8 \text{ м}^2$ - нужен ремонт, т.е. выйти опять на $9,6 \text{ м}^2$. На практике ждут, когда уже никто не пролазит, а потом уже ремонт. Да и при малом уменьшении площади значит то, что только началось смещение и это не значит, что их срочно нужно ремонтировать, т.к. оно ничего не даст, после перекрытия следом будет еще продолжаться осадка.

3. С увеличением площади сечения выработок уменьшается депрессия выработок, и шахты в целом.

Если считать обязательным регламентный уровень депрессии на каждую шахту (по ПБ 450 мм - газовые шахты, не газовые – 300 мм). Этот уровень определяет в первую очередь состояние человека и уровень в 1000 мм – не является вредным. Поэтому указанные нормативные измерения были определены из-за возможности всех установок или может из-за того, что большие депрессии будут препятствовать выделению газа, т.к. при остановке будет большое загазирование шахты. В то время как на рудниках депрессия составляет 7-8 тыс. мм в.с.

Тогда депрессия измеряется следующим образом:

$$h = f(F) \quad F \uparrow \quad h \uparrow$$

Так как h – величина ограничена, допускаемая – то F должна быть такой, чтобы обеспечила h .

Весь смысл задачи сводится к тому, чтобы площади сечения выработок были такими, которые обеспечили бы допускаемый уровень депрессии для данной шахты. Но в тоже самое время расходы на К-е, R-е и перекрестные выработки должны быть минимальные.

При такой постановке общая математическая формула задачи сводится к следующему:

– Данная целевая функция

$$f(F) = K_{\text{пров}}(F) + R_{\text{под}}(F) + R_{\text{пер}}(F) \rightarrow \min \quad (8.2)$$

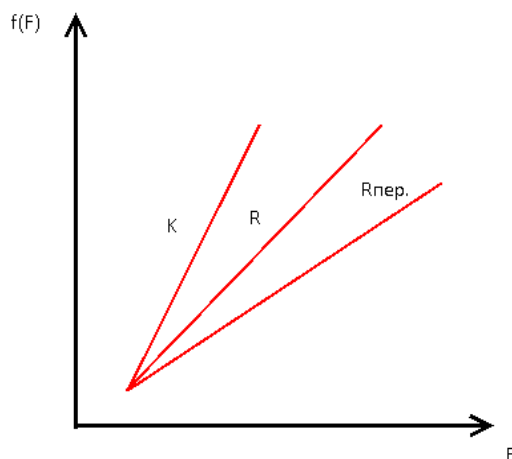
при величинах

$$h = f(F) = h_{доп} \quad (8.3)$$

при ограничении (во многих книгах $<$ или $=$ - если $<$, то задача смысла не имеет), т.к. на сколько меньше неизвестно и есть еще сечение, ограниченное по П.Б.

$$\left. \begin{array}{l} F_i \geq F_{ПБ \text{ вент. скорос}} \\ F_i \geq F_{ПБ \text{ по зазорам}} \\ h = f(F) = h_{доп} \end{array} \right\} \text{система ограничений}$$

С содержанием описания задачи большая сложность.



Все эти затраты (смотрите выше формулы) растут. Смысл оптимума состоит в следующем:

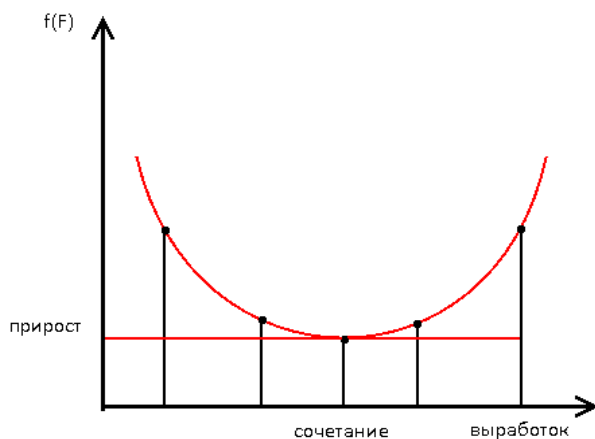
1. Достигнуть допустимого уровня депрессии можно, увеличив площадь сечений разрабатываемых выработок (стволов, квершлагов, уклонов, откаточных штреков и т.д.), но с точки зрения роста стоимости не безразлична площадь какой выработки увеличивать.

Допустим, h уменьшили на 20 мм, т.е. можно увеличить площадь штрека и ствола. И это очень существенно, во сколько обойдется увеличение разрабатываемых выработок. Другими словами, необходимо найти такое сочетание выработок, площади сечений которых следует увеличить, чтобы достигнуть допущенного уровня депрессии.

Ствол		$h_{допуск} = 4500 \text{ Па}$ и это можно достиг этими и на это прирост будет 1000 руб.
Кверлшл		
аг		
Откат. штрек		
Уклон		
Откат.		

штрек		А эти варианты дадут прирост 8000 руб.
Лава		
Вент. штрек		
Уклон		
Откат. штрек		
Кверлшл аг		
Ствол		

То есть нам необходимо выбрать такой вариант, чтобы это сочетание выработок дало минимальный прирост стоимости.



Т.е. мы ищем где минимальный прирост будет от сочетания.

Рассматриваемая задача относится к классу нелинейных задач, так как ограничение по депрессии является нелинейным по отношению к площади сечения выработок.

$$h_i = \frac{LCQ^2l}{F^{2.5}}; \quad (8.4)$$

Основными методами, которыми может быть рассмотрена данная задача, являются:

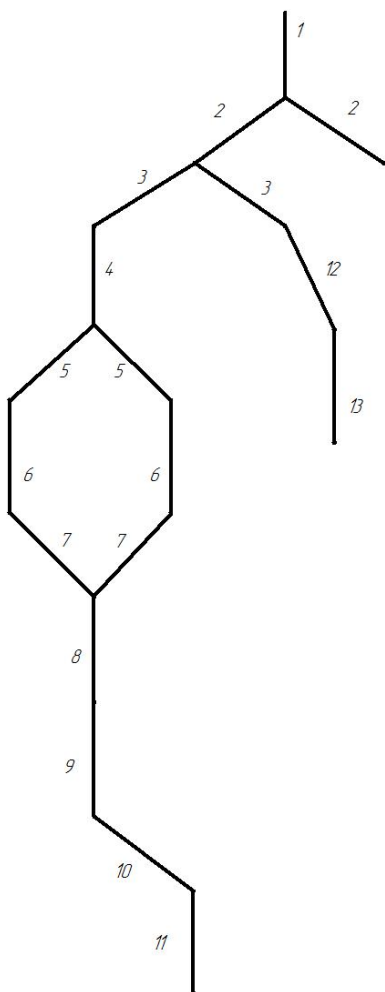
1. Метод градиентов.
2. Упрощенный метод ДонУГИ.
3. Метод динамического прогнозирования.

4. Метод неопределенных множителей Логранжа. Это самый трудоемкий метод. Этот метод предложил Татомир К.И. в 1937 году.

На практике берутся упрощенные вентиляционные сети так, чтобы все было проще и удобнее.

8.1 Упрощенный метод ДонУГИ

Сущность этого метода сводится к тому, что любая сложная вентиляционная сеть разбивается условно на отдельные, как бы независимые цепи. И так если мы имеем ствол, идут в стороны квершлаг, затем основные штреки.



Условные обозначения: 1-ствол; 2-квершлаг; 3-осн. штрек;
4-уклон; 5-откаточный штрек; 6-лава; 7-вент.штрек;
8-уклон; 9-откаточный штрек; 10-квершлаг; 11-вент.ствол

Эта сложная цепь рассматривается как простые цепи.

1 цепь = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11.

2 цепь = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11.

Если были бы отличия, была бы вторая цепь, если одинаковые, берем 1-ю цепь.

Если были другие изменения, то \rightarrow 3 цепь = 1,2,3,12,13 и т.д.

1. Вся цепь расчленяется на простые независимые цепи.

2. По каждой выработке определяется стоимость K , R и $R_{\text{ПОД}}$ 1 м² за весь срок службы - Z_i .

3. Определяется стоимостный коэффициент, характеризующий важность каждой выработки.

$$\mu_i = \frac{n_{bi} Z_i}{(n_{bi} Z)_{\max}}; \quad (8.5)$$

где:

n_{bi} - количество однотипных выработок всей шахты;

$(n_{bi} Z)_{\max}$ – сумма затрат, но наибольшая из всех выработок.

4. Устанавливается коэффициент точности, который равен:

$$\psi_i = 0,75 \frac{\mu_i}{\mu_i \min}; \quad (8.6)$$

При такой записи авторы гарантируют точность расчета с ошибкой не более 5-10%.

5. По каждой выработке определяется вентиляционно-стоимостная характеристика по следующим показателям.

$$\Phi_i = f(\alpha_i, C_i, Q_i, l_i, \psi_i); \quad (8.7)$$

По каждому направлению суммируются характеристики выработок (т.е. по направлению осуществляется).

Где $\sum \Phi_i$ - это характеристика направления.

6. По каждому из направлений определяется коэффициент важности σ :

$$\xi_j = \frac{\sum \Phi_{ij}}{h_{\text{дон}}}; \quad (8.9)$$

На каждое направление определяется доля приходящейся депрессии шахты.

Все направления систематизируются по этому коэффициенту в направлении его уменьшения (убывания). Наиболее важным является то направление, у которого этот коэффициент наибольший. Именно с этого направления и начинается расчет путем определения депрессии и площади сечения каждой выработки. Так что депрессия выработки по j есть величина:

$$h_{ij} = \frac{\Phi_i}{\xi_i}; \quad (8.10)$$

Установив депрессию выработки, определяют площадь сечения:

$$F_i = \left(\frac{L_i C_i Q_i^2 l_i}{h_i} \right)^{0,4}; \quad (8.11)$$

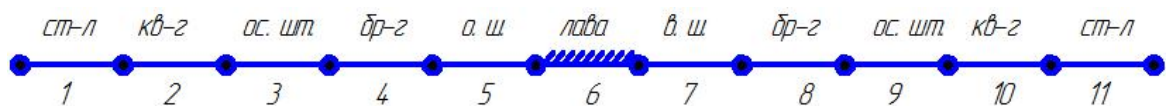
Для оставшихся направлений процедура повторяется, но только общие выработки один раз рассчитанные повторно не рассчитываются. В конечном итоге площади применяются типовыми.

8.2 Оптимизация площадей сечения методом градиентов

Как и метод ДонУГИ, так и метод градиентов предусматривает деление сети выработок на отдельные направления цепи. По существу метод градиентов представляет собой метод координатного спуска целевой функции по меньшим переменным (в качестве переменных выступают площади сечения различных выработок).

Метод градиентов – это математически «частная производная» и сам градиент не реагирует на логичный оптимум. Ищем норму вектора, определяем значение и добиваемся, чтобы норма вектора была равна нулю. Транспорт реагирует на любой оптимум. Но нельзя попадать в логичный оптимум, и чтобы это определить есть теорема. Метод будет в какой-то степени похож на метод ДонУГИ.

1. Взяв любое направление и представив, что оно определяет депрессию, возьмем какое-либо направление, и оно выглядит следующим образом:



Предположим, что поэтому направлению определяется депрессия шахты, а она является ограниченной – будем определять площади сечения выработок с таким расчётом, чтобы стоимостная функция – $f(F_i)$ была равна:

$$f(F_i) = \sum k_i + \sum z_i \rightarrow \min; \quad (8.12)$$

$$\sum h_i = h_{дон}; \quad (8.13)$$

k_i - стоимость 1м выработки;

Z_i - стоимость 1м² выработки при условии, что депрессия должна быть равна допустимой.

Смысл оптимизации аналогичен предыдущей задаче. Необходимо найти сечения выработок, чтобы прирост стоимости был минимальным.

2. Задача начинает решаться с назначения минимально допустимых площадей каждой выработки, так называется нулевой шаг. Нам также необходимо выделить следующее:

$$\begin{cases} F_i \geq F_{i, \text{вент. ПБ}} \\ F_i \geq F_{i, \text{по. зазор}} \end{cases}$$

Значит, мы берем выработки, которые имеют эти значения – т.е. минимальные допустимые сечения.

3. Взяв любое направление и представив, что оно определяет депрессию возьмем какое-либо направление, и оно выглядит следующим образом:

ст-л	кв-2	ос. шт	др-2	а. ш	лава	в. ш	др-2	ос. шт	кв-2	ст-л	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	$Q_{ш}$
F_{1min}	F_{2min}	F_{3min}	F_{4min}	F_5	P_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}	
C_{1min}	C_{2min}	C_{3min}	C_{4min}	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	ΔF
F_{11}	F_{21}	F_{31}	F_{41}	F_{51}	P_{61}	F_{71}	F_{81}	F_{91}	F_{101}	F_{111}	
U_{11}	U_{21}	U_{31}	U_{41}	U_{51}	U_{61}	U_{71}	U_{81}	U_{91}	U_{101}	U_{111}	1-й шаг
				F_{52}				F_{92}			2-й шаг
				C_{52}				C_{92}			
				U_{52}				U_{92}			3-й шаг
				F_{53}							
				C_{53}							
				U_{53}							

Пусть $C=f(F_i)$...и запишем стоимости по каждому звену.

И это весь нулевой шаг и его можно записать:

$$\sum h_i(F_i \text{ min}) \geq h_{дон} ;$$

При назначенных минимально допустимых площадях сечений возможны две ситуации:

1. Суммарная депрессия сети \leq допустимой. В данном случае получим ответ по оптимальным сечениям, т.к. любое их повышение приведет к росту стоимости (меньше нельзя, так как будут нарушены ПБ).

2. Суммарная депрессия, при этих площадях сечений будет больше допустимой. Таким образом, эту депрессию следует понизить до допустимого предела, что равноценно увеличению площадей сечения выработок.

3. Для этого назначаем шаг изменения площади сечения выработок $\Delta F=0,2; 0,5$ и $1,0 \text{ м}^2$ (от величины шага зависит точность решения задачи).

Таким образом, в 1-м шаге возникают новые сечения и соответственно новые стоимости.

4. Зная по каждой выработке интенсивность изменения h и стоимости при увеличении площади сечения можно принять критерии перехода от одно выработки к другой, который равен:

$$U_i = \frac{\Delta C_i}{\Delta h_i} \rightarrow \min; \quad (8.14)$$

Смысл этого критерия состоит в том, что нужно увеличить площадь сечения этой выработки, для которой характерно минимальный рост стоимости и максимальное падение h .

U_i - будет наименьшим.

$$\Delta C_i = C_i(F_i + \Delta F) - C_i(F_i) \quad (8.15)$$

А прирост депрессии будет

$$\Delta h_i = h_i(F_i) - h_i(F_i + \Delta F) \quad (8.16)$$

Это и весь первый шаг.

5. Устанавливаем выработку, для которой будет самым меньшим (допустим выработку №5). Это значит, что для всех выработок остальных следует оставить площадь сечения на предыдущем шаге, а по 5-й принять сечение на рассматриваемом шаге, т.е. уже увеличена и произвести увеличение снова на этой только выработке.

Полученный критерий на 2-ом шаге по 5-ой выработке, снова сравнивается со всеми предыдущими, и находятся минимальное значение среди них. Допустим, снова пятая выработка - это значит, что на 1-м шаге сечение для данной выработки не проходит. Нужно брать больше и берем 3-й шаг и обратно сравниваем его с остальными предыдущими. И так продолжаем по каждой выработке до тех пор, пока не найдется минимальное значение критерия по одной из следующих выработок.

В данном случае по 5-й выработке мы останавливаемся на сечении предыдущего шага и начинаем увеличивать площадь сечения той выработки, для которой этот критерий стал минимальным. Допустим, это произошло для 9-й выработки (и мы берем новый алгоритм, т.е. сечение 0-го шага отбрасываем и переходим сравнивать дальше, т.е. выполнять требования $\sum h_i = h_0$.

По 9-й выработке увеличение площади сечения производится аналогично и если возникает необходимость, то точно также расчеты ведутся по всем остальным выработкам, до тех пор пока сумма депрессий всех выработок не составит допустимую величину.

Допустим, есть $f-z \quad F=2x_1^2+3x_2^3 \rightarrow \min$. 2-м переменным при вращении образует тело:

$$\frac{dF}{dx_1} = 0; \quad \frac{dF}{dx_2} = 0, \text{ но если } z \quad F=2x_1^2+3x_2^3+4x_1-5x_2 \rightarrow \min, \text{ и если здесь взять}$$

частную производную, то это есть вектор градиентов, а если приравнять к нулю, то будет норма **вектор** градиент и

$$U_i = \frac{\Delta C_i}{\Delta h_i} \rightarrow \min - \text{ это тоже градиент, а}$$

$$h_i = \frac{\alpha C_i Q_i^2 l}{F^{2,5}}). \quad (8.17)$$

Смысл вектора градиента здесь сохраняется в том, что при бесконечно малом шаге изменяется площадь сечения выработок. Отношение $\frac{\Delta C_i}{\Delta h_i}$ - есть не что иное, как частная производная стоимостной функции по площади сечения выработки.

В целом о методе можно сказать следующее: он прост в математическом изложении, легкодоступен для программирования на ЭВМ, при большем числе вариантов дает точный результат, но этот метод трудоемкий, особенно для сложных вентиляционных сетей, у которых будет много направлений.

8.3 Определение оптимальных площадей сечения выработки методом неопределенных множителей Лагранжа

Сущность метода состоит в том, что для решения той же по смыслу задачи (будут расти стоимость и депрессия) составляется единая целевая функция, которая объединяет в себе не только стоимостью функцию, но и ограничения, т.е. общая целевая функция

$$\begin{aligned}
L &= f(F_i) + \lambda \varphi(h_i) \rightarrow \min \\
f(F_i) &= C \\
f(F_i) &= \sum h_i
\end{aligned}
\tag{8.18}$$

Сущность метода сводится к тому, что дана единая целевая функция, которая объединяет 2 разные по смыслу функции, а именно:

1. Стоимость, которая с увеличением площади сечения будет возрастать.
2. Депрессию, которая с увеличением площади сечения будет уменьшаться.

С целью объединения функций различного смысла вводят неопределенный множитель λ .

При такой системе становится вопрос нахождения экстремума нелинейной функции, которую можно достичь путем дифференцирования этой функции по неопределенному множителю.

Впервые такую задачу решил член-корр. К.И. Татомир.

Данный метод практически пригоден как для простых, так и для сложных сетей с параллельными и диагональными соединениями. Если взять частное производное такой сложной функции по всем выработкам и решить их на \min функции, то не трудно убедиться, что площади сечения выработок есть радикал.

$$F_i = \sqrt[3,5]{\frac{\alpha_i C_i Q_i^2}{k_i}} \lambda_i
\tag{8.19}$$

Где k_i – это условный коэффициент важности каждой выработки. По сути дела это отношение стоимости проведения, $R_{и}$, $R_{пер}$. 1 м^2 любой выработки к наибольшей величине из всех остальных выработок.

$$\lambda_i = \left(\frac{\sum_{i=1}^m B_i}{h_{цепи}} \right)^{1,4}
\tag{8.20}$$

- векторно-стоимостная характеристика выработки;

m – количество выработки в цепи выработок;

$h_{цепи}$ – депрессия в цепи выработок.

По смыслу k_i сводится к тому, что наибольшая величина стоимости для выработок заменяется 1, а все остальные выражаются в долях от 1.

$$A \rightarrow \beta_i = l_i \sqrt[3,5]{\alpha_i C_i Q_i^2 K_i^{2,5}} \quad (8.21)$$

т.е. она, как и k_i .

Дисперсия каждой конкретной выработки определяется как величина

$$h_i = \frac{B_i}{\sum_1^m B_i} h_u \quad (8.22)$$

Т.к. в λ_i автоматически входит $h_{ц}$ или сети, а эта величина допускается, то площадь сечения автоматически определяется раньше. Может определяться и нет.

И так для всех остальных методов площади сечения принимаем типовые.

ЛЕКЦИЯ №9

Определение оптимальной проектной мощности шахты

Проектная мощность шахты является одним из наиболее важных параметров и правильное её назначение, по сути, определяет всю будущую деятельность предприятия.

При завышенной проектной мощности приходится тратить большие капиталовложения на поверхностные сооружения, вскрываемые выработки околоствольного двора, что приводит к нерациональному делению шахтного поля и принятию на баланс большого количества запасов. Что, в свою очередь, весьма увеличивает капиталовложения.

Во-первых, это завышение «идет по лаве». Примерами тому являются: шахта им. Скочинского, которая первично была спроектирована на $A_{пр}=2500$ т/сут, а фактически $A_{ф}=460$ т/сут., шахта «Прогресс» - $A_{пр}=1500$ т/сут, а по факту $A_{ф}=300$ т/сут. Приемлемая картина наблюдалась на шахте им. Стаханова, $A_{пр}=1500$ /сут, и $A_{ф}=1100$ т/сут. На данных шахтах наблюдается завышено-пропускная способность транспортной цепочки по сравнению с узкими местами добычного цикла. Следовательно, это приводит к недоиспользованию капитальных затрат, вложенных в строительство.

Основными причинами невыполнения плановых нагрузок являются экономически и технологически необоснованные решения. Что, в свою очередь, повлекло за собой безосновательные капиталовложения.

Если занижена проектная мощность, то значит, что будущая шахта практически не будет иметь перспектив, поскольку она не сможет развить фронт очистных работ из-за малой мощности транспорта, подъема и т.д.

Как правило, такие шахты становятся на реконструкцию через 10-15 лет, что тоже не выгодно.

Фраза «шахта перекрыла свою проектную мощность» означает, что неправильно выполнен расчет норматива.

Проектируя мощность, определяют все: и строительство, и необходимые строительные материалы, снабжение и т.д. и т.п. То есть завышение и занижение является негативным фактором. Необходимо определить оптимальную производственную мощность, однако данная задача весьма трудоемка и решение ее оптимизационным методом является сложной задачей.

Для определения проектной мощности могут быть использованы следующие методы:

1. Директивный метод, согласно которому на базе достигнутых практическим путем результатов, принимается решение о строительстве шахты с заранее заданной проектной мощностью и, исходя из данной мощности, принимаются все технологические и технические решения.

Согласно данному методу проводится четкое соответствие $A_{пр}$ и срока службы $-T_{ш}$.

Существует два основных требования к определению $A_{пр-й}$

$A_{г}$ до 1,2 млн.т, то $T_{ш} \leq 40$ лет

$A_{г} > 1,2$ млн.т, то $T_{ш} > 40$ лет.

На практике могут быть отступления, которые достаточно часто допускаются.

$A_{сут} = 4000$ т, $T_{ш} \approx 40$ лет.

$A_{сут} = 5000$ т, $T_{ш} = 50$ лет

Данные сроки службы шахты обоснованы производственным опытом и проведением исследований по окупаемости капиталовложений в угольной промышленности. Пример: первоначальные инвестиции в строительство шахты на 20 лет составили 200 млн.руб. то амортизационные отчисления - 10 млн.руб. В зависимости от количества добычи возможна изменчивая себестоимость угля.

Следующие методы необходимо рассматривать применительно к 2-м ситуациям строительства шахт, а именно: на отведенном участке для строи-

тельства шахты возможны ограничения по запасам, либо же новое месторождение, запасы которого, с точки зрения одной шахты, можно считать неограниченными.

9.1 Определение мощности шахты при ограниченных запасах угля

Под ограниченными запасами понимаются такие запасы, которые может обрабатывать только одна шахта. Поэтому остро стоит вопрос не в количестве шахт, а в их мощности.

Для данного случая основным методом является статистический метод, предложенный и разработанный профессором Павлом Захаровичем Звягиным.

Сущность этого метода сводится к тому, что все виды расходов, связанные со строительством шахты и добычей полезного ископаемого можно условно разделить на следующие части (направления):

1. Капиталовложения, которые амортизируются в течение всего $T_{сл}$ шахты, причем часть из них определяется проектной мощностью шахты, а другая часть вызвана себестоимостью строительства шахты.

Например, поверхность определяется $A_{пр}$ шахты, а дорога, подъезды и т.п. не определяются, однако без них строительство не является возможным.

Тогда амортизационные отчисления, зависящие от запасов, можно выразить следующим образом

$$\frac{K'_1}{Z} + \frac{K''_1}{Z} \cdot A_{Г}, \frac{руб}{т}. \quad (9.1)$$

2. Имеют место капиталовложения, которые амортизируются меньше, чем $T_{ш}$, их правильнее относить не к Z , а к мощности шахты.

Естественно, что это капиталовложения, определяемые оборудованием, применяемым на шахте.

Тогда амортизационные отчисления такого капиталовложения выражаются

$$K''_2 + \frac{K''_2}{A_{Г}}, \frac{руб}{т}. \quad (9.2)$$

Одна часть таких капиталовложений определяется величиной $A_{ш}$, а другая - нет, т.к. она вызвана производством работ.

3. Исходя из мощности шахты, можно выделить расход (себестоимость), который имеет двойную природу и определяется $A_{ш}$, а другие определяются необходимостью ведения работ.

$$C = C_1 + \frac{C_2}{A_{Г}}, \frac{\text{руб}}{т}.$$

(9.3)

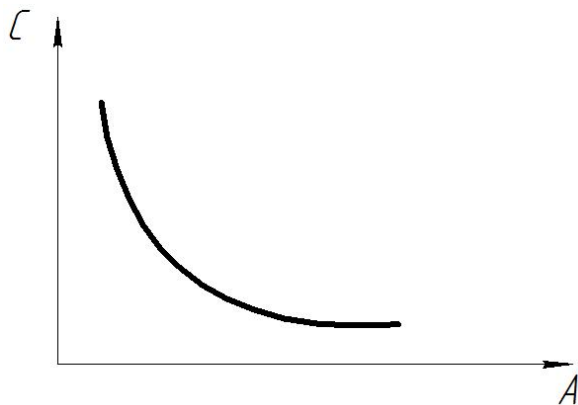


Рисунок 1. Определение зависимости $A_{ш}$ от C

4. Удорожание себестоимости за счет развития и затухания шахты

$$\frac{1,5 \cdot t_p \cdot A_{Г}}{2000 \cdot Z} \approx \frac{B \cdot A_{Г}}{Z_{ш}} \quad (9.4)$$

Если рассматривать удорожание затрат на период развития и затухания, то это имеет смысл:

- при развитии работ, после сдачи шахты в эксплуатацию, как правило, проектную мощность планируется достигнуть за 3-4 года.

В это время штат рабочих, машинный парк используются не полностью. В связи с этим себестоимость 1 т будет возрастать (так при 50% мощности в 1-й год набираем полный штат, $A_{ш}$ будет малой и себестоимость больше, и т.д., на 2-й год 75% добычи).

При затухании работ возникает ситуация, когда уровень добычи постоянно снижается, и даже при полном прекращении добычи шахта еще служит, и за счет доходов в этот период тоже происходит удорожание себестоимости.

Рассмотрим это с точки зрения описанного содержания.

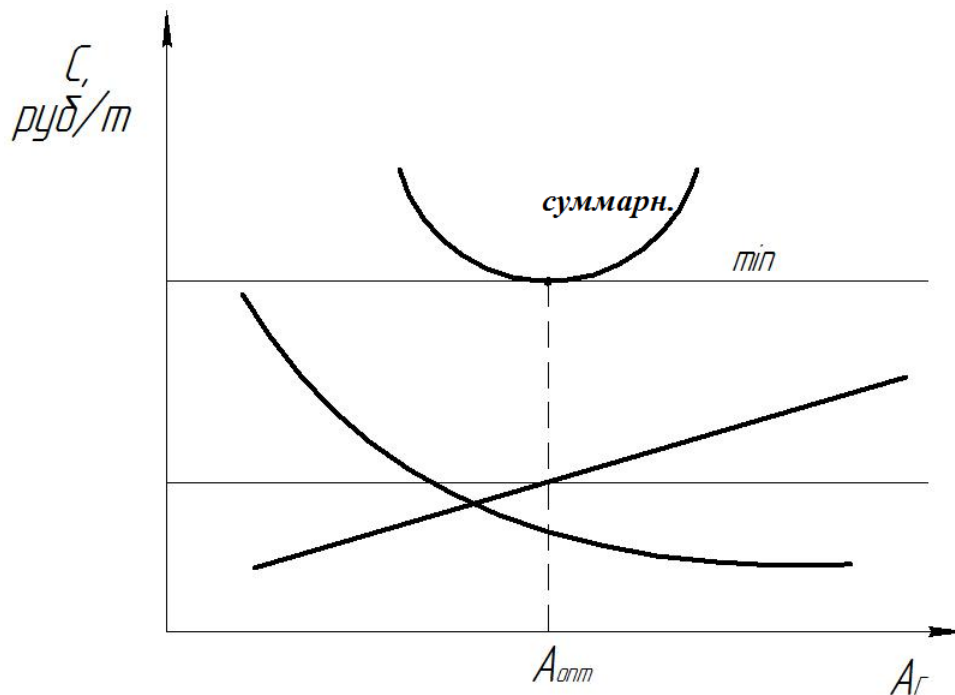


Рисунок 9.2 Определение оптимальной мощности шахты ($A_{ш}$)

Проанализировав указанные зависимости, несложно заметить, что по отношению к $A_{ш}$ имеет место ситуация, когда удорожание расходов разбивается на 3 части. Одна – постоянна, вторая - уменьшается с ростом $A_{ш}$, а третья - увеличивается.

Другими словами, имеет место ситуация, указывающая на наличие оптимальной мощности.

Используя такой подход, профессор П.З. Звягин для различных бассейнов страны обработал проектируемые и фактические данные для установления статистической зависимости $A_{г}$ (годовая мощность шахты)

$$A_{ш} = \sqrt{\frac{C_1 \varphi^2 + E_n \cdot K}{\frac{C_1}{Z} + E_n \cdot k'_{np} \cdot k''}}, \quad (9.5)$$

где C_1, K, k'_{np}, k'' - некоторые эмпирические коэффициенты, определенные в зависимости от бассейна и величины оставшихся запасов и характеризующие капитальные вложения и эксплуатационные расходы;

Z - запасы ограниченного участка;

E_n - коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений;

φ - коэффициент, зависящий от месячной нагрузки на лаву и учитывающий горно-геологические условия.

Если посмотреть на построенные графики, то можно убедиться, что при суммировании всех затрат по пунктам 1-4 мы получим целевую функцию, которая имеет одну точку экстремума. Достижение этого экстремума может быть выполнено взятием 1-й производной по A_G и приравнению ее к нулю.

9.2 Определение проектной мощности шахты при неограниченных запасах угля

Под неограниченными запасами понимается такая величина запасов, которая позволяет построить не менее 2-х шахт.

Существует несколько методов или подходов к определению мощности шахты:

1. Аналитический метод.

Сущность состоит в том, что для конкретных условий составляется экономико-математическая модель шахты, где наряду с другими параметрами, подлежащими оптимизации, включается и мощность шахты.

Например, если принять размеры шахтного поля и $A_{ш.проект}$, то задача усложняется за счет 3-го переменного, но в целом мы будем иметь функцию с 3-мя переменными, и если взять три частных производные и приравнять к нулю, то образуется система 3-х уравнений с 3-мя неизвестными, которая может быть решена тем или иным математическим приемом.

Если рассмотреть к этой задаче описательное содержание, мы получим следующую картину

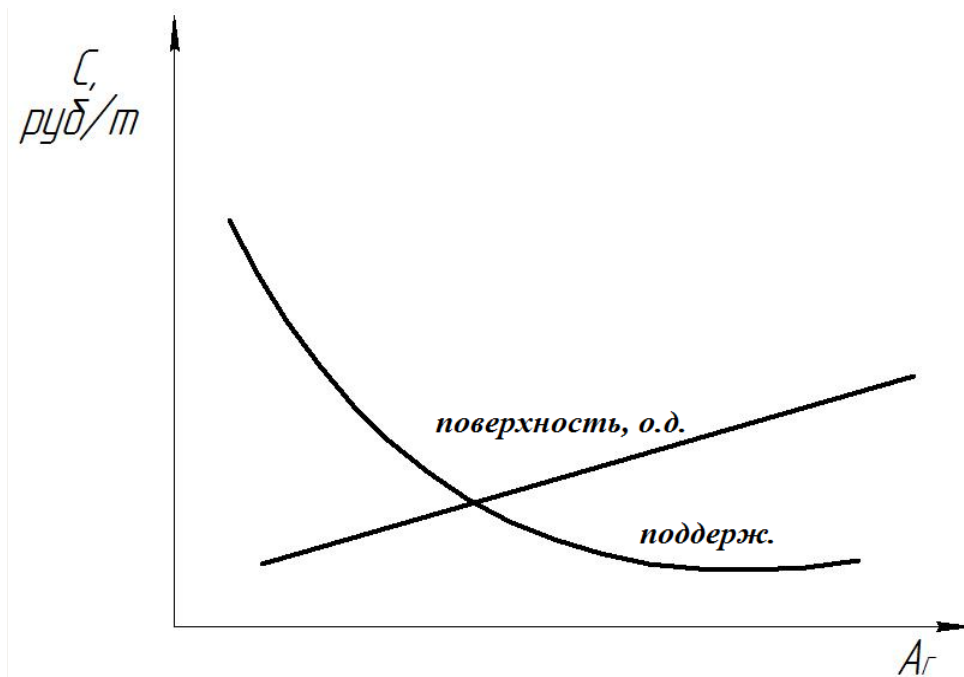


Рисунок 9.3 Схема содержательного описания горной задачи

Часть затрат, а именно поверхность, околовольный двор. и д.р. - возрастают.

А поддержание выработок будет снижаться, т. к. увеличивается знаменатель с увеличением A_{Γ} , и транспортирование будет аналогично.

С точки проведения выработок здесь труднее, так как прямо выразить нельзя, хотя такая зависимость есть. Например, сечение выработок для 2000 т или для 8000 т. Здесь сложно принять верное решение.

Если рассматривать и основные расходы (на транспорт, проветривание, содержание штата), то изменение удельных расходов, по сути, остается таким же. Отсюда можно сделать вывод, что $A_{\text{ш.проект}}$ имеет свою оптимальную величину.

Но, аналитический метод имеет несколько существенных недостатков:

1. Дифференцируя функцию по $A_{\text{ш}}$ мы предполагаем, что $A_{\text{ш}}$ изменяется в неограниченных пределах, чего в действительности нет.

2. Такой метод не учитывает возможности технической схемы (по 1-му замечанию, т. е. функция непрерывна и от 0 до ∞ , но это же не так, т. к. мы, проектируя, принимаем и схему подготовки, и систему, и 4 лавы, т. е. количество лав не может быть бесконечным и нагрузка на лаву не может быть бесконечной, т. е. не может $A_{\text{ш}} = \infty$. И сама эта технологическая схема отвечает модели, т.к. A_{Γ} ограничивается, а модель - ∞ .

Этот метод применим только в том случае, когда на $A_{\text{ш}}$ заведомо накладываются известные ограничения. Допустим, судя по возможности

схемы $A_{ш}$ не должна превышать какой-то конкретной величины (3000, 4000, 5000т). Т.е. не все вместе можно оптимизировать, т.е. смешивать.

9.3 Метод вариантов при определении оптимальной мощности шахты

Сущность этого метода состоит в том, что для конкретных условий намечается целый ряд вариантов технических схем с конкретно заданной $A_{ш}$ (мощности шахты).

Допустим, I вариант - этажная подготовка с $A_{ш} = 3000$ т, по II-му – панельная с $A_{ш} = 4000$ т, по III-му - блоковый способ отработки с $A_{ш} = 10000$ т. И каждый вариант рассчитывается до конца, чтобы получить в конечном итоге себестоимость 1 т угля. Тогда можно построить зависимость между полученной себестоимости по разным вариантам и $A_{ш}$. И для того варианта, для которого характерна минимальная себестоимость, $A_{ш}$ считается оптимальной.

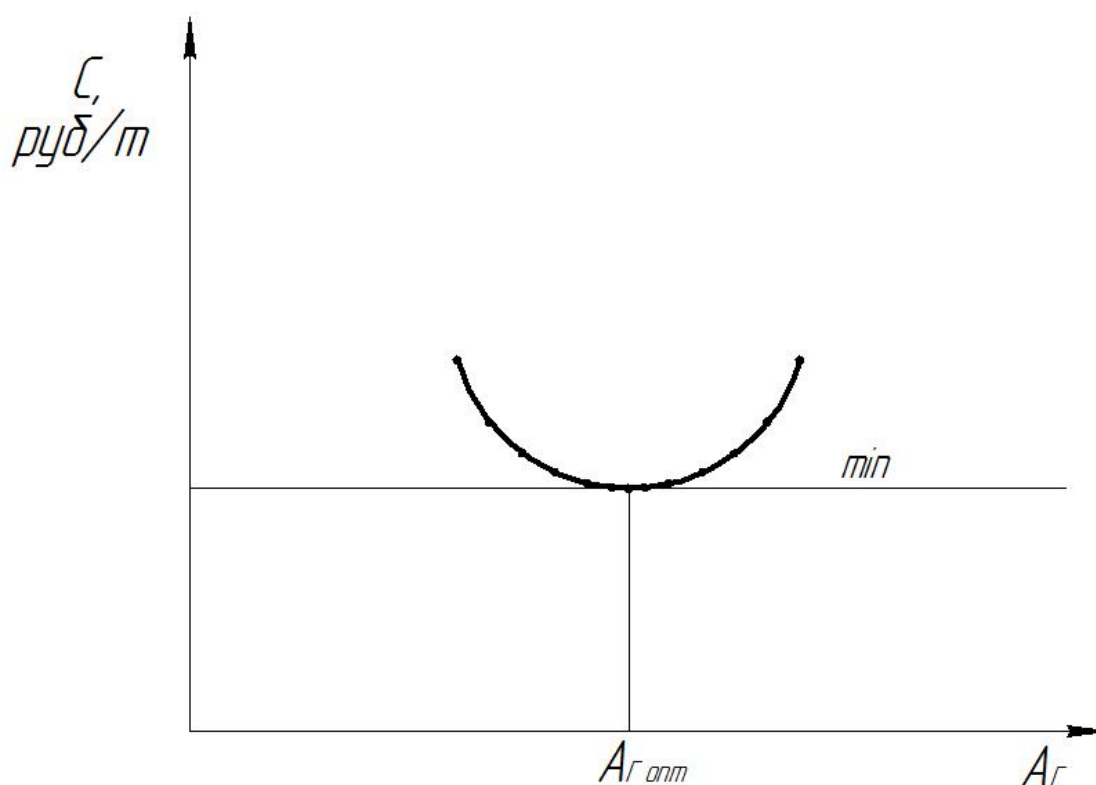


Рисунок 9.4 Схема нахождения оптимальной точки при зависимости $A_{ш}$ от ζ

Недостаток метода:

1) состоит в том, что требуется расчет большого количества вариантов, а если учесть, что каждый вариант является самостоятельной задачей, то такие расчеты трудно поддаются программированию и расчетам на ЭВМ. При ручном же счете количество вариантов резко сократится и не превысит 5-ти.

Отсюда следует, что возможна ситуация, когда истинный оптимальный вариант вообще не рассчитывается (попал ли он в то количество вариантов или нет).

2) Любое увеличение $A_{ин}$ безусловно требует увеличения запасов шахтного поля. И если, допустим, при этажной подготовке (индивидуальная шахта) и шахтой с блоковым способом отработки запасов разница собственно в запасах очень велика (т.к. этаж - это размер по простиранию, ограничен 5-тью км. При блоковой подготовке это в 2 раза и более, т.е. мы сравнить даже их не можем.

9.4. Комбинированный метод при определении оптимальной мощности шахты

Сущность его состоит в том, что для характерных горно-геологических условий оптимизируются размеры шахтного поля многократно при разной проектной мощности.

Например, берем различные $A_{Г} = 0,9; 1,2; 1,5; 1,8; 2,1, 2,4$ и т.д., т.е. нам необходимо составить функцию

$$f(S, H)A_{Г}, \quad (9.6)$$

т.е. определяя запасы (размер их определяет).

Определив, таким образом, запасы и подставив соответствующие размеры в функцию, получим ряд конкретных значений критерия оптимальности (из функции это одно и то же). Судя по этим конкретным величинам, получим такую же зависимость и оптимальной будет та величина, когда значение критерия будет минимальным.

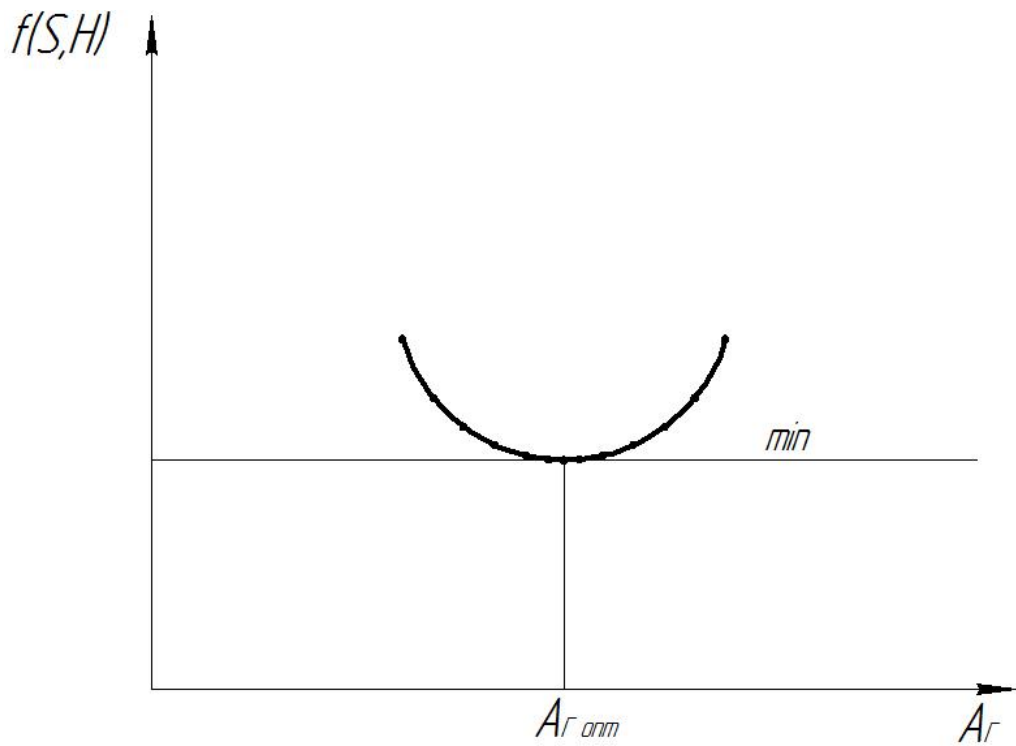


Рисунок 9. 5 Схема определения зависимости $A_{щ}$ от S и H

Есть много и других методов, но на практике они не применяются, а задаются $A_{щ}$, под нее ищутся оптимальные остальные параметры. Так как критерий оптимальности - те изменения от 0,9 мм до 4,5 отклоняются на 4,5%, т.е. процент ошибки больше, да еще исходящая информация неточная, то совсем.

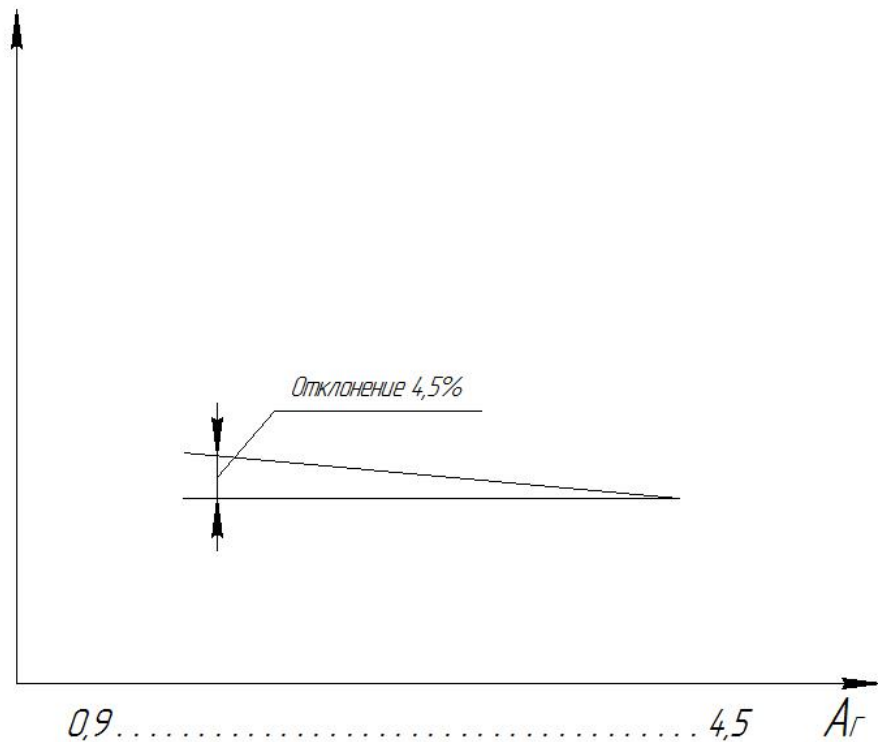


Рисунок 9.6 Уровень отклонения параметра Аш от влияющих факторов

ЛЕКЦИЯ №10

Оптимизация параметров шахты методом экономико-математического моделирования

Экономико-математическое моделирование, в основном, используется в двух принципиально важных направлениях. Это:

- оптимизация параметров технологической схемы шахты;
- выбор рационального варианта из технически возможных.

При решении выше указанных задач экономико-математические модели вводятся основные (приволирующие, определяющие затраты). При этом максимальный учет затрат производится при оптимизации и выборе основных вариантов.

Как показала практика, не все затраты учитываются, а только основные, которые позволяют определить оптимальные параметры. Такое допущение возможно, так как в горном деле при оптимизации параметра точечный оптимум не достигается, а чаще определяется какая-то оптимальная область.

Таким образом, при оптимизации параметров в экономико-математической модели все затраты необходимо учитывать детально, а при выборе вариантов можно учитывать только основные затраты (на проведение и поддержание горных выработок и сооружений, транспорт груза и водоотлив по ним).

Но при этом необходимо учитывать то, что при сравнении вариантов нельзя допускать вычитание однотипных затрат по вариантам, так как это приведет к искажению результатов.

При этом необходимо учитывать значительные (сравнительно большие) затраты, которые имеют сравнительно большой удельный вес в сумме общих затрат.

В большинстве случаев при решении горных задач с применением экономико-математического моделирования учитывать следующие затраты:

- на проведение горных выработок и сооружений;
- на поддержание горных выработок и сооружений;
- на транспорт груза по горным выработкам.

Однако в ряде случаев необходимо учитывать в экономико-математической модели и другие виды затрат. В частности, на водоотлив по горным выработкам, на дегазацию (при разработке газоносных пластов и их

спутников), если это предусмотрено технологическими решениями проекта или при моделировании технологических процессов.

В отдельных случаях следует учитывать затраты на проветривание, при различных схемах проветривания шахты.

Составление экономико-математической модели принимается по ранее принятым техническим и технологическим проектным решениям (при оптимизации параметров технологической схемы шахты или её звеньев).

Если это проводится для сравнения вариантов, то проектные решения должны быть:

- технически возможные для применения;
- технологически целесообразные для проекта.

Сравнение вариантов обязательно должно проводиться при оптимальных параметрах технологической схемы.

10.1 Общие положения и понятия об экономико-математическом моделировании

Под экономико-математической моделью проектируемой шахты понимается множество соотношений и отражение их взаимосвязей, закономерностей, присущих данному явлению или процессу и выраженных через экономические показатели [1]. Экономико-математическая модель имитирует экономическую деятельность проектируемой шахты при возможных различных значениях (альтернативах) её основных технологических характеристик и благодаря этому позволяет установить наилучший, с точки зрения принятого критерия оптимальности, вариант проекта (проектного решения).

Метод экономико-математического моделирования позволяет оптимизировать достаточно большое число технологических решений в проектах строительства новых шахт и реконструкции действующих.

Необходимо также учитывать значительное усложнение модели при увеличении размерности, особенно в тех случаях, когда стремятся оптимизировать выбор большого числа качественных решений. Поэтому на стадии постановки задачи важное значение имеет выбор именно тех проектных решений, которые действительно нуждаются в количественном обосновании.

Основными элементами, которые присущи любой экономико-математической модели, являются целевая функция и множество ограничений

Целевая функция – она выражает математическую зависимость критерия оптимальности от рассматриваемых численных значений оптимизируемых решений проекта и представляет собой совокупность зависимостей и закономерностей, присущих данному решению (процессу) проекта.

Например, если мы описываем процессы поддержания выработок, то в качестве целевой функции может выступать стоимость затрат на ремонт этих выработок, увязанных таким образом, что в целом охватывают все выработки, а конкретно по каждой выработке отражаются закономерности происходящих явлений, формирующих затраты на ремонт.

В неявном виде эта зависимость может быть представлена следующим выражением

$$C_{\text{пр}} = \Phi (X, Y) \rightarrow \text{extr} , \quad (10.1)$$

где $C_{\text{пр}}$ – значение критерия оптимальности (приведенные затраты, прибыль и т.п.);

Φ – некоторая форма целевой функции;

X – вектор (множество) оптимизируемых решений проекта;

Y – вектор (множество) исходных условий задачи.

Вид целевой функции модели зависит от применяемого критерия оптимальности, перечня учитываемых затрат и оптимизируемых параметров (решений) технологической схемы шахты. В самом общем виде, когда используются в качестве критерия оптимальности суммарные приведенные затраты на первом этапе развития шахты целевую функцию можно выразить

$$C_{\text{пр}} = \min \sum_{\substack{t=0 \\ i=1, j=1 \\ i=m, j=n \\ t=\tau}} (C_{1ijt} + E_n K_{1ijt}) \frac{1}{(1 + E_n)^t} . \quad (10.2)$$

Эта формула позволяет учесть эксплуатационные затраты C_{ijt} и капитальные затраты K_{ijt} , связанные с любым i -м вариантом решения на j –

м элементе технологической схемы шахты, осуществляемом в t -м году в пределах периода оптимизации τ_1 . Если срок службы шахты превышает период оптимизации (этап проектирования), то формула целевой функции должна объединить затраты и на последующих периодах с учетом нормативного коэффициента сравнительной эффективности капиталовложений – E_n .

Перед составлением целевой функции необходимо разработать расчетную схему задачи. Под расчетной схемой понимается стереотипное изображение проектируемой шахты или её отдельных элементов. Расчетная схема должна быть максимально насыщена информацией о проектируемых выработках, проводимых в течении всего периода оптимизации. В частности должно быть указано взаимное расположение в шахтном поле вскрывающих, подготовительных и нарезных выработок, околоствольных дворов. Целесообразно показать расположение очистных забоев и выработок в панелях или выемочных столбах на момент пуска шахты в эксплуатацию.

На расчетной схеме должно быть наглядно изображено направление и величины грузопотоков, в том числе закладочных материалов. Направление воздушных потоков, размещение и типы основного для очистных и подготовительных работ, подземного транспорта, закладочного хозяйства.

Критерий оптимальности – это смысл приведенной целевой функции, поскольку математическое выражение критерия оптимальности и есть сама целевая функция.

Система ограничений – представляет собой наложенные связи и определяет область, в которой должно эксплуатироваться принимаемое проектное решение.

Например, определяется количество этажей в бремсберговой части шахтного поля, собственно ограничений для этой задачи нет. Другое дело, если оптимизируемая величина получается достаточно большой, и она не может быть реализована на практике – в силу проветривания, транспорта, либо других возможностей – это так называемые косвенные ограничения. Они явно не выступают и в решении задачи не участвуют.

При практическом решении различных проектных задач методом экономико-математического моделирования могут иметь место и другие ограничения целевой функции. Математическое описание ограничений требует всестороннего учета технологических особенностей проектируемой

шахты, т.е. необходимо фиксировать все ограничения, вытекающие из конструктивных, технологических, пространственных, экономических и других требований.

Переменные модели – представляют собой искомые или оптимальные параметры.

Постоянные модели – различные показатели, которые считаются заведомо известными.

Применительно к конкретной задаче, в данном составе экономико-математической модели может отсутствовать только система ограничений, а все остальные составляющие всегда присутствуют.

10.2. Принципы составления элементарных экономико-математических моделей технологических процессов

Прежде чем составлять экономико-математическую модель любой задачи, необходимо тщательно изучить все закономерности и взаимосвязи, присущие тому или другому процессу и установить, как математически можно их соединить в единое целое.

(Рассмотрим в качестве примера сущность самых стоимостных параметров – проведение выработки, поддержание выработок, водоотлив, транспорт – так как любой стоимостной параметр есть экономико-математическая модель).

10.2.1 Составления экономико-математической модели проведения выработки

В принципе, в качестве экономического показателя в процессе проведения могут выступать: стоимость проведения выработок, производительность труда проходчиков, фондоемкость, энерговооруженность и т.д.

Необходимо выбрать такой показатель, который наиболее отражал бы процесс проведения.

Рассмотрим, какие виды работ, составляющие процесс входят в сам процесс проведения выработок (рис.2.1) – это вид выработки, тип крепи,

площадь сечения, способ проведения, механизации работ, количество рабочих, длина выработки и т.д.

При таком изучении процесса возникает 2 основных вопроса:

- Что взять в качестве основного показателя (критерия)?
- Что взять в качестве основного параметра, чтобы отразить все особенности процесса?

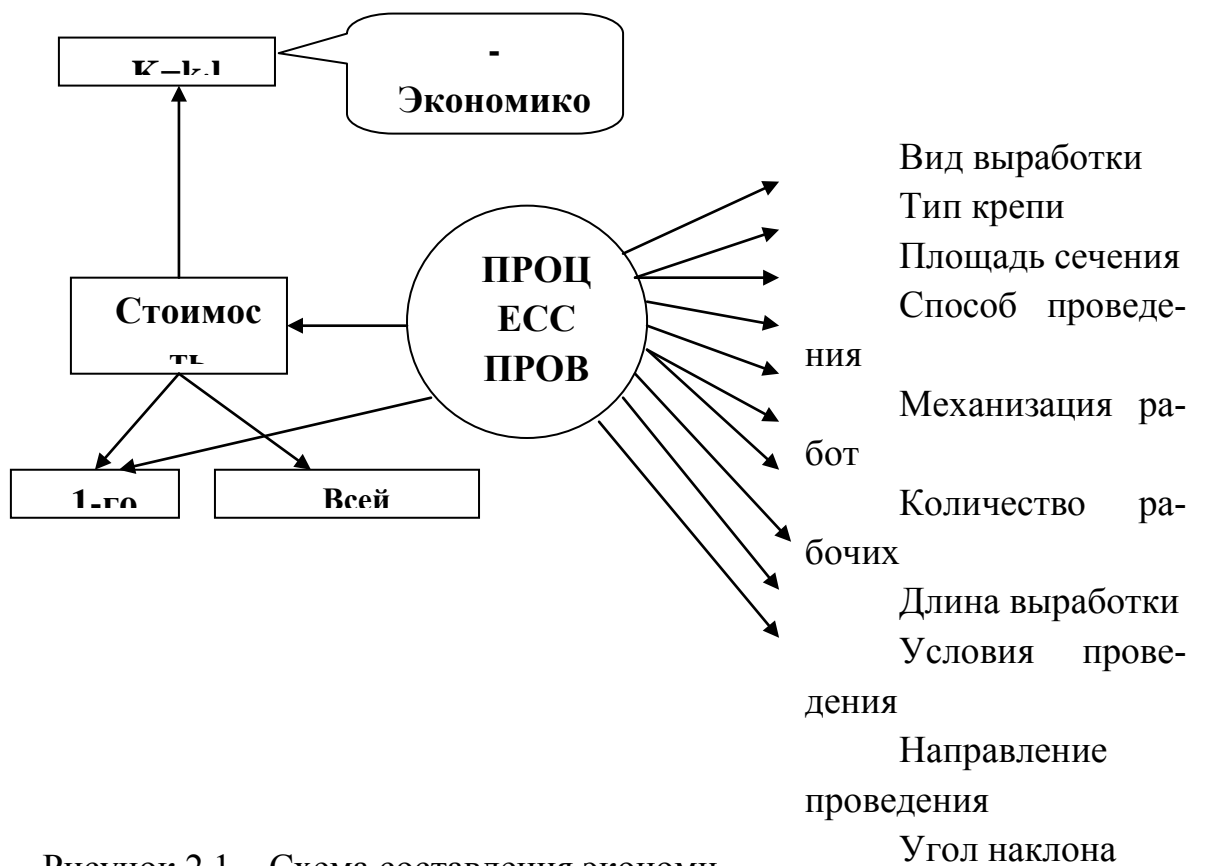


Рисунок 2.1 – Схема составления экономико-математической модели проведения выработки

Перебирая все виды работ, входящих в процесс проведения выработки, мы видим, что наиболее объемно отражает все это – стоимость проведения выработки. Рассмотрим по пунктам влияние видов работ и самых составляющих на стоимость проведения выработки (рис 2.1).

Как видно из рассмотрения, они все оказывают влияние на стоимость проведения выработки. Таким образом, видно, что наиболее общий показатель модели – денежная стоимость.

Так что же взять в качестве параметра?

Рассмотрим, из чего состоит денежное выражение - стоимость 1м и общей стоимости и что же из видов работ наиболее отражает стоимость 1м по принятым нами видам?

Как видно из анализа, что только площадь поперечного сечения, механизация проходческих работ, количество рабочих, условия проведения – отражают этот смысл, а остальные прочной связи не имеют.

Анализируя все эти оставшиеся виды составляющих – видно, что наиболее общим является площадь поперечного сечения и длина выработки.

Таким образом, в качестве основных параметров можно взять F – площадь сечения и l – длину выработки.

Из стоимостных параметров [2] нам известно, что стоимость проведения 1м выработки равно:

$$k = (C_1 + C_2 F) \cdot \rho \cdot f_n, \text{ руб./м.} \quad (2.1)$$

где C_1 - коэффициент стоимости проведения выработки, учитывающий затраты, постоянные на 1 м и не зависящие от площади поперечного сечения, грн/м;

C_2 - то же, постоянные на 1 м^2 , руб/м²;

F - площадь поперечного сечения выработки в свету, м²;

ρ - коэффициент, учитывающий период строительства или работы шахты в период которого проводится выработка;

f_n - поправочный коэффициент, учитывающий глубину работ, обводненность и выбороопасность забоя, длину транспортирования горной массы на изменение стоимости проведения.

Определив стоимость 1 м проведения выработки, и зная общую длину выработки, можно определить денежное выражение стоимости проведения всей выработки.

$$K = k \cdot l, \text{ руб.} \quad (2.2)$$

Данное выражение и есть не что иное, как экономико-математическая модель процесса проведения выработки (только для различных видов выработок k – стоимость 1 м проведения будет различная).

Рассмотрим по составным частям полученную экономико-математическую модель проведения 1 м двухпутевого участкового штрека, закрепленного металлической арочной крепью (табл.1.1 [2])

$$k = (36 + 16 \cdot F) \cdot 1,17 \cdot f_n \cdot l, \text{ руб.} \quad (2.3)$$

Целевая функция налицо, критерий оптимальности есть, постоянные и переменные модели тоже есть. Нет только системы ограничений.

А если бы было задано условие, что

$$\left. \begin{array}{l} F \geq F_{T\gamma} \\ F \geq F_{\text{вент.}} \end{array} \right\}$$

то это и есть ограничение при выборе поперечного сечения выработки по транспорту и вентиляции, что и является системой ограничений. Значит, принятая модель соответствует всем ее составным частям.

10.2.2 Составление экономико-математической модели поддержания выработки

Рассмотрим пример составления модели поддержания откаточного (транспортного) штрека при столбовой системе разработки и с повторным использованием его в качестве вентиляционного [3]. Нам известно из усло-

вий данной задачи, что Поддержание выработки будет на весь срок существования яруса (этажа). От чего же зависит процесс поддержания?

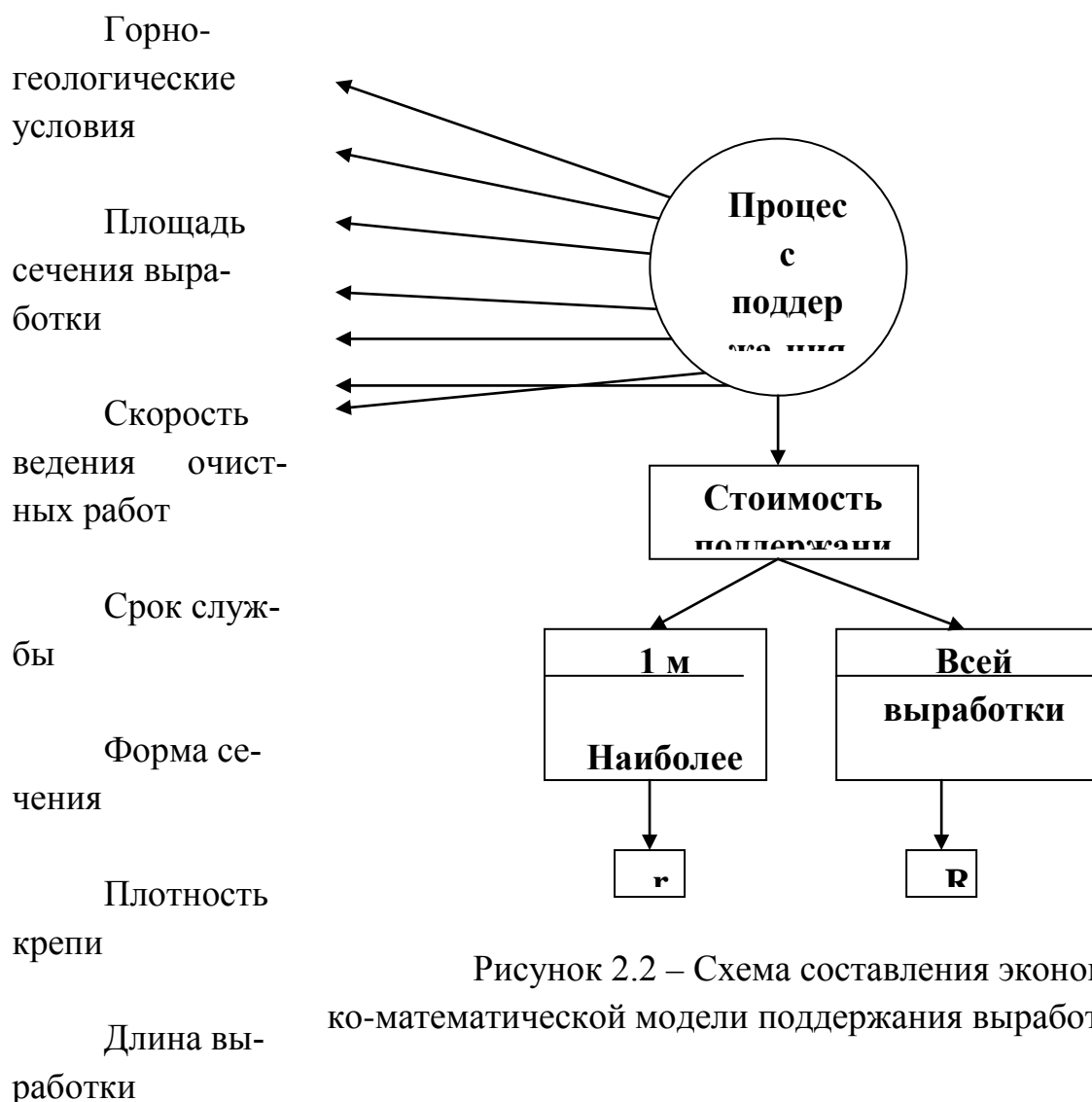


Рисунок 2.2 – Схема составления экономико-математической модели поддержания выработки

Так как, нам известны основные параметры, характеризующие процесс поддержания и виды работ (рис.2.2), которые необходимо выполнить при процессе поддержания выработки, то и как в первом примере, наиболее общим показателем составления модели здесь будет денежное выражение – стоимость поддержания выработки.

Наиболее общим параметром стоимости при поддержании выработки является: - для 1м поддержания – F , а для всей длины поддержания – l и t .

Стоимость поддержания выработки необходимо рассматривать по зонам поддержания. Согласно принятой задачи, они соответствуют (рис.2.3):

- зона 1 – поддержание выработки в массиве угля;

- зона 2 – поддержание (перекрепление) выработки впереди лавы от влияния ведения очистных работ;
- зона 3 – поддержание (перекрепление) выработки позади лавы от влияния ведения очистных работ;
- зона 4 – поддержание выработки в зоне установившегося горного давления.

Длина зоны 1 и 4 изменяется от 0 (начало охранного целика) до границы крыла- $L_{кр}$. Длина зоны 2 и 3 принимается в пределах длины опорного давления и при перемещении лавы не меняется.

Нам известно, что стоимость поддержания 1м выработки горно-геологических и горнотехнических по зонам – есть функция от многих горно-геологических и горнотехнических параметров. Так, например, для зон 1 и 2 она будет иметь вид

$$r_1 = f(F, H, K_p, Y); \quad (2.4)$$

$$r_2 = f(F, H, K_p, Y, V_0). \quad (2.5)$$

где H - глубина расположения поддерживаемой выработки, м;
 V_0 - скорость подвигания очистных работ, м/год.

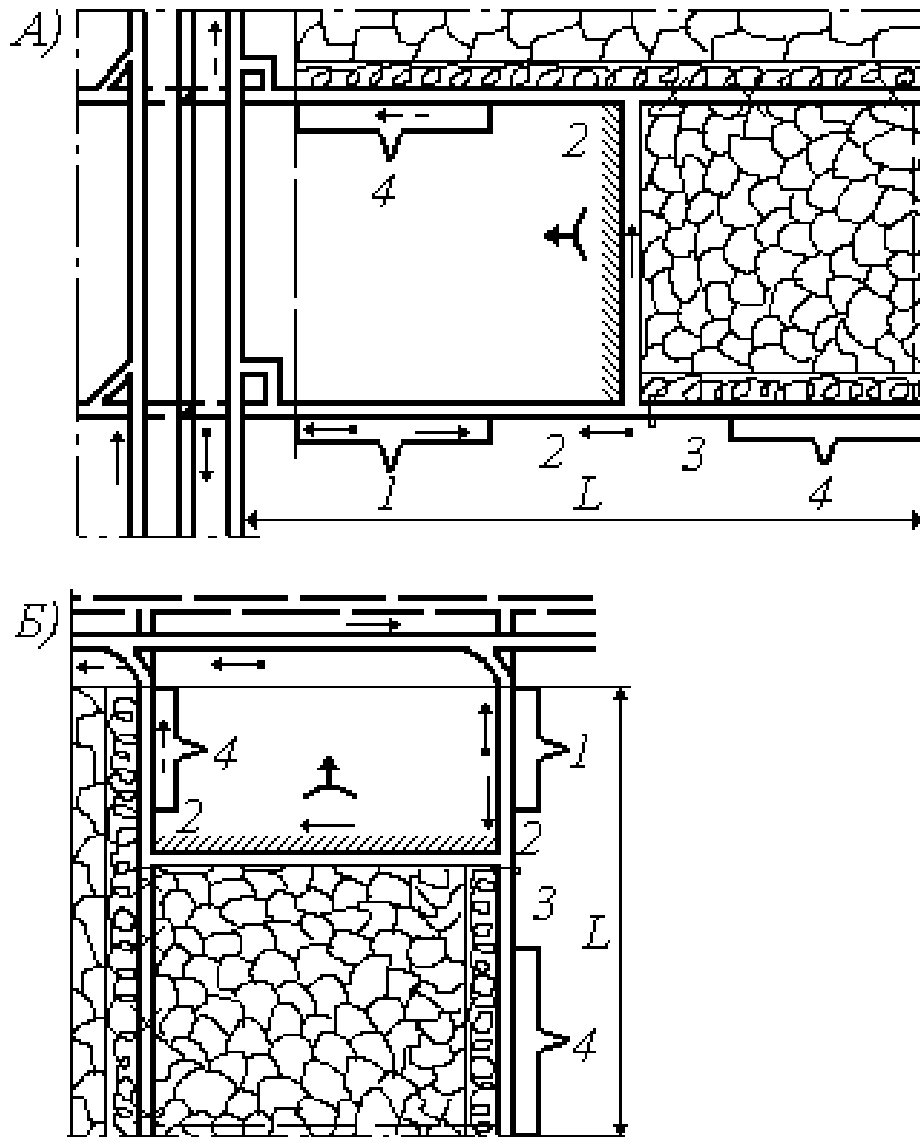


Рисунок 2.3 – Зоны поддержания выемочной выработки при панельной (вариант А) и погоризонтной подготовке (вариант Б)

Зная величину r , мы можем составить нашу экономико-математическую модель процесса поддержания горной выработки.

$$R = r \cdot l \cdot t, \quad (2.6)$$

где R – общая сумма затрат на поддержание выработки, грн.;
 r – стоимость 1м поддержания, грн.;
 t – срок поддержания, лет;
 l – длина выработки, м.

Для рассматриваемой нами конкретной задачи экономико-математическая модель поддержания откаточного штрека имеет следующий вид:

$$R = \underbrace{\frac{r_1 l t}{2} + r_2 l + r_3 l + \frac{r_4 l t}{2}}_{\downarrow} + \underbrace{\frac{r_4 l t}{2} + r_2 l}_{\downarrow}. \quad (2.7)$$

Стоимость поддержания при 1-м разе поддержания откаточного штрека

Стоимость поддержания при повторном использовании откаточного штрека

Таким образом, мы видим, что в параметре r учитывается все виды работ, так как нам уже было известно, что поддержание есть функция других параметров.

При рассмотрении составных частей экономико-математической модели опять отсутствует система ограничений. В данной модели ограничением может быть только площадь поперечного сечения выработки, т.е. до какого размера (поперечной площади сечения) необходимо перекреплять откаточный (транспортный) штрек.

Рассмотренные выше функции и зависимости приведенных примеров приводятся в стоимостных параметрах [2].

10.2.3 Составление экономико-математической модели закладки выработанного пространства

Для составления экономико-математической модели закладки выработанного пространства, по опыту составленных ранее моделей, составляем «дерево» видов работ и ищем, что необходимо нам выбрать для главного кри-

терия и параметра. Что выразить и записать в виде математической зависимости.

В данном примере можно выразить общий показатель через объем работ, производительность труда, но это нам ничего не дает, т.к. в эти параметры включен вид закладки.

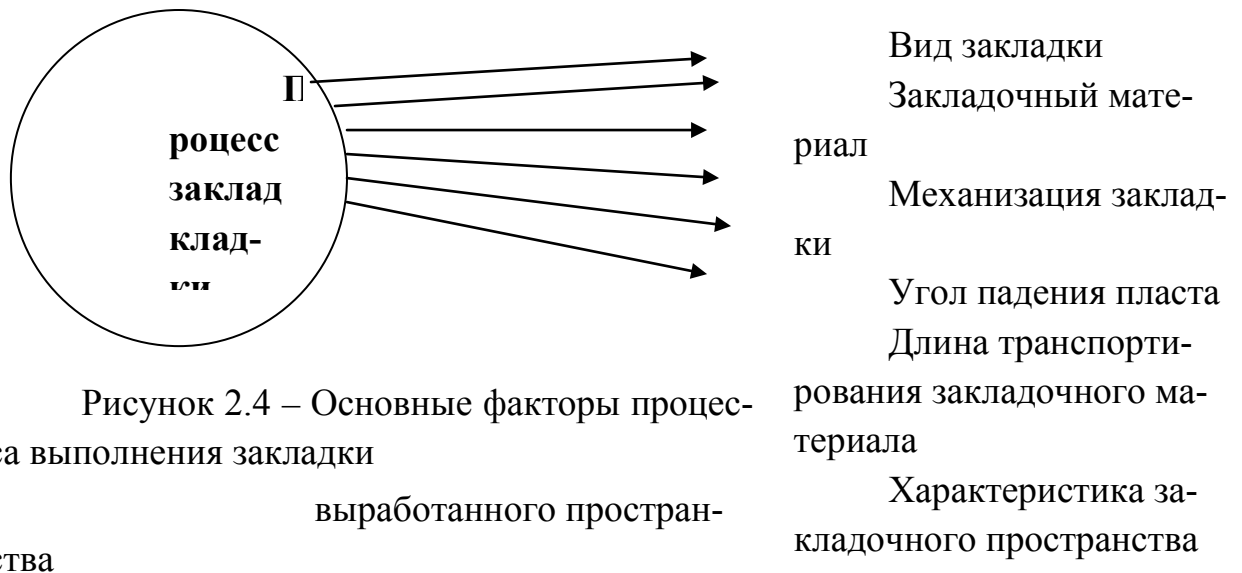


Рисунок 2.4 – Основные факторы процесса выполнения закладки выработанного пространства

Что же можно выразить через 1м^3 (в качестве основного параметра) закладки? Особых параметров нет, т. к. все зависит от вида закладки (пневматическая, гидравлическая и др.). Она зависит в свою очередь от давления в трубопроводе, закладочного материала и т.д.

Таким образом, все можно выразить через весь объем закладки и через денежное выражение стоимости закладочных работ, зная стоимость закладки 1м^3 выработанного пространства – C_1 .

Тогда экономико-математическая модель процесса работ по закладке выработанного пространства будет иметь следующий вид:

$$C_{\text{закл.}} = C_1 \cdot V_{\text{закл.}}, \text{ грн.} \quad (2.8)$$

То есть, определив стоимость 1м^3 закладочных работ и общий объем – $V_{\text{закл.}}$ закладки выработанного пространства, можно записать экономико-математическую модель процесса закладки выработанного пространства.

Используя приведенные принципы составления простых экономико-математических моделей технологических процессов их можно применять для решения горных задач и принятия проектных решений в горном деле.

3. Алгоритм составления экономико-математической модели удельных затрат при оптимизации параметров технологической схемы шахты и принятии проектных решений.

При решении любой горной задачи необходимо решить вопрос выполнения последовательности поставленной задачи.

Под последовательностью решения задачи понимается взаимосвязанный ход принятия решений от постановки задачи до получения конечного результата и его анализа.

В связи с этим для любой задачи необходимо выделять основные характерные этапы.

3.1 Анализ горно-геологических условий – под ним понимается точное представление условий, для которых принимается решение. Учитывается также изменение горно-геологических условий – угол падения, мощность пласта, водообильность, геологические нарушения и т.д. Это все связано с применением механизации выемки – подойдет или нет она для других условий с учетом их изменений.

3.2 Постановка задачи – представляет четкую формулировку той задачи, которая ставится при проектировании или эксплуатации месторождения. (Например, хотим мы выбрать самую оптимальную длину лавы – $l_{оп}$ из всех возможных условий – вентиляции, экономики и др. При расчетах получили значительно большие, чем применяются на практике – тогда принимаем длину лавы по техническим возможностям с учетом заводских характеристик комплексов и другой механизации).

3.3. Выбор критерия оптимальности.

Из существующих в настоящее время критериев оптимальности при оптимизации параметров наиболее широкое применение нашли критерии оптимальности – суммарные эксплуатационные и капитальные затраты и эксплуатационные затраты (можно принимать их в виде себестоимости 1 т. угля).

Рассмотрим, какой же из этих критериев оптимальности рациональнее взять для выбора (оптимизации) интересующих нас параметров, а именно:

$$C + E_n K, \text{ руб./т} \rightarrow \min;$$

$$C, \text{ руб./т} \rightarrow \min,$$

где C – эксплуатационные затраты, руб./т ;

K – капитальные затраты, руб./т ;

E_n – нормативный коэффициент эффективности, который показывает, за который нормативный срок должны окупаться капиталовложения, и равен $1/T_{ок}$ - нормативный срок окупаемости, для угольной промышленности он принимается 0,15.

По первому критерию учитывается окупаемость капитальных вложений, однако согласно существующих инструкций ГОССТРОЯ СССР, только первая подготовка панели производится за счет капитальных вложений, а все последующие идут за счет эксплуатационных расходов, так как это считается воспроизводство выбивающей линии очистных забоев.

Очень выгодно вести на шахтах работы за счет капиталовложений при строительстве шахты, так как капитальные вложения идут только на амортизационные отчисления, а занятые рабочие не учитываются при расчете производительности труда. А эксплуатационные расходы – наоборот. Все затраты относятся к себестоимости угля и все занятые рабочие учитываются при определении производительности труда.

И с другой стороны на подготовку панели к работе требуются незначительные капвложения при сроке их вложения весьма кратковременном – 1,5-2,0 года. В таких случаях величина $E_n K$ является несоизмеримо малой величиной по отношению к величине C (где-то на порядок ниже). Все это дает нам право говорить, что критерий оптимальности – эксплуатационных расходов (C) для данной задачи более предпочтителен.

(Например, на подготовку панели затратили $K=10$ млн.руб, коэффициент $E_n=0,1$, тогда затраты становятся $E_n K=10*0,1$, т.е. 1,0 млн.руб. запасы примерной панели ($S_n=2000$ м, $H_n=600$ м, $m=1,0$ м) равны 1,2 млн.т. Удельные затраты равны около 0,8 грн/т. Если б взять оценку по C , то она была б значительно больше.

При затратах на подготовку панели всего 1,0 млн.руб. оценка была б совсем незначительной – копейки.

Таким образом, для рассматриваемой задачи второй критерий оптимальности более предпочтителен.

3.4 Содержательное описание задачи – понимается, как выяснение всех зависимостей и закономерностей присущих поставленной задаче. Сюда входит сбор и систематизация ранее установленных зависимостей, словесное или графическое представление изменения критерия оптимальности от интересующих нас параметров, подходы или методы достижения конечного результата.

Пример составления содержательное описание задачи по установлению оптимальных размеров панели по простиранию и падению, как отдельно взятой части шахтного поля рассмотрен в подразделе 3.1.

3.5 Формализованное описание задачи – представляет собой присвоение интересующих нас параметрам, переменным и постоянным величинам математических символов и формализации в общем виде целевой функции.

Например, затратам на проведение выработок присвоим символ – K , на поддержание – R , на транспорт – G , на водоотлив - $G_{вод}$. Размер панели по простиранию обозначим – $S_{п}$, запасы панели - $Z_{п}$, срок службы – t и т.д.

И в общем виде формализуется целевая функция поставленной задачи и она будет иметь следующий вид:

$$C_{уд} = \frac{K}{Z_n} + \frac{R}{Z_n} + \frac{G}{Z_n} + \frac{G_{вод}}{Z_n} + \frac{C_{оп}}{Z_n} + \frac{C_{вент}}{Z_n} \rightarrow \min. \quad (3.1)$$

После содержательного и формализованного описания задачи может

производиться уточнение постановки задачи, так как в результате всестороннего изучения может быть установлено, что какой-либо параметр по выбранному критерию оптимальности нет смысла оптимизировать.

Исходя из общих предпосылок, может быть доказано, что выбранный критерий оптимальности весьма слабо чувствителен.

Например, при оптимизации размеров панели – размер $H_{п}$ весьма слабо чувствителен. Там только затраты на транспорт и поддержание выра-

боток растут, а остальные в 2 порядка ниже по сравнению с размером - $S_{п}$ и поэтому оптимизировать размер панели по падению нет смысла.

3.6 Пример составления содержательного описания задачи.

Пример составления содержательного описания задачи приводится для задачи определения оптимальных размеров панели. Для решения этой задачи нам необходимо собрать, отобрать подходящие нашей цели закономерности и зависимости. Эти выражения уже имеются в стоимостных параметрах [2] для оптимизации параметров шахты.

При составлении содержательного описания задачи рассматривается математическая постановка задачи (целевая функция) по принятым слагаемым, которая уже приводилась выше и имеет следующий вид:

$$C_{уд} = \frac{K}{Z_n} + \frac{R}{Z_n} + \frac{G}{Z_n} + \frac{G_{вод}}{Z_n} + \frac{C_{ор}}{Z_n} + \frac{C_{вент}}{Z_n},$$

где $Z_{п}$ - запасы панели, т;

K - стоимость проведения выработок и различных сооружений, монтаж-демонтаж оборудования лав, руб;

R - стоимость поддержания выработок на весь срок службы панели, руб.

G - расходы на транспортирование груза, руб.

$G_{вод}$ – расходы на водоотлив, руб.

$C_{ор}$ - расходы на очистные работы, руб.

$C_{вент}$ - расходы на проветривание шахты, руб.

После чего рассматривается, как изменяется критерий оптимальности при изменении оптимизируемых параметров модели.

Эти изменения рассматривают в разрезе стоимостных параметров составляющих модели – проведения и поддержания выработок, транспортирования грузов и т.д.

3.6.1 Определение стоимости проведения выработок (K)

Рассматривая принятую панель (рис.3.1) в отрабатываемом шахтном поле (рис.3.2), анализируется как изменяется стоимость проведения выработок от изменения ($S_{п}$)- длины панели по простиранию. Это:

- наклонные выработки (бремсберги, уклоны, ходки) остаются постоянной длины при изменении (увеличении или уменьшении) размера панели по простиранию ($S_{п}$) и соответственно запасов панели. То есть, в задаче есть зависимость проведения наклонных выработок от размера $S_{п}$ (см. график зависимостей рис.3.3) – уменьшается.

- горизонтальные выработки (ярусные штреки) – они изменяются совместно с изменением параметра - $S_{п}$, запасы панели при этом возрастают пропорционально возрастанию $S_{п}$ и удельные затраты на проведение штреков будут постоянны (см. график зависимостей). Т.е. зависимость прямая.

- разрезные печи - они проводятся в каждом ярусе, т.е. на высоту всей панели, другими словами – это те же наклонные выработки и их изменение аналогично – уменьшается.

- затраты на монтаж и демонтаж оборудования лав – стоимость этих затрат постоянна и с изменением $S_{п}$ меняются только запасы и, соответственно, изменяется сам критерий .

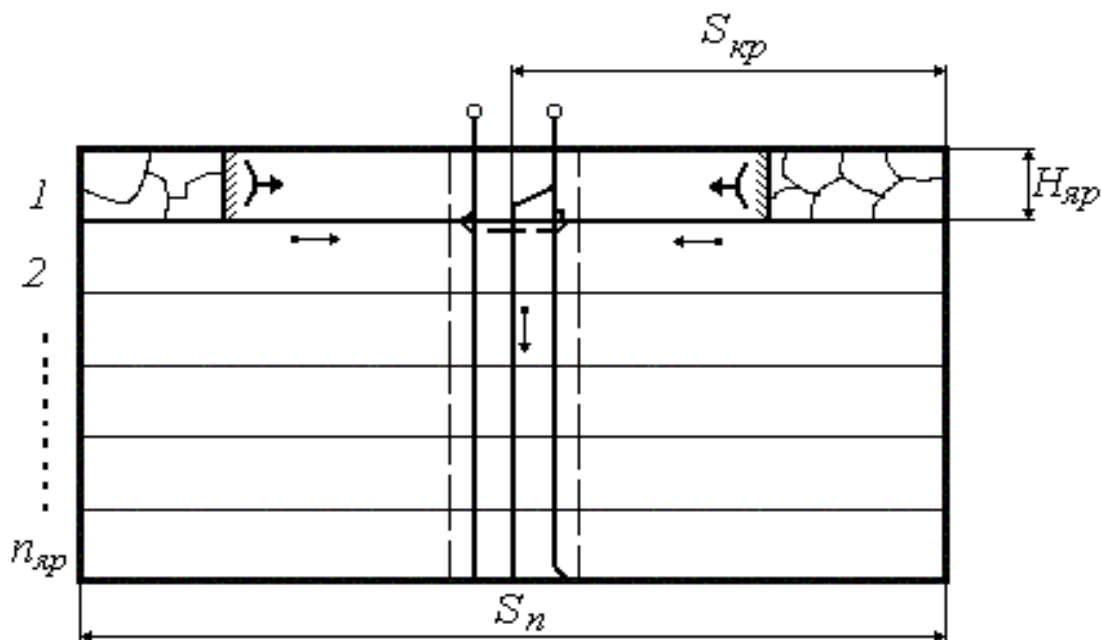


Рисунок 3.1 – Схема панели бремсберговой части шахтного поля

3.6.2 Определение стоимости поддержания выработок (R)

Для определения стоимости поддержания принимаются следующие виды затрат:

- поддержание наклонных выработок – длина их постоянна, а с изменением размера панели - $S_{п}$ будет изменяться только срок службы выработок – т.к. ($R=r*l*t$) их затраты с увеличением размера - $S_{п}$ будут также расти, т.к. увеличиваются они с увеличением $S_{п}$ – т.е. $t_{п}$ – постоянные. Необходимо отметить, что при определении затрат на поддержание выработок участвуют две переменных величины – l и t . (Если изменяется только одна из них, то общая величина затрат считается постоянной и если изменяются две величины, то общая величина считается переменной).

- поддержание горизонтальных выработок (ярусных штреков) – с изменением размера $S_{п}$, изменяется и l -длина штреков и t – срок службы штреков, то есть обе переменных зависят от увеличения размера панели и затраты на их поддержание растут также, несмотря на увеличение и запасов панели – т.к. они зависят от длины штреков, т.е. от $S_{п}$. (см. зависимость на графике) – увеличивается.

С точки зрения поддержания выработок сумма затрат либо постоянна (наклонные выработки), либо растет (ярусные штреки).

Со второго слагаемого можно сделать следующий вывод, что размер панели по простирацию - $S_{п}$ должен быть как можно меньшим.

3.6.3 Определение затрат на транспортирование груза (G)

Затраты на транспортирование определяются как по наклонным выработкам (бремсберги, уклоны), так и по горизонтальным выработкам (штреки):

- затраты на транспорт по наклонным выработкам – стоимость транспорта будет изменяться ступенчато и только в зависимости от запасов панели – т.е. от изменения размера - $S_{п}$. (Из двух переменных l и $Z_{п}$ изменяется только одна величина).

Таким образом, стоимость транспорта по наклонным выработкам остается постоянной.



Рисунок 3.2 – Схема вскрытия и подготовки шахтного поля

- затраты на транспорт по ярусным штрекам – зависит и от длины транспортирования - l и запасов панели - $Z_{п}$, т.е. растет с увеличением размера панели по простиранию.

(Транспорт по очистным забоям, в принципе, будет тоже постоянный, но он входит в затраты очистных работ).

3.6. 4 Определение стоимости затрат на водоотлив ($G_{вод}$)

Необходимо отметить, что водоотлив бывает организованный – т.е. с использованием трубопроводов, насосов (затраты электроэнергии) и неорганизованный – самотеком по устроенным канавкам (стоимость канавок входит в стоимость проведения выработок).

Применительно к бремсберговым частям панели и шахтного поля водоотлив происходит самотеком по наклонным и горизонтальным выработкам, и расходы на него отсутствуют. Но они имеют место в водоотливе уклонных частей панели их необходимо учитывать с отнесением к запасам угля рассматриваемой части панели.

3.6.5 Определение затрат на очистные работы в лаве

Расходы на выемку угля в лавах зависят от выемочных машин, от вида применяемой крепи, охраны выработок, способа управления кровлей и т.д. К нашему параметру - $S_{п}$ эти виды работ никакого отношения не имеют. Так как с изменением $S_{п}$ и изменяются $Z_{п}$ – запасы панели, которые нужно извлечь – т.е. затраты на выемку угля лавами постоянные. (Ведь нет никакой разницы, в каком месте панели будут вестись очистные работы по выемке угля).

3.6.6 Определение расходов на проветривание выработок ($C_{вент}$)

Под расходами на проветривание подразумеваются затраты на электроэнергию для вентиляторов, необходимую для преодоления сопротивления и подачи необходимого количества воздуха. Это зависит от нагрузки на очистной забой и газоносности пласта. Эти параметры к нашей задаче не имеют отношения.

С увеличением параметра $S_{п}$ удлиняются выработки, по которым необходимо транспортировать воздух. Таким образом, затраты будут зависеть от l – длины проветривания и t – срока проветривания и соответственно будут зависеть от размера панели по простиранию. Это:

- наклонные выработки – здесь затраты на проветривание постоянные, так они зависят только от срока службы выработки – т.е. изменяется только одна переменная и не зависят от параметра $S_{п}$.

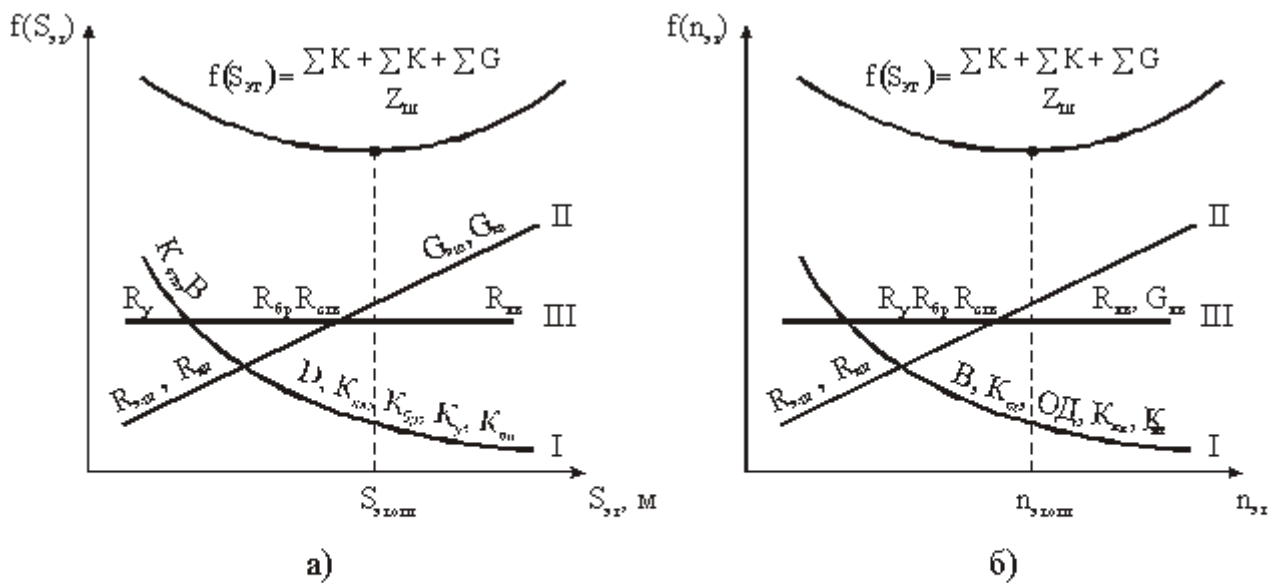


Рисунок 2. 1. Графики изменения величины удельных затрат от увеличения параметра:
 I – зависимость, где с увеличением переменной затраты уменьшаются;
 II – зависимость, где с увеличением переменной затраты увеличиваются;
 III – зависимость, где с увеличением переменной затраты постоянные

В отношении расходов на проветривание выработки при решении конкретных задач, следует иметь в виду, что они учитываются только в том случае, когда известно, что по интересующему нас направлению определяется депрессия шахты. В противном случае они не могут быть учтены, как функция параметра, а учитываются как общешахтные расходы.

Величина $C_{\text{вент}}$ – очень мала и она ощутимо не влияет на решение задачи (она раз в 20 меньше таких величин затрат, как K и R).

3.6.7 Установление существования оптимального значения параметров

Всестороннее изучение составляющих экономико-математической модели удельных затрат, критерия оптимальности и их зависимости от изменения оптимизируемого параметра дает возможность

четко представить себе важность данного параметра и наличие его оптимальной величины.

Если посмотреть на кривые зависимости нашего графика (рис.3.3), то не трудно убедиться, что применительно к рассматриваемому нами параметру, часть удельных эксплуатационных затрат с увеличением параметра (S_n) уменьшается, другая часть возрастает, а третья остается постоянной.

Наличие первых двух частей, в любой задаче, указывает на то, что данный параметр имеет ОПТИМАЛЬНУЮ величину по выделяемому критерию оптимальности.

Просуммировав затраты этих зависимостей мы получим новую кривую – суммарную зависимость. Наличие первых двух частей, в любой задаче, указывает на то, что данный параметр имеет ОПТИМАЛЬНУЮ величину по выделяемому критерию оптимальности. Нижняя точка данной кривой и определяет точечный ОПТИМУМ параметра решаемой нами задачи.

Таким образом, содержательное описание позволяет установить правомочность поставленной задачи по оптимизации параметра технологической схемы шахты или её звеньев.

4. Определение оптимальных размеров панели

Задача об определении размеров панели может возникнуть в следующих ситуациях или постановках:

1. Для действующей шахты, когда принимается решение на подготовку какой-то части шахтного поля – отработать одну или две панели.

Такая задача решается путем моделирования эксплуатационных затрат, необходимых для отработки только этой части шахтного поля.

Например, имеется шахтное поле, которое нужно доработать и возникает вопрос – сколько будет панелей, т.е. необходимо знать оптимальный размер панели по простиранию.

7 На действующей шахте при переходе на новый горизонт (при проведении реконструкции или без нее) принимается решение перейти из погоризонтной подготовки на панельную. Т.е. при известных размерах шахтного поля $S_{ш}$ и $H_{ш}$ – необходимо определить сколько панелей взять в оставшейся части шахтного поля или определить оптимальный размер панели. Задача решается путем моделирования затрат с отработкой запасов в пределах целого горизонта (или выемочной ступени шахты).

3. На стадии проектирования новой шахты, когда принимается решение о принятии панельной подготовки в шахтном поле.

В этой ситуации необходимо определить размеры шахтного поля, что аналогично определению размеров панели и количества панелей в шахтном поле.

Задача решается путем моделирования затрат, связанных с отработкой всех запасов шахтного поля (т.е. с учетом всех выработок).

Последняя задача носит название определение оптимальных размеров или запасов при панельной подготовке.

4.1 Составление экономико-математической модели удельных затрат для определения размеров панели

Рассматривается пример определения оптимальных размеров панели, как отдельно взятой части шахтного поля (1-й случай).

Последовательность решения подобных задач с применением экономико-математического моделирования изложена в разделе 2.

Для решения данной задачи также необходимо, в первую очередь, проводить анализ горно-геологических и горнотехнических параметров (исходных данных).

Так, при заданных горно-геологических условиях принимается система разработки, параметры выработок и способы их поддержания, нагрузка на лаву, количество ярусов в одновременной работе, длина лавы (или высота яруса) и др.

Для составления экономико-математической модели принята столбовая система разработки с отработкой длинными столбами по простиранию, отработка ярусов будет вестись обратным ходом, вентиляционный штрек (первый штрек панели) будет погашаться, а транспортный (откаточный) будет использоваться повторно, в качестве вентиляционного и охраняется буртовой полосой. Уклон и ходки будут углубляться ступенчато и охраняться целиками.

Наиболее целесообразным критерием оптимальности для решения задачи следует принять сумму удельных эксплуатационных затрат на проведение и поддержание выработок, транспорт, водоотлив и т.д. – т.е. по сути дела предпринимается взять функцию удельных затрат по оптимизируемым размерам панели.

Содержательное описание поставленной задачи, как пример, подробно рассмотрен в предыдущем разделе.

Для нашей задачи рассматривается уклонная панель, как часть шахтного поля.

Тогда постановка задачи, как целевая функция самой экономико-математической модели будет иметь следующий вид:

$$f(S_n, n_y) = \frac{K + R + G + G_{вод}}{Z_n} \rightarrow \min . \quad (4.1)$$

Составление экономико-математической модели удельных затрат проводится по принятому выше алгоритму.

4.1.1 Определение удельных затрат на проведение выработок

С точки зрения проведения выработок необходимо учитывать все виды затрат на их проведение по стоимостному выражению

а) Проведение уклонов и ходков.

$$f(S_n, n_y) = \frac{\sum K_y \cdot H_y \cdot n_y}{S_n \cdot H_y \cdot n_y \cdot p \cdot c} + \quad (4.2)$$

где $\sum K_y$ - суммарные затраты на проведение уклонов и ходков, грн;

H_y – высота ярусов, м;

n_y – количество ярусов в панели.

Таким образом произведение ($H_y \cdot n_y$) является общей длиной уклонов в панельной части шахтного поля или 1 для стоимостного выражения.

S_n – размер панели по простиранию, оптимизируемый параметр, м;

p – производительность пласта, т/м²;

c – коэффициент выемки угля.

В связи с тем, что мы моделируем удельные эксплуатационные затраты, т.е. полученные затраты на проведение делятся на запасы угля рассматриваемой панели, которые будут равны – $Z_n = S_n \cdot H_y \cdot n_y \cdot p \cdot c$.

В дальнейшем формализованную запись модели мы будем выполнять по её составляющим частям.

б) Проведение ярусных штреков.

$$\boxed{+ \frac{K_{шт} \cdot \overbrace{S_n (n_y + 1)}^l}{S_n \cdot H_y \cdot n_y \cdot p \cdot c} +} \quad (4.3)$$

в) Проведение разрезных печей.

$$\boxed{\frac{K_{pn} \overbrace{H_{я} n_{я} n_{крл}}^l}{S_n H_{я} n_{я} pc} +} \quad (4.4)$$

где $n_{крл}$ - количество крыльев панели, находящихся в работе.

г) Монтаж-демонтаж оборудования в лаве.

$$\boxed{\frac{K_{мд} n_{я} n_{крл}}{S_n H_{я} n_{я} pc} +} \quad (4.5)$$

Зависимость данных видов удельных затрат соответствует тому, что они изменяются – *уменьшаются* (затраты на проведение уклонов, разрезных печей, монтаж-демонтаж оборудования) с изменением оптимизируемых параметров. Сами оптимизируемые параметры находятся в знаменателе выражения.

4.1.2 Определение удельных затрат на поддержание выработок.

В данной задаче мы рассматриваем поддержание уклонов и ходков, а также ярусных штреков. При чем ярусных штреков с их повторным использованием, а уклонов – без учета влияния очистных работ. (Для этого над уклонами проводят разгрузочную лаву или оставляют целики таких размеров, что влияние очистных работ не сказывается).

а) Поддержание уклонов и ходков панели.

$$\boxed{\frac{\sum r_{1y} \cdot H_{я} \overbrace{\frac{n_{я}}{2} (n_{я} + 1)}^l \cdot \cancel{\lambda_{я}}}{A_{я} \cdot n_{я} \cdot \cancel{\lambda_{я}}} +} \quad (4.6)$$

В затратах на поддержание, для упрощения выражения, запасы угля панели (Z_{n_2}), выраженные ранее через линейные размеры можно заменить добычу, т.е. через годовую нагрузку на ярус и количество лет отработки

$$\text{ки самого яруса } t_{я} = \frac{S_n}{2V_0}.$$

Из стоимостных параметров известно, что срок службы яруса зависит от скорости подвигания очистного забоя – V_0 . Тогда запасы панели будут равны $\boxed{A_{я} \cdot n_{я} \cdot t_{я}} = \boxed{A_n \cdot t_n}$, а нагрузку на ярус – $A_{я}$ определяется как нагрузка на лаву. Если в ярусе работает одновременно две лавы, то берется суммарная нагрузка лав.

б) Поддержание ярусных штреков.

Верхний (первый) штрек яруса будет поддерживаться только в массиве угля; нижний штрек яруса (второй) и т.д. – будут поддерживаться два раза. Как транспортный первый раз, а затем как вентиляционный – второй раз. Последний ярусный штрек панели будет поддерживаться тоже в массиве угля. Для четкого учета влияния очистных работ на ярусные штреки учет затрат необходимо проводить по зонам их поддержания и запись этих составляющих частей модели производится отдельно.

$$\boxed{\frac{r_{1ш} \cdot \frac{S_n}{2} \cdot t_{я} (m_{я} + 1)}{A_{я} \cdot n_{я} \cdot t_{я}}} + \quad (4.7)$$

Количество ярусных штреков при поддержании их в массиве будет на *один* больше, чем количество ярусов в панели ($n_{я}$) и поэтому запись в числителе выражения будет – $(n_{я} + 1)$.

Такой вид имеет запись удельных затрат на поддержание ярусных штреков в *первой* зоне.

$$\boxed{\frac{r_{2ш} \cdot S_n \cdot (n_{я} + 1)}{S_n \cdot H_{я} \cdot n_{я} \cdot \rho \cdot c}} + \quad (4.8)$$

Так выглядит запись удельных затрат поддержания ярусных штреков во *второй* зоне от влияния очистных работ при первичном поддержании.

$$\boxed{+\frac{r_3 \cdot S_n \cdot (n_{\text{я}} - 1)}{S_n \cdot H_{\text{я}} \cdot n_{\text{я}} \cdot \rho \cdot c} +} \quad (4.9)$$

Так выглядит запись удельных затрат поддержания ярусных штреков в *третьей* зоне от влияния очистных работ. (Количество штреков в скобках $(n_{\text{я}} - 1)$ записано потому, что 1-й и n -й (последний) не надо поддерживать в этих зонах, т.е. количество поддерживаемых штреков будет на 2 меньше, чем поддержание их в *первой* и *второй* зоне).

$$\boxed{+\frac{r_4 \cdot \frac{S_n}{2} \cdot \cancel{A_{\text{я}}} \cdot (n_{\text{я}} - 1)}{A_{\text{я}} \cdot n_{\text{я}} \cdot \cancel{A_{\text{я}}}} \cdot 2 +} \quad (4.10)$$

Так выглядит запись удельных затрат на поддержание ярусных штреков в *четвертой* зоне – зоне установившегося горного давления.

Но, транспортные штреки используются повторно и поэтому удельные затраты на поддержание их в *4-й* зоне необходимо учитывать еще один раз, т.е. можно *удвоить* приведенные удельные затраты на поддержание ярусных штреков в этой зоне.

При повторном использовании ярусных штреков необходимо также вторично *учитывать вторую* зону. Эта составляющая будет отличаться от составляющей первичного использования тем, что в числителе будет принято на *два* штрека меньше (первый и последний ярусные штреки повторно не используются) – т.е. $(n_{\text{я}} - 1)$.

$$\boxed{+\frac{r_{2ш} \cdot S_n \cdot (n_{\text{я}} - 1)}{S_n \cdot H_{\text{я}} \cdot n_{\text{я}} \cdot \rho \cdot c} +} \quad (4.11)$$

(В дальнейшем эти две записи, при полном их разложении взаимно сокращаются, так как в 1-м случае $(n_{я}+1)$, а во 2-м случае запись $-(n_{я}-1)$, поэтому суммы этих удельных затрат в дальнейшем учитываться не будут, но вести формализованную запись модели необходимо).

Зависимость этих составляющих удельных затрат на поддержание ярусных штреков соответствует тому, что они изменяются – *увеличиваются* (затраты на поддержание уклонов и ходков, ярусных штреков) с изменением оптимизируемых параметров. Сами оптимизируемые параметры (S_n и $H_{я}$) находится в этом случае в числителе выражения.

4.1.3 Определение удельных затрат на транспортирование груза по выработкам.

Составляющие для экономико-математической модели будут следующие виды затрат:

а) Транспорт груза по уклону.

(Удельные затраты на водоотлив определяется аналогично затратам на транспорт и для упрощения запись этих составляющих можно совместить).

$$\boxed{+ \frac{(g_{2y} + g_{2y}^{вод}) \cdot H_{я} \cdot \frac{n_{я}}{2} (\frac{n_{я}}{2} + 1) \cdot Z_{я}}{Z_{я} \cdot n_{я}} +}$$

(4.12)

$$\boxed{+ \frac{g_{2ш} \cdot \frac{S_n}{4} \cdot Z_{я} \cdot n_{я}}{Z_{я} \cdot n_{я}} \rightarrow \min}$$

б) Транспорт груза по ярусному штреку.

(4.13)

4.2 Установление наличия оптимальности параметров и пути решения экономико-математической модели

Окончательная суммирующая запись составных частей модели удельных затрат и есть сама экономико-математическая модель определения оптимальных размеров панели, в которой целевая функция должна стремиться к *min*.

Рассмотрим, соответствует ли наше содержательное описание задачи к составленной модели. Так, оптимизируемый параметр – размер панели по простиранию (S_n) участвует почти во всех составных частях модели. И если рассмотреть удельные затраты на проведение, то S_n находится в знаменателе – т.е. удельные затраты уменьшаются с увеличением оптимизируемого параметра.

При удельных затратах на поддержание выработок (в математической записи) параметр S_n находится в числителе, то это приводит к увеличению удельных затрат с увеличением оптимизируемого параметра, а если этого параметра нет ни в числителе, ни в знаменателе – то удельные затраты этих составляющих модели остаются постоянными при изменении оптимизируемого параметра.

Принятый критерий оптимальности к размеру панели по падению (H_n)

менее чувствителен чем к параметру S_n , так при удельных затратах на проведение эта чувствительность в 3 раза меньше.

Как видно, структура экономико-математической модели такова, что явно выделяется 3 вида слагаемых удельных затрат:

- Одна часть – уменьшается с увеличением размера панели по простиранию;
- Вторая часть – увеличивается при тех же изменениях;
- Третья часть – остается постоянной.
-

Отсюда следует, что тот и другой параметр имеют оптимальную величину.

Если выразить в общем виде целевую функцию экономико-математической модели, то мы получим следующую зависимость.

$$f(S_n, n_j) = \frac{c_1}{S_n} + c_2 S_n + \frac{c_3}{n_j} + c_4 n_j + c_5 \frac{S_n}{n_j} + c_6 \rightarrow \min$$

(4.14)

Для случая, когда штреки повторно не используются, 5-й слагаемый будет отсутствовать ($c_5 \frac{S_n}{n_y}$).

При повторном использовании штреков наличие 5-го слагаемого приводит к тому, что взятие частных производных дает очень сложные два уравнения с 2-мя неизвестными, которые решаются только путем подстановки одного неизвестного вместо другого. Затем в последовательном переборе вариантов ищут, приближающую численную величину целевой функции к 0.

Такая ситуация возникает при записи затрат на поддержание. Так она имеется в зоне $-r_2$, но они взаимно сокращаются. Оставшееся составляющая имеется в зонах r_1 и r_4 – но при r_1 это отношение со знаком «+», а при записи r_4 – идет знак «-». Если они по численному выражению близки, то они сокращаются. Таким образом, и в расчетах, округляя эти значения, можно на 5-е слагаемое и не обращать внимания. Это слагаемое существенно не влияет на полученный результат из-за его очень малого численного значения по сравнению с остальными удельными затратами самой модели.

Тогда решение такой модели достигается путем взятия частных производных по S_n и n_y , приравняв их к 0.

В результате получается два уравнения с 2-мя неизвестными, которые легко решаются либо графоаналитическим методом или графическим методом.

ЛЕКЦИЯ № 11

5. Определение оптимальной высоты выемочной ступени.

Под оптимальной высотой выемочной ступени понимается наклонная высота части шахтного поля, обрабатываемая на один вскрываемый горизонт длинными столбами по восстанию или падению и обеспечивающая минимальные удельные расходы, связанные с добычей угля, независимо от схемы вскрытия.

5.1 Постановка задачи

Рассматривается самый простой случай определения оптимальной высоты выемочной ступени, встречающийся в технологии выемки угля при отработке её длинными столбами по падению.

Задачу имеет смысл решать при следующих ситуациях:

1. При известном размере шахтного поля по простиранию необходимо установить, на какую оптимальную наклонную высоту прирезать нижнюю уклонную часть шахтного поля, или какой высоты взять одну только верхнюю (бремсберговую) часть шахтного поля.

2. При известном размере шахтного поля по простиранию требуется найти оптимальный размер шахтного поля по падению при погоризонтной подготовке.

3. Необходимо найти оптимальный размер шахтного поля по простиранию и по падению при погоризонтной подготовке.

Рассмотрим частную задачу, когда определяется оптимальный размер *выемочной ступени*, как отдельно взятой части шахтного поля.

Порядок решения данной задачи остается таким же, что и для всех задач с применением экономико-математического моделирования.

В данном случае выделим наиболее главные части алгоритма решения задачи, где необходимо определить оптимальную высоту выемочной ступени при минимальных затратах, связанных с добычей угля.

5.2 Содержательное описание задачи

Для того, чтобы установить может ли оптимизироваться данный параметр поставленной задачи составляем содержательное описание задачи и составляем экономико-математическую модель эксплуатационных затрат на подготовку самой выемочной ступени, т.е. рассматриваем три основных вида затрат: *на проведение, поддержание и транспорт*.

Рассмотрим зависимости видов затрат от изменения оптимизируемого параметра – высоты выемочной ступени, согласно принятой схемы.

Для отработки выемочной ступени необходимо провести: *магистральный (основной) штрек*, и длина его от высоты ступени не зависит.

С увеличением высоты ступени увеличиваются запасы данной части шахтного поля, а удельные затраты на проведение магистрального штрека будут *уменьшаться*.

Удельные затраты на проведение *выемочных наклонных выработок* будут изменяться с изменением высоты ступени – пропорционально, т.е. они будут *постоянны*.

Удельные затраты на проведение *разрезных печей* и *монтаж-демонтаж оборудования* в лавах проводится только один раз и при увеличении – $H_{в.с.}$ (т.е. это приводит к приросту запасов угля). Таким образом, удельные затраты этих слагаемых будут *снижаться*.

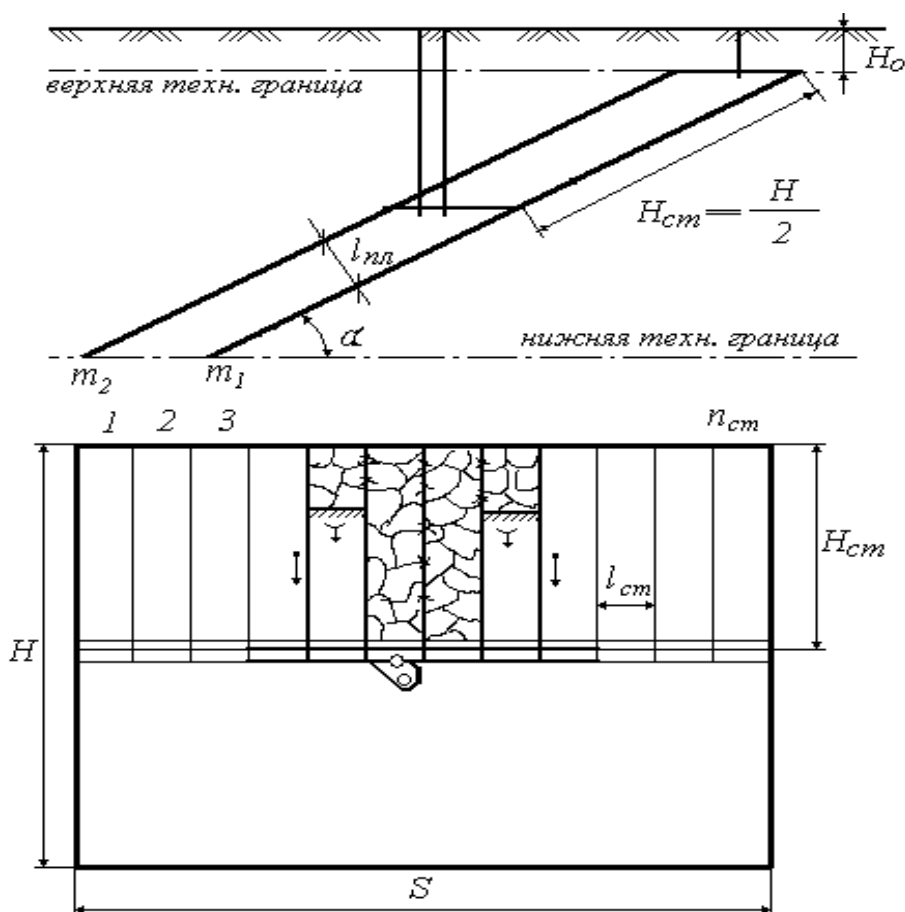


Рисунок 5.1 – Схема вскрытия и подготовки шахтного поля

Удельные затраты на *поддержание* магистрального (основного) штрека при увеличении $H_{в.с.}$ будут постоянны, т.к. с увеличением $H_{в.с.}$ увеличивается только *срок* поддержания – t , а длина его остается неизменной (т.е. изменяется только одна переменная величина).

Удельные затраты на *поддержание* наклонных выемочных выработок с увеличением высоты выемочной ступени - $H_{в.с.}$ будут *расти*.

Так как затраты на поддержание будут увеличиваться из-за увеличения *длины* выработки и *срока* отработки самой панели, т.е. *срока* поддержания наклонной выработки.

Аналогично и удельные затраты на *транспорт* груза – по *магистральному* штреку будут *постоянные*, а по наклонным транспортным выработкам будут *увеличиваться* с увеличением высоты выемочной ступени.

Таким образом, из рассматриваемых изменений удельных затрат (их увеличения и уменьшения) при увеличении оптимизируемого параметра ($H_{в.с.}$), видно, что оптимизируемый параметр имеет *оптимальное* значение.

5.3 Выбор критерия оптимальности

При рассмотрении вариантов выбора возможных критериев оптимальности в качестве критерия оптимальности можно принять:

- 1. Сумму эксплуатационных и приведенных капитальных вложений – $C + EK$;
- 2. Сумму эксплуатационных расходов – C .

В отношении 1-го критерия можно отметить следующее: в качестве капитальных вложений будут выступать только затраты на проведение магистральных штреков. Это может быть верхний и нижний или верхний и два нижних или только два нижних магистральных штрека. Так или иначе, эти капитальные вложения включаются в эксплуатационные расходы через потонную ставку.

Таким образом, остается определить значение EK , которое через коэффициент E автоматически становится в 10 раз меньше, а будучи отнесенной к добыче шахты, становится малой величиной, неощутимой к другим удельным затратам.

На основании этого можно сделать вывод, что большой разницы между 1-м и 2-м критериями оптимальности нет, и поэтому для решения

этой задачи примем второй критерий оптимальности – C (суммарные эксплуатационные затраты).

5.4 Исходные данные к составлению экономико-математической модели удельных затрат

Исходными данными для такой модели будут: нагрузка на пласт (на выемочную ступень), на лаву, количество одновременно работающих лав, направление отработки пласта по падению или восстанию, система разработки, способ поддержания выработок, направление проведения выработок и др.

Для нашей задачи принимаем: нагрузка на выемочную ступень – $A_{в.с.}$, система разработки – *сплошная*, выемочные выработки *сохраняются повторно*, количество одновременно работающих лав (выемочных ступеней) – 2, направление отработки выемочных ступеней – *со середины* шахтного поля к его боковыми границам.

(Стыковка лав может быть различной – работа на одну выработку или через целик длиной, равной длине лавы, с последующей его отработкой).

5.5 Составление экономико-математической модели удельных затрат

Составные части экономико-математической модели записываются в следующей последовательности:

5.5.1 Затраты на проведение выработок

а) Стоимость удельных затрат на проведение магистрального штрека

$$\frac{\sum K_{м.ш.} \cdot S}{S \cdot H_{в.с.} \cdot p \cdot c} +$$

(5.1)

б) Удельные затраты на проведение наклонных выемочных выработок

(5.2)

$$\boxed{K_{в.в.} \cdot H_{в.с.} \cdot \left(\frac{S}{l_l} + 1\right) + \frac{S \cdot H_{в.с.} \cdot p \cdot c}{S \cdot H_{в.с.} \cdot p \cdot c} +}$$

(В данном случае количество наклонных выработок выемочных ступеней будет равно частному от деления длины шахтного поля – S на длину лавы – l_l и плюс крайняя выработка - +1, так как принято повторное использование наклонных выработок).

в) Удельные затраты на проведение разрезных печей и монтаж-демонтаж оборудования в лаве.

$$\boxed{+ \frac{K_{р.п.} \cdot S}{S \cdot H_{в.с.} \cdot p \cdot c} +}$$

$$\boxed{+ \frac{K_{м-д} \cdot \frac{S}{l_l}}{S \cdot H_{в.с.} \cdot p \cdot c} +}$$

(5.3 и 5.4)

Сравниваем проведенную запись затрат на проведение выработок с содержательным описанием – т.е. затраты на проведение магистрального штрека, разрезных печей и монтаж-демонтаж оборудования – *снижаются*, а затраты на проведение бортовых выработок остаются – *постоянные*.

Если рассматривать только удельные затраты на проведение выработок и монтаж-демонтаж оборудования, то можно отметить, что с точки зрения

этих затрат размер выемочной ступени должен быть как можно больше, так как эти затраты будут уменьшаться.

Примечание. В зависимости от принятой схемы проведения и использования магистральных штреков имеет смысл считать, что они не подвергаются влиянию очистных работ (т.е. проводить штреки в массиве или пройти разгрузочную лаву, а затем их проводить в установившемся выработанном пространстве).

5.5.2 Затраты на поддержание выработок выемочной ступени.

а) Удельные затраты на поддержание магистральных штреков.

$$\boxed{+ \frac{r_{1.ми} \cdot S \cdot t_{в.с.}}{A_{в.с.год} \cdot t_{в.с.} \cdot 2} +}$$

(5.5)

(При отработке 2-х крыльев шахтного поля одновременно срок поддержания будет равен сроку отработки одного крыла)

$$\boxed{+ \frac{\sum r_{1.ми} \cdot l_l \left(\frac{n_{см}}{2} + 1 \right) \cdot t_{см} \cdot \frac{n_{см}}{2}}{2A_l \cdot t_{см} \cdot n_{см}} +}$$

(5.6)

$$l_H = l_L$$

$$l_K = (n_{столбов} / 2) l_L$$

$$l_{ср} = (l_H + l_K) / 2$$

(Эту запись запасов выемочной ступени выражают через длину лавы, нагрузку на лаву и срок отработки ступени).

б) Удельные затраты на поддержание наклонных выемочных выработок

$$\boxed{+ \frac{r_{2в.в.} \cdot H_{в.с.} \cdot (2n_{см} - 1)}{l_l \cdot H_{в.с.} \cdot n_{см} \cdot p \cdot c} +}$$

(5.7)

где $n_{ст} = S/l_L$, сами наклонные выработки используются повторно, т.е.

они поддерживаются в зоне 2, 3 и 4.

Первое поддержание - зоны 2, 3 и 4 - $n_{ст.} + 1$

Второе поддержание - зоны 2, 3 и 4 - $n_{ст.} - 2$

Всего: $2n_{ст.} - 1$

Такая запись учитывает поддержание самых крайних участков

$$\boxed{+ \frac{r_{3в.в.} \cdot H_{в.с.} \cdot (2n_{см} - 1)}{l_{л.} \cdot H_{в.с.} \cdot n_{см} \cdot p \cdot c} +}$$

$$\boxed{+ \frac{r_{4.в.в.} \cdot H_{в.с.} \cdot t_{см} \cdot (2n_{см} - 1)}{2 \cdot A_{л.} \cdot n_{см} \cdot t_{см}} +}$$

(5.8 и 5.9)

центральную часть выработки. (За время отработки выемочной ступени - $t_{ст.}$ отрабатывается 2 лавы, согласно принятой схеме).

Рассматривая удельные расходы на поддержание выработок нетрудно убедиться, что при данной системе разработки по отношению к размеру выемочной ступени изменяются только расходы на поддержание наклонных выемочных выработок в зоне устойчивого горного давления – 4 зона, а все остальные расходы остаются постоянными.

По общему виду изменения затрат, можно отметить, что чем больше размер выемочной ступени, тем и удельные расходы на поддержание выработок будут большими.

5.5.3 Затраты на транспорт груза по выработкам.

а). Удельные затраты на транспорт по магистральным штрекам.

$$+ \frac{g_{2ми} \cdot S \cdot Z_{в.с.}}{Z_{в.с.} \cdot 4} + \quad (5.10)$$

б). Удельные затраты на транспорт груза по наклонным выемочным выработкам.

$$+ \frac{g_{2в.в.} \cdot H_{в.с.} \cdot Z_{в.с.} \cdot n_{см}}{Z_{см} \cdot n_{см} \cdot 2} \rightarrow \min . \quad (5.11)$$

По отношению удельных затрат к транспорту грузов можно сделать следующий вывод, что удельные расходы на транспорт при увеличении размера выемочной ступени будут увеличиваться, т.е. аналогично расходам на поддержание.

5.5.4 Общий вид и порядок решения экономико-математической модели удельных затрат

Таким образом, учтенные нами удельные затраты дают возможность систематизировать в общем целевую функцию в следующий вид:

$$f(H_{в.с.}) = \frac{C_1}{H_{в.с.}} + C_2 H_{в.с.} + C_3 \rightarrow \min . \quad (5.12)$$

Целевая функция экономико-математической модели подчиняется её содержательному описанию. Для того чтобы найти оптимальное значение функции необходимо взять первую производную по оптимизируемому параметру и приравнять ее к нулю и будем иметь уравнение следующего вида

$$- C_1 / H_{в.с.}^2 + C_2 . \quad (5.13)$$

Из полученного уравнения получаем выражение определения оптимальной высоты выемочной ступени, которое имеет следующий вид

$$H_{в.с.} = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} . \quad (5.14)$$

Значения C_1 и C_2 определяются по стоимостным параметрам на принятые виды работ при составлении экономико-математической модели удельных затрат на эти работы.

6. Определение высоты горизонта при многогоризонтной схеме вскрытия

Под оптимальной высотой горизонта понимается наклонная высота части шахтного поля, отрабатываемая на один вскрываемый горизонт и обеспечивающая минимальные удельные расходы, связанные с добычей угля [3].

Имеет смысл говорить об оптимальной высоте горизонта при многогоризонтном вскрытии шахтного поля вертикальными стволами и погоризонтными квершлагами (рис. 6.1).

Задача имеет смысл для следующих случаев:

1. Определение высоты горизонта или шага углубки стволов для последующего горизонта отдельно взятого.
2. Определение высоты первого горизонта при проектировании шахты.
3. Определение размеров шахтного поля по падению при многогоризонтной схеме вскрытия.

Рассмотрим первый случай определения высоты горизонта.

Для такой задачи характерно наличие окоlostвольного двора на каждый горизонт, за исключением последнего (если отрабатывается уклонная часть поля).

Задача может быть решена при следующих параметрах: нагрузка на лаву, количество одновременно работающих лав, длина лавы или высота этажа, система разработки и т.д.

В качестве переменного может быть непосредственно высота горизонта – H_z или количество этажей – $n_{эм}$.

Если мы рассматриваем задачу, как отдельно взятый горизонт, то смысл содержательного описания сводится к следующему анализу удельных затрат:

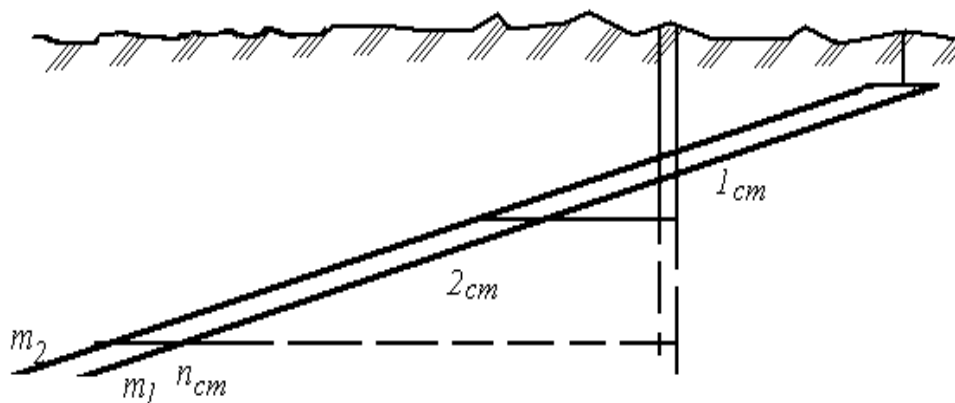


Рисунок 6.1 – Многогоризонтная схема вскрытия шахтного поля

1. Удельные затраты на проведение выработок.

- - Удельные затраты на проведение стволов остаются постоянными, с изменением $n_{эм}$.
- - Удельные затраты на подготовку околоствольного двора будут уменьшаться, т.к. определяются добычей.
- При подготовке к углубки удельные затраты тоже уменьшаются.
- Проведение штреков, наклонных выработок (бремсбергов, ходков, разрезных печей), монтаж-демонтаж оборудования в лаве и т.д. будут постоянными, в выражении через удельные затраты.

2. Удельные затраты на поддержание выработок.

- – Удельные затраты на поддержание при изменении $n_{эм}$ будут изменяться только при изменении длины и срока поддержания.

По принятой технологической цепочке это будет происходить только для наклонных и вертикальных (стволы) выработок – т.е. удельные затраты будут расти, а остальные будут постоянными.

3. Удельные затраты на транспортирование груза.

- Изменение удельных затрат с изменением $n_{эм}$ аналогично, как и при поддержании.

Для составления экономико-математической модели за основу примем 2-й горизонт. Бремсберговая часть поля при столбовой системе разработки с погашением штреков вслед за лавой, т.е. каждый этаж подготавливается новой парой штреков.

Целевая функция экономико-математической модели удельных затрат определения оптимального количества этажей в горизонте – ($n_{эм}$) будет иметь следующий вид:

$$f(N_{ээ}) = \frac{K + R + G + G_{вод}}{Z_{и}} \rightarrow \min. \quad (6.1)$$

Экономико-математическая модель удельных затрат составляется согласно принятому ранее алгоритму.

6.1 Затраты на проведение горных выработок и сооружений

а) Удельные затраты на проведение стволов.

$$\boxed{= \frac{\sum K_{ств} \cdot n_{э} \cdot H_{э} \cdot \sin \alpha}{S \cdot n_{э} \cdot H_{э} \cdot pc} +}$$

(6.2)

$$\boxed{+ \frac{B_{угл}}{S \cdot n_{э} \cdot H_{э} \cdot pc} +}$$

б) Удельные затраты на подготовку к углубки ствола.

(6.3)

в) Удельные затраты на проведение околоствольного двора.

$$\boxed{+\frac{D_{o.д.}}{S \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}} pc} +}$$

(6.4)

г) Удельные затраты на проведение бремсбергов.

$$\boxed{+\frac{K_{\text{бр}} \cdot (n_{\text{э}} - 1) \cdot H_{\text{э}}}{S \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}} pc} +}$$

(6.5)

д) Удельные затраты на проведение бремсберговых ходков.

$$\boxed{+\frac{K_{\text{б.х.}} \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}}}{S \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}} pc} +}$$

(6.6)

е) Удельные затраты на проведение этажных штрехов.

$$\boxed{+\frac{\sum K_{\text{шт}} \cdot n_{\text{э}} \cdot S}{S \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}} \cdot pc} +}$$

(6.7)

ж) Удельные затраты на монтаж-демонтаж оборудования в лаве.

(6.8)

$$\boxed{+\frac{K_{\text{м-д}} \cdot n_{\text{э}} \cdot n_{\text{кр}}}{S \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}} \cdot pc} +}$$

6.2 Затраты на поддержание горных выработок и сооружений

а) Удельные затраты на поддержание стволов

(6.9)

$$\boxed{+ \frac{r_{1cm} \cdot n_{\vartheta} \cdot \sin \alpha \cdot t_{\Gamma}}{A_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma}} +}$$

б) Удельные затраты на поддержание околоствольного двора

$$\boxed{+ \frac{\Delta D_{o.d.} \cdot t_{\Gamma}}{A_{\Gamma} \cdot t_{\vartheta}} +}$$

(6.10)

в) Удельные затраты на поддержание бремсбергов

$$\boxed{+ \frac{r_{1\delta p} \cdot H_{\vartheta} \cdot t_{\vartheta} \cdot \frac{n_{\vartheta}}{2} (n_{\vartheta} - 1)}{A_{\vartheta} \cdot n_{\vartheta} \cdot t_{\vartheta}} +}$$

(6.11)

г) Удельные затраты на поддержание бремсберговых ходков

$$\boxed{+ \frac{\sum r_{1\delta p.x} \cdot H_{\vartheta} \cdot n_{\vartheta} \cdot t_{\Gamma}}{A_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma}} +}$$

(6.12)

$$\boxed{+\frac{\sum r_{1ш} \cdot \frac{S}{2} \cdot n_{\text{э}} \cdot t_{\text{э}}}{A_{\text{э}} \cdot t_{\text{э}} \cdot n_{\text{э}}} + \frac{\sum r_{2ш} \cdot S \cdot n_{\text{э}}}{S \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}} \rho c} +}$$

д) Удельные затраты на поддержание этажных штреков (6.13)

6.3 Затраты на транспорт груза и водоотлив по выработкам.

а) Удельные затраты на транспорт груза и водоотлив по стволу
ё

$$\boxed{+\frac{(g_{2смв} + g_{2смв}^{вод}) \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}} \cdot \sin \alpha \cdot Z_{\Gamma}}{Z_{\Gamma}} +}$$

(6.14)

б) Удельные затраты на транспорт по бремсбергу

$$\boxed{+\frac{g_{2бр} \cdot H_{\text{э}} \cdot \frac{n_{\text{э}}}{2} \cdot (n_{\text{э}} - 1) \cdot Z_{\text{э}}}{Z_{\text{э}} \cdot n_{\text{э}}} +}$$

(6.15)

в) Удельные затраты на транспорт по этажным штрекам

$$\boxed{g_{2um} \cdot \frac{S}{4} \cdot n_3 \cdot Z_3} + \frac{\quad}{Z_3 \cdot n_3} \rightarrow \min . \quad (6.16)$$

6.4 Общий вид и решение экономико-математической модели удельных затрат

Таким образом, учтенные нами виды удельных затрат, как и в предыдущей задаче, указывают на то, что данный параметр (H_r) может быть оптимизирован с применением экономико-математического моделирования.

Составные части модели дают возможность систематизировать её и получить целевую функцию, имеющую следующий вид:

$$f(H_2) = \frac{C_1}{H_2} + C_2 H_2 + C_3 \rightarrow \min . \quad (6.17)$$

Для того чтобы найти оптимальное значение высоты горизонта при многогоризонтной схеме вскрытия, как и в предыдущей задаче, необходимо взять первую производную по целевой функции оптимизируемого параметра и приравнять ее к нулю.

Тогда оптимальная высота выемочной ступени будет определена из выражения

$$- C_1 / H_2^2 + C_2 . \quad (6.18)$$

и будет иметь следующий вид

$$H_2 = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} . \quad (6.19)$$

Значения C_1 и C_2 так же определяются по стоимостным параметрам затрат на принятые виды работ при составлении экономико-математической модели удельных затрат на эти работы.

7. Оптимизация размеров шахтного поля или величины запасов при известной годовой добыче

Если рассматривать данную задачу с точки зрения размеров шахтного поля, то необходимо в первую очередь обращать внимание на те затраты, которые собственно и меняются с изменением линейных размеров шахтного поля. Именно в этом состоит физический смысл задачи.

Если же решать задачу с точки зрения запасов шахтного поля, то здесь физический смысл несколько видоизменяется, а именно: запасы должны быть такими, чтобы за ограниченный срок службы шахты вложенные капитальные затраты окупались полностью.

Кроме того, за весь срок службы шахты должна быть минимальная себестоимость угля и минимальные потери, которые обязательно должны учитываться через экономическую оценку потерь (в охранных барьерах-целиках, некондиционных пластов, эксплуатационных потерях и потерях на выходах пластов).

В первом ориентированном определении эти задачи имеют общее понятие, т.е. они определяются минимальной себестоимостью. Но в то же время, их различие состоит в том, что если в первом случае при определении размеров шахтного поля потери можно не учитывать, то при определении запасов шахтного поля потери учитывать надо обязательно.

7.1. Принцип и последовательность составления экономико-математических моделей при оптимизации размеров шахтного поля.

Основные исходные данные для составления оптимальных размеров шахтного поля сводятся к следующему:

В шахтном поле пологие пласты, вскрытие одногоризонтными вертикальными стволами и капитальным квершлагом, подготовка шахтного поля – этажная (рис.7.1); известны - нагрузка на шахту, пласт, этаж и очистной забой, система разработки – столбовая, высота этажа и т.д.

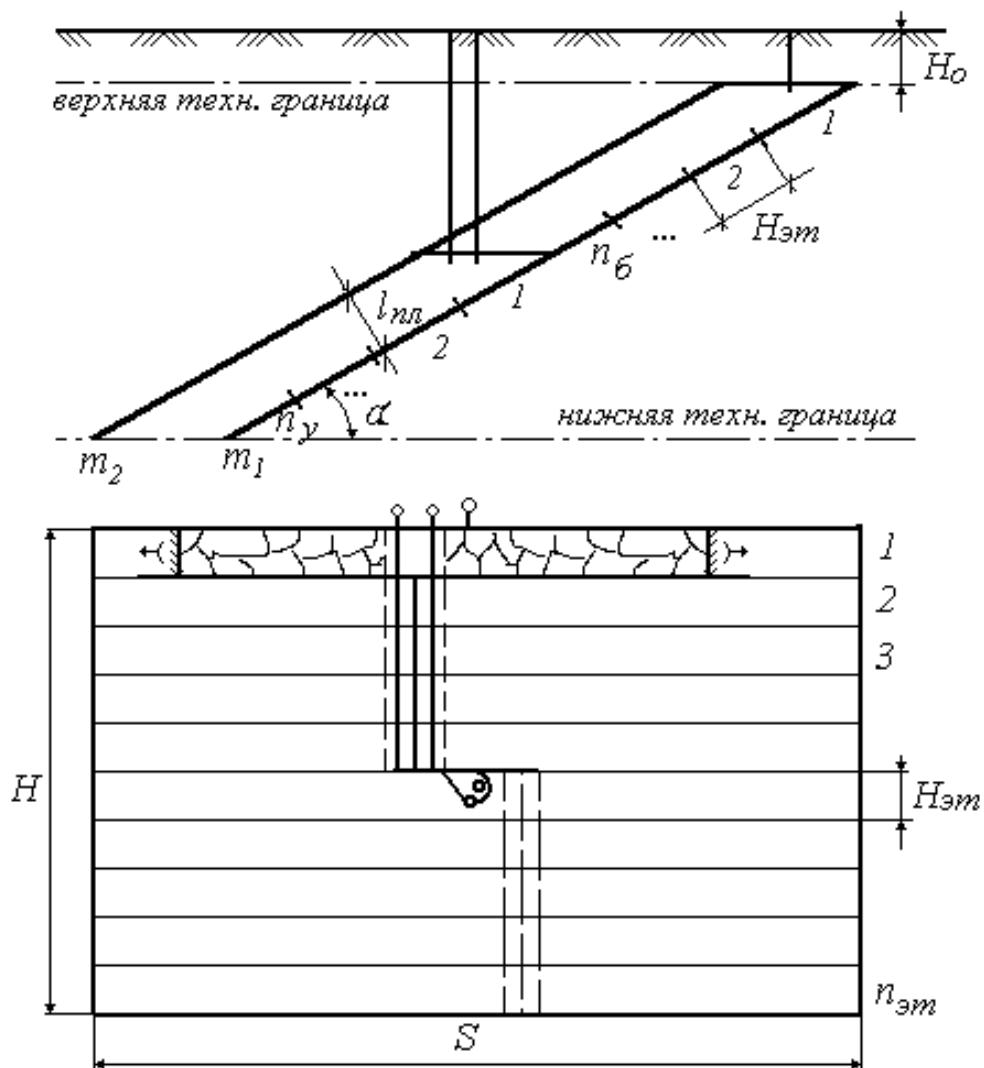


Рисунок 7.1 – Схема вскрытия и подготовки шахтного поля

Для рассмотрения данной задачи принимаем два пласта, для того чтобы было больше составных частей в экономико-математической модели.

Бремсберговая и уклонная части шахтного поля между собой равны. Принята столбовая система разработки (рис.7.2) – столбы по простиранию с погашением обоих штреков вслед за продвижением лавы – т.е. для каждого этажа необходима новая пара штреков. В каждом этаже работает 2 лавы, а на 2-х пластах в одновременной работе находится 4 лавы.

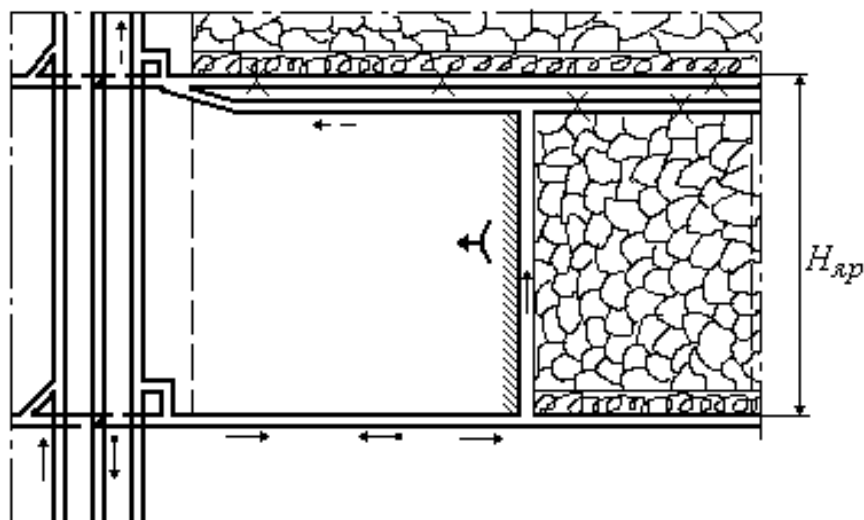


Рисунок 7.2 – Столбовая система разработки.

С точки зрения критерия оптимальности в данном случае более правильным было бы принять за критерий сумму эксплуатационных и приведенных капитальных вложений – $C+EK$.

Но для учебных целей и для упрощения записи модели принимаем за критерий оптимальности сумму удельных эксплуатационных расходов (C), куда автоматически входят и капитальные вложения через потонную ставку.

И для данной задачи этот критерий может быть главным, т.к. капитальные вложения в будущем будет только проведение уклонов, но их длительный срок службы и отнесение на запасы шахтного поля дают очень малые значения.

Например: Если стоимость уклонов примерно равна 4 млн. руб., а срок ввода их через 20 лет, то затраты определяются:

$$\frac{4 \cdot 0,1}{(1 + 0,08)^{20}} \approx 5000 \text{ руб.}$$

Запасы шахтного поля примем равные 1500000т, то величина $C+EK$ будет равна

$$\frac{5000}{1500000} = \frac{1}{30}$$

Таким образом, для данной задачи критерий $C+EK$ особого смысла не имеет.

Постановка задачи может быть записана через целевую функцию экономико-математической модели, которая имеет следующий вид:

$$\sum C = f(S, n_9) \rightarrow \min.$$

Порядок решения нашей задачи аналогичен алгоритму предыдущим рассмотренным задачам определения оптимальных параметров.

7.1.1 Содержательное описание задачи

Одной из главных задач содержательного описания задачи является подробный анализ составных частей экономико-математической модели и зависимость их от изменения переменной, т.е. снижение или постоянный уровень удельных эксплуатационных затрат.

Рассмотрим подробно принятую технологическую схему для случая определения размера шахтного поля по простиранию - S.

Порядок рассмотрения начинаем с поверхностного технологического комплекса – т.е. удельных затрат на строительство технологического комплекса поверхности шахты.

1. Затраты на сооружение комплекса поверхности шахты – затраты на строительство комплекса будут постоянные, а удельные затраты будут снижаться.

Как видно из рассмотренных примеров выше, удельные затраты составляющих экономико-математической модели зависят от величины запасов шахты, т.е. они зависят и от размера шахтного поля по простиранию. Чем он будет больше увеличиваться, тем больше будут увеличиваться и запасы, а удельные затраты будут соответственно снижаться.

2. Затраты на проведение вертикальных стволов – аналогично.

3. Затраты на сооружение околоствольного двора – аналогично.

4. Затраты на проведение капитального квершлага – аналогично.

5. Затраты на проведение наклонных выработок – аналогично.

6. Затраты на проведение разрезных печей – аналогично.

7. Затраты на монтаж – демонтаж оборудования в лаве – аналогично.

Данные позиции имеют очень внушительные суммы капитальных затрат и от изменения размера шахтного поля по простиранию, т.е. изменения запасов их удельных затраты будут снижаться.

Часть составляющих экономико-математической модели – капитальные затраты будут расти одновременно с ростом размера шахтного поля по простиранию, т.е. с увеличением запасов. В таких случаях удельные затраты этих составляющих будут постоянные. К ним относятся:

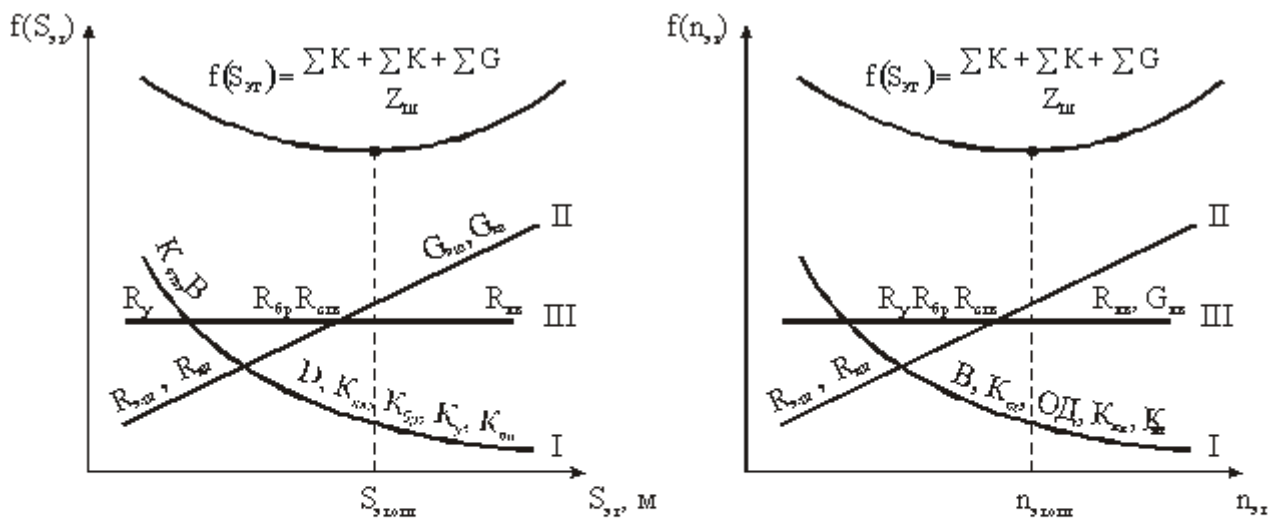
1. Проведение этажных штреков.
2. Перекрепление этажных штреков в зонах влияния очистных работ.
3. Поддержание наклонных выработок.
4. Транспорт груза по наклонным выработкам.

(Подробный анализ всех мелких составляющих при решении нашей задачи не обязателен из-за несущественного их численного значения).

Для рассмотрения капитальных вложений были приняты все позиции, а для учета эксплуатационных затрат можно принять наиболее весомые – поддержание и транспорт. К таким позициям относятся:

- а) Поддержание этажных штреков.
- б) Транспорт груза по этажным по штрекам.

Эти составляющие с увеличением размера шахтного поля по простиранию будут увеличиваться за счет увеличения их длины, среднего срока поддержания и перевозимых запасов по выработкам.



Рассмотрим ситуацию при определении размера шахтного поля

Рисунок 2. 1. Графики изменения величины удельных затрат от увеличения параметра:
 I – зависимость, где с увеличением переменной затраты уменьшаются;
 II – зависимость, где с увеличением переменной затраты увеличиваются;
 III – зависимость, где с увеличением переменной затраты постоянные

в зависимости от размера по падению - $n_3 \cdot H_3$ изменяются по-разному. Так,

при увеличении этого параметра составные части экономико-математической модели удельных затрат – ведут себя по-разному, а именно:

а) Уменьшаются – это:

1. Затраты на сооружение поверхности.
2. Затраты проведение стволов – в начальной глубине (зона наносов).
3. Затраты на сооружение околоствольного двора.
4. Затраты на проведение капитального квершлага.

б) Остаются постоянными.

1. Затраты на проведение наклонных выработок.
2. Затраты на проведение этажных штреков.
3. Затраты на проведение стволов в толще полезного ископаемого.
4. Затраты на проведение разрезных печей.
5. Затраты на монтаж-демонтаж оборудования в лаве.
6. Затраты на поддержание этажных штреков.
7. Затраты на транспорт груза по этажным штрекам.

в) Увеличиваются.

1. Затраты на поддержание наклонных выработок.
2. Затраты на транспорт груза по наклонным выработкам.
3. Затраты на транспорт (подъем) груза и водоотлив по вертикальному стволу.

На основании такого детального анализа содержательного описания задачи можно сделать следующие выводы:

1. Обе переменные имеют оптимальную величину по критерию оптимальности минимальных удельных эксплуатационных затрат.

2. Указанный критерий оптимальности более чувствителен к размеру шахтного поля по простиранию и менее к размеру шахтного поля по падению. Причем, даже содержательное описание задачи показывает, что данный критерий оптимальности по отношению к размеру шахтного поля по простиранию требует увеличения последнего, так как это основная доля снижения данной зависимости.

По отношению к размеру шахтного поля по падению – отличие между уменьшающимися и увеличивающимися затратами значительно меньше и исходя только из одного содержательного описания задачи можно сделать вывод о наличии ОПТИМУМА, но не направленного действия – т.е. неизвестно что и в каком направлении изменять, относительно переменной.

7.2 Составление экономико-математической модели удельных затрат на проведение горных выработок и сооружений.

Составляющие части экономико-математической модели на проведение будут:

а) Удельные затраты на сооружение поверхности.

$$f(S, n_3)_{\text{проведение}} = \frac{B}{S \cdot n_3 \cdot H_3 \cdot \sum pc} +$$

б) Удельные затраты на проведение стволов.

$$+ \frac{\sum K_{\text{ств}} \cdot (H_0 + \frac{1}{2} n_3 \cdot H_3 \cdot \sin \alpha)}{S \cdot n_3 \cdot H_3 \cdot \sum pc} +$$

в) Удельные затраты на проведение шурфов.

$$+ \frac{K_{\text{шурф}} \cdot H_0}{S \cdot n_3 \cdot H_3 \cdot \sum pc} +$$

г) Удельные затраты на сооружение околоствольного двора.

$$+ \frac{O.D.}{S \cdot n_3 \cdot H_3 \cdot \sum pc} +$$

д) Удельные затраты на проведение капитального квершлага.

$$+ \frac{\sum K_{\text{кв}} \cdot \frac{a}{\sin \alpha}}{S \cdot n_3 \cdot H_3 \cdot \sum pc} +$$

е) Удельные затраты на проведение бремсберга.

$$\boxed{\frac{\sum K_{\text{бр}} \cdot H_{\text{э}} \cdot \left(\frac{1}{2} n_{\text{э}} - 1\right)}{S \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}} \cdot \sum p c} +}$$

ж) Удельные затраты на проведение бремсберговых ходков.

$$\boxed{\frac{\sum K_{\text{бр.х.}} \cdot H_{\text{э}} \cdot \frac{1}{2} n_{\text{э}}}{S \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}} \cdot \sum p c} +}$$

з) Удельные затраты на проведение уклонов (ходков).

$$\boxed{\frac{\sum K_{\text{укл.х.}} \cdot H_{\text{э}} \cdot \frac{1}{2} n_{\text{э}}}{S \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}} \cdot \sum p c} +}$$

$$\boxed{+ \frac{\sum K_{\text{ум}} \cdot S \cdot n_{\text{э}}}{S \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}} \cdot \sum p c} +}$$

и) Удельные затраты на проведение этажных штреков.

к) Удельные затраты на проведение разрезных печей.

$$\boxed{+ \frac{\sum K_{\text{р.п.}} \cdot H_{\text{э}} \cdot n_{\text{э}} \cdot n_{\text{кр}}}{S \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}} \cdot \sum p c} +}$$

л) Удельные затраты на монтаж-демонтаж оборудования в лаве.

$$\boxed{+ \frac{\sum K_{\text{м.д.}} \cdot n_{\text{э}} \cdot n_{\text{кр}}}{S \cdot n_{\text{э}} \cdot H_{\text{э}} \cdot \sum pc}} \rightarrow \min$$

С точки зрения удельных затрат на проведение выработок и строительство сооружений размеры шахтного поля по простиранию и по падению должны быть как можно большими, т.к. с увеличением их удельные затраты все время уменьшаются асимптотически приближаясь к постоянной величине.

Следует отметить, что асимптота для размеров шахтного поля по падению значительно выше (по численной величине), чем для размеров шахтного поля по простиранию.

Это еще раз подтверждает о разной чувствительности одного и того же критерия оптимальности к этим переменным.

Если бы мы учитывали критерий С+ЕК, то в качестве первоначальных капитальных затрат (вложений) мы бы выделили: сооружение поверхности, вертикального ствола, околоствольный двор, части капитальных квершлаггов, необходимых для отработки бремсбергового поля, бремсберги с ходками, по 2 штрека на каждый этаж, по 2 разрезные печи на каждый этаж, стоимость оборудования всех лав, сдающихся в эксплуатацию, подъемов, главных вентиляторов и всего энергетического оборудования и др.

Капитальные вложения будущих лет: - к ним можно отнести – только один этаж уклонов и ходков по всем пластам при подготовке нового горизонта.

7.3 Составление экономико-математической модели удельных затрат на поддержание горных выработок и сооружений.

Составляющие экономико-математической модели поддержание будут следующие:

а) Удельные затраты на поддержание поверхности шахты.

Для поддержания рабочего состояния сооружений поверхности неизвестна ни сумма, ни срок, через который необходимо вкладывать средства. Поэтому берут среднегодовой процент отчисления от общей стоимости сооружения.

$$f(S, n_{\vartheta})_{\text{подд.}} = \boxed{\frac{\Delta B \cdot t_{\text{ш}}}{A_{\Gamma} \cdot t_{\text{ш}}} +}$$

б) Удельные затраты на поддержание вертикальных стволов.

Считается отдельно для начальной глубины и для остальной части в толще полезного ископаемого.

$$+ \frac{\sum r_{\text{ств}} \cdot H_0 \cdot t_{\text{ш}}}{A_{\Gamma} \cdot t_{\text{ш}}} + \frac{\sum r_{\text{ств}} \cdot \frac{1}{2} n_{\vartheta} \cdot H_{\vartheta} \cdot \sin \alpha \cdot t_{\text{ш}}}{A_{\Gamma} \cdot t_{\text{ш}}} +$$

в) Удельные затраты на поддержание околоствольного двора.

Для поддержания околоствольного двора также принимается доля амортизационных отчислений.

$$+ \frac{\Delta D_{\text{о.д.}} \cdot t_{\text{ш}}}{A_{\Gamma} \cdot t_{\text{ш}}} +$$

г) Удельные затраты на поддержание шурфов.

Шурфы поддерживаются как вертикальные стволы, но только срок их службы равен сроку службы бремсберговой части поля (рис. 7.1).

$$+ \frac{\sum r_{\text{шур}} \cdot H_0 \cdot \frac{1}{2} t_{\text{ш}}}{A_{\Gamma} \cdot t_{\text{ш}}} +$$

д) Удельные затраты на поддержание капитальных квершлагов.

Здесь необходимо учесть то, как заложены стволы – между пластами или за ними и как расположен околоствольный двор. Если околоствольный двор расположен по квершлагу и лежит между пластами, то квершлага как такового не существует и его не надо учитывать. Во всех других ситуациях затраты на поддержание квершлага учитываются.

$$+ \frac{\sum r_{\text{кв}} \cdot \frac{a}{\sin \alpha} \cdot \frac{2}{3} t_{\text{ш}}}{A_{\Gamma} \cdot t_{\text{ш}}} +$$

(Почему $\frac{2}{3}t_{ш}$? Так как, согласно принятой технологической схеме, верхний этаж служит $0,5t_{ш}$ - срока службы шахты, а средний - $t_{ш}$ и нижний - $0,5t_{ш}$, т.е. три квершлага поддерживаем 2 срока, то общий срок поддержания будет равный $\frac{2}{3}t_{ш}$).

е) Удельные затраты на поддержание бремсбергов.

$$+ \frac{\sum r_{бр} \cdot H_{э} \frac{n_{э}}{4} \left(\frac{n_{э}}{2} - 1\right) \cdot t_{э}}{A_{Г(э)} \cdot t_{э} \cdot n_{э}} +$$

ж) Удельные затраты на поддержание бремсберговых ходков.

$$+ \frac{\sum r_{бр.х} \cdot \frac{1}{2} n_{э} \cdot H_{э} \frac{1}{2} \cdot t_{ш}}{A_{Г} \cdot t_{ш}} +$$

з) Удельные затраты на поддержание уклонов и ходков.

$$+ \frac{\sum r_{ук,х} \cdot \frac{n_{э}}{4} \left(\frac{n_{э}}{2} - 1\right) \cdot H_{э} \cdot t_{э}}{A_{Г} \cdot t_{э} \cdot n_{э}} +$$

и) Удельные затраты на поддержание этажных штреков.

При условии, что если штреки начать проводить вслед за лавой, то поддержание учитываем только в 1 и 2-й зоне влияния очистных работ. А если отработан верхний этаж, то для последующего этажа необходимо проводить новую засечку этажного штрека. Здесь необходимо принимать свое проектное решение, где её начинать. Существующие две зоны поддержания, в дальнейшем, особого влияния на величину удельных затрат на поддержание не сказывают, т.к. они выпадают при решении модели. Все последующие этажные штреки необходимо учитывать или все в 1-й зоне или вентиляционный штрек этажа в 4-й зоне, а транспортный штрек в 1-й зоне – поддержание в массиве угля.

$$+ \frac{\sum r_{1ш} \cdot \frac{S}{2} \cdot n_3 \cdot t_3}{A_{Г(3)} \cdot t_3 \cdot n_3} + \frac{\sum r_{2ш} \cdot S \cdot n_3}{S \cdot n_3 \cdot H_3 \cdot \sum pc} \rightarrow \min$$

Проанализируем составленную экономико-математическую модель удельных затрат на поддержание горных выработок.

Применительно к размеру шахтного поля по простиранию из всех затрат на поддержание выработок будут возрастать только затраты на поддержание этажных штреков, все же остальные остаются постоянными.

Если рассматривать все это применительно к размеру шахтного поля по падению $H = n_3 \cdot H_3$, то общая зависимость сохраняется, однако в возрастающей части больше слагаемых, а именно: стволы и наклонные выработки.

С точки зрения поддержания выработок критерий оптимальности – сумма удельных затрат более чувствительна к размерам шахтного поля по падению, нежели к размеру по простиранию, так как сумма затрат на поддержание 1 м всех наклонных выработок и стволов будет больше чем сумма поддержания штреков в 1-й или 4-й зоне.

Только по удельным затратам на поддержание выработок смысл оптимизации размеров шахтного поля сводится к тому, что эти размеры должны быть как можно меньше.

При проведении – наоборот, чтобы они были тоже большими. Да и на графиках видно, что при проведении кривая уменьшения затрат опускается очень слабо. Так же слабо и поднимается линия увеличения затрат, а в общем, точка оптимума «уплывает» вправо, а при поддержании – наоборот.

Поэтому и на практике всегда принимается размер по простиранию больше, а по падению – меньше, что соответствует и графическим зависимостям (рис.7.3).

7.4 Составление экономико-математической модели удельных затрат на транспорт груза и водоотлив

Составление экономико-математической модели удельных затрат на транспорт и водоотлив производим по всей транспортной цепочке - от поверхности шахты до уклонных полей. Транспорт по поверхности учитывается по его пути транспортирования, если этот путь не значителен, то эти затраты то же не значительны и их можно и не учитывать. Но, так эта величина будет постоянной, то при конечном решении экономико-математической мо-

дели (результат взятия первой производной от постоянной величины будет равняться - 0) и они отпадут.

Составляющие экономико-математической модели на транспорт:

а) Удельные затраты на транспорт груза на поверхности шахты.

$$f(S, n_3)_{\text{трансп. водоотл.}} = \frac{g_{2\text{пов.}} \cdot l_{\text{тр}} \cdot Z_{\text{ш}}}{Z_{\text{ш}}} +$$

б) Удельные затраты на транспорт груза и водоотлив по стволам.

$$+ \frac{(g_{2\text{ств}} + g_{2\text{ств}}^{\text{вод}}) \cdot (H_0 + \frac{1}{2} n_3 \cdot H_3 \sin \alpha) \cdot Z_{\text{ш}}}{Z_{\text{ш}}} +$$

в) Удельные затраты на транспорт груза по капитальному квершлаг-гу.

Если капитальный квершлаг по своему расположению относится к околоствольному двору, то эти затраты можно не учитывать, как и транспорт на поверхности шахты.

$$+ \frac{g_{2\text{кв.}} \cdot \frac{a}{\sin \alpha} \cdot Z_{\text{ш}}}{Z_{\text{ш}}} +$$

г) Удельные затраты на транспорт груза по бремсбергу.

$$+ \frac{g_{2\text{бр}} \cdot \frac{1}{2} H_3 \left(\frac{n_3}{2} - 1\right) \cdot \frac{1}{2} n_3 \cdot Z_3}{Z_3 \cdot n_3} +$$

д) Удельные затраты на транспорт груза и водоотлив по уклону.

$$+ \frac{(g_{2\text{укл}} + g_{2\text{укл}}^{\text{вод}}) \cdot \frac{1}{2} H_3 \left(\frac{n_3}{2} + 1\right) \cdot \frac{1}{2} n_3 \cdot Z_3}{Z_3 \cdot n_3} +$$

е) Удельные затраты на транспорт груза по этажным штрекам.

$$+ \frac{g_{2\text{шт}} \cdot \frac{S}{4} \cdot n_3 \cdot Z_3}{Z_3 \cdot n_3}$$

→ min

Если рассмотреть сумму затрат на транспортирование грузов, то нетрудно убедиться, что с точки зрения чувствительности критерия оптимальности картина будет аналогична ситуации поддержания выработок.

7.5 Решение экономико-математической модели удельных затрат в общем виде

После формализованной записи экономико-математических моделей удельных затрат по основным видам работ, осуществляется группирование всех затрат относительно зависимости от оптимизируемых параметров, т.е. суммируются все виды затрат при $\frac{1}{S_n n_n}$ или $\frac{1}{S n_{эм}}$, при $\frac{1}{S}$ или $\frac{1}{S_n}$, при S , или S и т.п.

Общий вид модели при этажной подготовке имеет следующее выражение:

$$f(S, n_{эм}) = \frac{C_1}{S} + C_2 S + \frac{C_3}{n_{эм}} + C_4 n_{эм} + \frac{C_5}{S \cdot n_{эм}} + C_6 \rightarrow \min$$

где C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 , - соответственно суммарные затраты по всем учтенным видам работ при $\frac{1}{S}, S, \frac{1}{n_{эм}}, n_{эм}, \frac{1}{S \cdot n_{эм}}$.

Задача сводится к нахождению минимума функции, при котором рассматриваемые параметры будут оптимальны.

По общему виду экономико-математической модели нетрудно убедиться, что эта функция одноэкстремальна, как по одному, так и по другому неизвестному (оптимизируемому параметру).

Задача может быть решена либо графоаналитическим методом, либо методом вариантов. В первом случае необходимо взять частные производные по оптимизируемым параметрам, приравнять их к нулю и решить полученную систему двух уравнений относительно одной какой-либо переменной одной оптимизируемой величины. Затем, задавшись рядом значений другой

переменной (другой оптимизируемой величины) подсчитывают значения первой и графически находят общие корни.

Для приведенного примера экономико-математической модели уравнение будет иметь вид:

$$\frac{\partial C}{\partial S} = -\frac{C_1}{S^2} + C_2 - \frac{C_5}{S^2 \cdot n_{эм}} = 0$$

Затем приводим первое уравнение к общему знаменателю $S^2 \cdot n_{эм}$.

Тогда
$$-C_1 \cdot n_{эм} + C_2 \cdot S^2 \cdot n_{эм} - C_5 = 0$$

Отсюда определяем значение S_1

$$S_1 = \sqrt{\frac{C_1 \cdot n_{эм} + C_5}{C_2 \cdot n_{эм}}}.$$

Аналогично составляем и приводим к общему знаменателю второе уравнение

$$\frac{\partial C}{\partial n_{эм}} = -\frac{C_3}{n_{эм}^2} + C_4 - \frac{C_5}{S \cdot n_{эм}^2} = 0$$

Тогда

$$-C_3 \cdot S + C_4 \cdot S \cdot n_{эм}^2 - C_5 = 0$$

Из полученного уравнения определим выражение значения S_2

$$S_2 = \frac{C_5}{C_4 \cdot n_{эм}^2 - C_3}.$$

Затем составляется таблица для построения графика зависимостей S_1 и S_2 . Для чего по заданным значениям $n_{эм}$ определяют значения сперва по S_1 , а затем по S_2 и строят графики этих зависимостей (рис 7.4).

$n_{эм}$	S_1	S_2
n_1		
n_2		
...		
n_n		

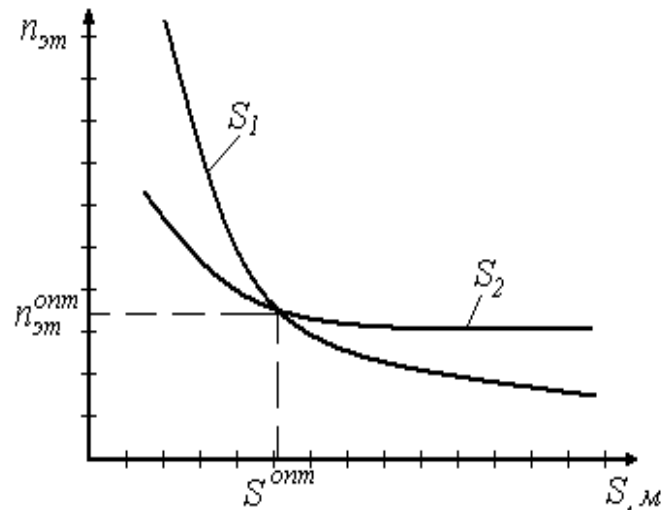


Рисунок 7.4 – Графическое изображение решения экономико-математической модели удельных затрат

Точка пересечения зависимостей S_1 и S_2 (на ординатах S и $n_{эм}$) дает оптимальное значение оптимизируемых параметров S и $n_{эм}$.

При решении задач методом вариантов, задаются рядом значений обеих оптимизируемых параметров с определенным шагом изменения и подсчитывают значения $f(S, n_{эм})$. Затем выбирается вариант, в котором $f(S, n_{эм}) = \min$. Для этого варианта значения параметров оптимальны.

Полученные оптимальные параметры позволяют конструировать эффективные технологические схемы угольных шахт.

Если решать данную задачу на ЭВМ, то доводить ее до таких расчетов нет необходимости, а нужно составить АЛГОРИТМ решения экономико-математической модели.

При решении такой задачи на ЭВМ, хотя функция и одноэкстремальна, ее необходимо было бы решать путем полного перебора

вариантов. Это положение соответствует тому, что имеет место ОПТИМУМ как по 1-й, так и по 2-й переменной и если задать алгоритм сравнения, то расчет выполняется только по одному переменному и дальше ЭВМ расчет приостанавливает.

Лекция № 15

Оценка эффективности и качества проектов строительства и реконструкции угольных

15.1 Комплекс основных технико-экономических показателей эффективности и качества

Выполненный проект в основном предопределяет технико-экономические показатели будущего предприятия. В этом плане проблеме повышения уровня технико-экономического качества проектов шахты придается решающее значение.

Термин «качество» произошел от латинского слова «qualitas» - свойство и не содержит в себе четкого указания, о каком качестве и о какой области знаний идет речь.

В техническом аспекте все существующие формулировки понятия «качество» можно свести к следующим характерным особенностям:

а) качество предмета рассматривается с какой-то одной главной стороны, т. е. учитывается одно свойство, остальные свойства условно отбрасываются (символизирующие качество). Данное понимание «качества» можно применять по отношению лишь к наиболее простым по назначению предметам, орудиям труда и т. д. Эти предметы, как правило, должны соответствовать однозначным требованиям типа: «лишь бы было острым», «лишь бы было твердым», «лишь бы было производительным» и т. д.

Употребляется в этом смысле понятие «качество» и в проектной практике. Естественно, что применительно к отдельным проектным решениям такое понимание правильное. Например, качество вентиляции, качество транспорта и др.;

б) качество предмета или продукта рассматривается с точки зрения соответствия чертежам, подобия оригиналу, техническим условиям (расширенное качество). В таком смысле в основном характеризуется не столько сам предмет, сколько качество работы по его изготовлению, а собственно каче-

ство продукта этой работы определяется совокупностью свойств, заложенных в проект, объект. Данная смысловая нагрузка понятия «качество» характерна для сферы проектирования, и именно в этом смысле наиболее часто употребляется на практике данное понятие «качество проекта».

в) качество предмета или продукта труда понимается как соответствие целого комплекса его свойств требованиям и условиям его использования по назначению (интегральное качество). Очевидно, что данное толкование понятия «качество» приемлемо к более сложным в использовании продуктам труда, средствам производства предметам и вещам. Предмет, как правило, должен отвечать целому комплексу требований. Например, горная машина должна обладать высокой производительностью, надежностью в эксплуатации, экономичностью, безопасностью в обслуживании и др.

В настоящее время намечается все более комплексный подход в трактовке понятия «качество» продукции. Утверждается понимание качества с обязательным отражением двух сторон: во-первых, со стороны фактических народнохозяйственных и общественных потребностей, которые должны удовлетворяться продукцией, во-вторых, с точки зрения затрат, которые несет общество на производство и потребление этой продукции.

Проект современной шахты отражает весьма сложные отношения производственно-технических и экономических сторон предприятия. В связи с этим качество проекта шахты следует понимать как интегральное качество, его оценка должна осуществляться существующими методами, позволяющими интегральный учет всех этих сторон создания и работы предприятия.

Многоцелевой характер проектирования, многомерность эффективности проектов сложных систем значительно усложняют процесс оценки технико-экономического качества проектов, делают его комплексным. Решение задачи в этом аспекте одни авторы предлагают путем составления «суперфункций», объединяющих все критерии, другие — путем формирования «критериального комплекса» и поочередного применения различных критериев оптимальности в зависимости от возникающей ситуации.

В общей проблеме оценки эффективности проектов шахт критерий оптимальности, с одной стороны, и комплекс технико-экономических показателей проекта шахты, с другой, приобретают различное, самостоятельное значение. *Критерий оптимальности* позволяет выявить из определенного множества наиболее экономичные варианты для выполнения проекта шахты, а перечень технико-экономических показателей (в том числе и критерий оптимальности) дает возможность сделать обобщающую оценку эффективности проекта, оценку качества проекта. Под технико-экономическим качеством проекта шахты понимается степень соответствия его параметров показате-

лей, принятой технологии, средств механизации производства, производственных процессов, форм организации труда и системы управления, мер безопасности — наивысшим достижениям.

В настоящее время для всесторонней характеристики технико-экономического качества проекта шахты привлекается большое число разнообразных технологических, организационных, экономических и эксплуатационных показателей. Каждый из них в той или иной мере подмечает определенную существенную черту проекта, без которой представление о технико-экономическом качестве проекта в целом будет неполным. Бесспорно, что таких показателей много. Больше того, известно стремление к постоянному расширению совокупности технических и экономических показателей в целях наиболее полного отражения через их посредство сложной сущности технико-экономического качества проекта. «Инструкцией по составлению технико-экономической части проектов строительства и реконструкции угольных и сланцевых предприятий и подготовки новых горизонтов на шахтах» определен перечень технико-экономических показателей, позволяющий вести относительное сравнение выполненных проектов с лучшими проектами, утвержденными и реализованными в последние годы, а также с передовыми действующими предприятиями. Эти показатели дают возможность сопоставить горно-геологические условия разных шахт, установить сравнительную производственно-техническую прогрессивность проектов и экономическую эффективность их реализации. Перечень включает более 20 показателей, среди которых имеются, наряду с основной группой обобщающих показателей, целый ряд вспомогательных и справочных.

Важнейшее место при этом должно отводиться комплексу производственно-технических показателей, показателям экономической эффективности капитальных вложений и производства, т. е. комплексу экономических показателей. Вместе с тем следует учитывать комплекс горно-геологических характеристик, отражающих технологичность условий разработки запасов.

Для выявления общей технологичности условий разработки месторождения целесообразно учитывать целый ряд горно-геологических характеристик.

Исследования ряда ученых (проф. А. П. Килячков, д-р техн. наук А. К. Харченко, д-р экон. наук А. С. Астахов, канд. техн. наук С. И. Зорин, канд. техн. наук Ю. Н. Кузнецов, канд. экон. наук Т. П. Зотова, д-р техн. наук Л. А. Зиглин и др.) свидетельствуют, что на результаты работы шахт и показатели проектов наибольшее влияние оказывают: мощность угольных пластов, глубина разработки, газоносность месторождения (газообильность шахты), объем и нарушенность запасов, число кондиционных пластов и величина меж-

дупластия, угол падения пластов, марка и плотность угля и другие количественные характеристики.

На ведение тех или иных производственных процессов на шахте влияние оказывают и другие обстоятельства, выражающиеся часто лишь качественно: устойчивость пород, обрушаемость пород, крепость пород и угля и т. д.

Сравнивать технологичность горно-геологических условий месторождений или шахт-это значит сравнивать величины этих характеристик. Само понятие «технологичность условий разработки месторождения», естественно, употребляется по отношению ко всему производству шахты, ко всем производственным процессам шахты, и, более того, ко всем периодам существования шахт: строительство, освоение, нормальная работа шахты. Следовательно, чтобы давать оценку, утверждая, что горно-геологические условия хуже или лучше, технологичность разработки запасов выше или ниже, нужно представить влияние отдельных характеристик горно-геологических условий на общешахтные производственно-технические и экономические показатели.

В комплекс производственно-технических показателей и параметров шахты включают прежде всего наиболее общие показатели концентрации производства и работ, механизации и надежности.

1. Производственная (проектная) мощность шахты ($A_{ш-г}$) является одним из главных производственных показателей шахты, выражающих объем потребительной стоимости, ради производства которой и создается предприятие. Несомненно, что без выражения меры удовлетворения потребностей в угле нельзя иметь полное представление о народнохозяйственной эффективности того или иного проекта шахты. Мощность шахты, кроме того, свидетельствует о концентрации угледобычи в стране, степени сложности сети грузопотоков в отдельных районах страны.

2. Срок службы шахты $T_{сл}$ важен тем, что в определенной степени является мерилем стабильности в шахтном фонде отрасли. Чем больше срок службы шахты, тем больший промежуток времени не возникает потребность во введении в строй новых шахт на покрытие выбывающих. Как известно, более ранняя потребность в капитальных вложениях на строительство объектов, отличающихся длительными сроками строительства и освоения проектных показателей, неблагоприятна.

3. Увеличение срока строительства шахты ($T_{стр}$) создает в противоположность увеличению срока службы шахты напряженные условия работы того или иного угольного района и отрасли в целом, так как это отдаляет получение потребителем угля с данной шахты, которая, естественно, является оптимальным поставщиком.

4. Нагрузка на очистной забой $A_{0,3}$ является весьма важным и полезным показателем эффективности ведения горных работ. Именно нагрузка на очистной забой в значительной степени объясняет тот или иной уровень более общих технических и экономических показателей. Так, нагрузка на очистной забой влияет на мощность шахты, на нагрузку на транспортные выработки и т. д.

5. Показатель объема горных выработок на 1000 т годовой мощности (удельный объем горных выработок $V_{г.в}$) выражает концентрацию горных работ, интенсификацию отработки запасов шахтного поля, совершенство геометрических и пространственных параметров сети горных выработок.

6. Показатель объема промышленных зданий и сооружений на 1000 т годовой мощности $V_{пром.зд}$ удачно отражает не только строительную, планировочную прогрессивность технологического комплекса на поверхности шахты, но и компактность схемы вскрытия.

7. Показатель удельной (на 1000 т добычи) протяженности поддерживаемых горных выработок $L_{г.в}$ отражает качество ведения горных работ в пределах выемочных участков, совершенство схем подготовки, системы разработки и порядка отработки запасов.

8. Показатель энерговооруженности труда рабочих по добыче (Э) характеризует соотношение механизированных работ и немеханизированного труда, дает представление о технической базе предприятия, прогрессивности решений, непосредственных возможностях роста производительности труда.

9. В условиях все возрастающих темпов подвигания очистных работ скорость проведения горных выработок ($v_{г.в}$) приобретает важное значение как в организационно-техническом отношении, так и в экономическом плане.

10. Оценка допускаемых проектом потерь угля ($Z_{пот}$) — достаточно сложная задача. Наиболее понятен ущерб, наносимый потерями вследствие возрастания удельной величины затрат на горно-разведочные работы и на строительство шахты, затрат на оборудование, энергию, материалы и т. д. Повышение потерь сокращает сроки службы шахты, чем вызывается досрочное строительство другой шахты и ущерб от преждевременности вложения капитальных средств.

11. Надежность технологической схемы шахты ($K_{над}$), безусловно, является чрезвычайно важным свойством технологии шахты и выносить этот показатель в состав результирующих по проекту целесообразно. Общая продолжительность безаварийной непрерывной работы шахты в течение каждых суток определяет производительность предприятия.

В комплекс экономических показателей эффективности проекта следует включать:

1) производительность труда трудящегося $P_{тр}$, которая всегда остается важнейшим показателем эффективности любого производства, ценности любого проекта. Показатель производительности труда в проектах отражает затраты только живого труда на данном предприятии и не включает затрат овещественного труда. С изменением соотношения стоимости живого и овещественного труда на шахтах изменяется и роль показателя производительности труда среди других показателей в оценке эффективности проекта;

2) себестоимость 1 т рядового угля (C), которая является обобщающим показателем, непосредственно показывающим издержки предприятия на добычу 1 т угля.

Очевидно, что она должна служить одним из необходимых экономических показателей, характеризующих эффективность затрат как живого, так и овещественного труда (через амортизацию);

3) сметную стоимость строительства шахты ($K_{см}$). Общий объем капитальных затрат, необходимых на строительство шахты, выражается в сметной стоимости производственного строительства шахты в целом, а также горных работ, зданий и сооружений, оборудования и монтажа. Нельзя решить вопрос о целесообразности строительства шахты, не соизмеряя показателя общих капитальных затрат на момент сдачи шахты в эксплуатацию и освоение проектной мощности с возможностями финансирования строительства;

4) удельные капитальные затраты ($K_{уд}$) для действующих шахт — фондоемкость ($\Phi_{уд}$). Соизмерение объема капитальных затрат и мощности шахты находит выражение в показателе удельных капитальных затрат, рассчитываемых на 1 т годовой мощности шахты. Этот показатель позволяет представить, какой ценой достигается создание единицы производственной мощности предприятия, что является весьма важной характеристикой эффективности данного строительства;

5) приведенные затраты (удельные) ($S_{пр}$), для действующих шахт — приведенные фонды ($\Phi_{прив}$). Включение этих показателей в перечень показателей для оценки технико-экономического качества проекта является совершенно естественным;

6) рентабельность шахты (R), выражается соотношением прибыли и производственных фондов предприятия. Особенностью этого показателя является отражение в нем качества получаемой продукции.

При обоснованных ценах на уголь показатель рентабельности становится весьма объективным обобщающим показателем, способным реагиро-

вать на широкий круг технических и экономических особенностей проекта шахты, что делает его включение в состав показателей качества проектов бесспорным;

7) оптовую цену, являющуюся показателем общественной потребности в угле, с одной стороны, и средних издержек производства, с другой. Вовлечение этого показателя в интегральную оценку эффективности проектов закономерно;

8) фондовооруженность труда рабочего по угледобыче ($\Phi_{тр}$). Характерной особенностью этого показателя следует считать то обстоятельство, что рост фондов сопоставляется с людскими ресурсами, используемыми на шахте. С одной стороны, рост фондовооруженности одного рабочего свидетельствует о повышении в технологии добычи участия машин и снижения участия людей. С другой стороны, механизация разработки не должна сопровождаться чрезмерным удорожанием овеществленного труда. Соотношение стоимости овеществленного и живого труда на шахте должно быть обоснованным. Следовательно, контролировать с помощью показателя фондовооруженности эту экономическую сторону производства нужно.

Помимо перечисленных технических и экономических показателей эффективности производства большую роль могут играть другие показатели, каждый из которых дает представление о каком-либо последствии реализации данного проекта шахты.

Анализируя вышеизложенные показатели эффективности проектов шахты, можно отметить их взаимодополняющий характер.

Ни один из перечисленных показателей не может быть использован при оценке технико-экономического качества проектов без других, так как каждому из них свойственно отражать лишь некоторую часть сторон производства (или одну сторону), технической и экономической сущности проекта. Как правило, каждый из показателей эффективности наряду с известными положительными свойствами (обобщенность, чувствительность, физическая осмысленность и др.) обладает существенными недостатками. Эти недостатки обычно разные. Поэтому комплекс показателей может позволить наиболее полно передать техническое и экономическое содержание проекта шахты, что пока не удается делать с помощью какого-либо одного показателя — критерия.

ЛЕКЦИЯ №13

Метод линейного программирования при оптимизации параметров шахты

По своему смыслу этот метод относится к методу направленного перебора вариантов и эта направленность заключается в том, что решение ведется таким образом, при котором каждый последующий результат будет лучше предыдущего по выделенному критерию.

Если говорить об обычном методе вариантов или полного перебора, то это требование не стоит, а перебираются варианты в любой последовательности.

Метод линейного программирования называют методом направленного, упорядоченного перебора. Кроме того, сам метод должен еще выполнять требования, что таких вариантов было много и лучших в том числе, а нужно оптимальный.

Рассмотрим графический метод и симплекс-метод.

Метод линейного программирования является обязательным математическим обеспечением любой ЭВМ, в связи с чем, для решения таких задач, соответствующих этому методу необходимо только подготовить информацию и передавать на ВЦ. Любая ЭВМ имеет стандартную программу. Самая большая трудность заключается в подборе и правильной постановке задачи.

Метод требует, чтобы задача была сформулирована таким образом, что целевая функция и система ограничений были линейными, т.е. содержали оптимизированные переменные 1-й степени.

Даже если взять себестоимость, данная величина нелинейная, однако все зависит в каких данных вы работаете, то этот диапазон можно считать линейным. Или нелинейную с ком-го \log перевести в линейную и затем вернуться назад.

К числу горных задач, рассмотренных данным методом, относятся все транспортные задачи. Задачи о распространении объема добычи, материальных, трудовых ресурсов. Сюда же могут быть сведены задачи о календарном планировании отработки, оптимального планирования добычи между показателями ПО и МУП и ряд других.

13.1 Решение горных задач графическим методом линейного программирования

Графически могут быть решены только те задачи, которые имеют максимально 3 переменных, и то, при 3-х получается объемное решение.

Рассмотрим, как действуют налоговые ограничения и алгоритм решения.

Допустим, что стоит задача распределить добычу между двумя одновременно разрабатываемыми пластами. Если взять критерий оптимальности минимальной стоимости 1 т по шахте, то задача формулируется так:

Дана целевая функция

$$Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 \rightarrow \min$$

Себестоимость будет минимальной, когда минимальные эксплуатационные затраты.

Система ограничений

$$\left\{ \begin{array}{l} X_1 + X_2 \geq A \\ X_1 \geq 1,5X_2 \\ X_1 \cdot Z_1 + X_2 \cdot Z_2 \leq 3A \\ X_1 \geq 0; X_2 \geq 0 \\ a_1 \geq x \geq a_2 \end{array} \right.$$

- пропорциональность добычи с пласта;

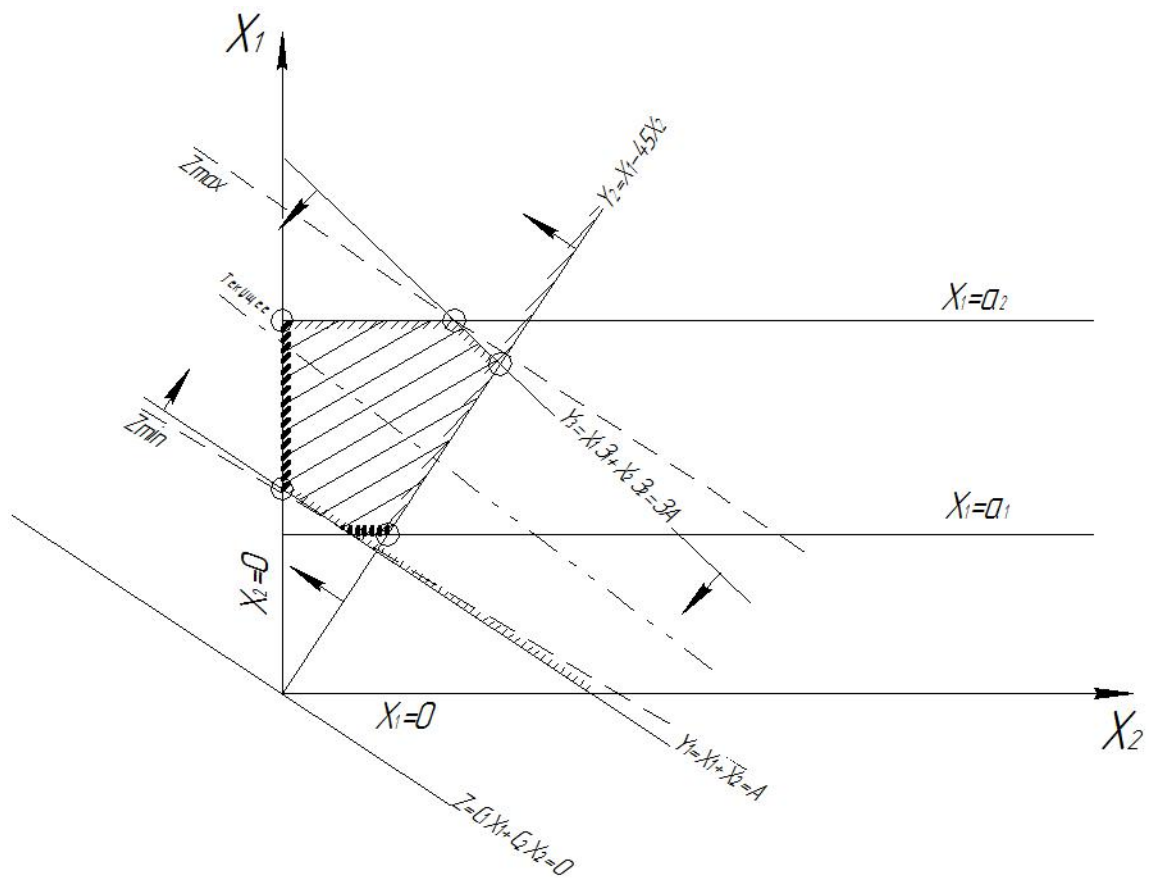
- по золе по пластам и шахте;

- это всегда, так как величины в промежутке должны быть положительными.

Требуется определить оптимальную величину добычи X_1 и X_2 при которой целевая функция достигает \min -го значения и выполняется вся система ограничений.

Графическое решение задачи начинается с определения области, в которой данная задача существует (эта область называется областью допустимых значений или решений). Естественно, область определяется системой ограничений. Изобразим эту область в координатах X_1 и X_2 .

Для получения этой области все ограничения неравенства превращаются условно в равенства, по которым на координатной плоскости строятся следы ограничений или границы их, а затем определяется область их эффективного действия.



Построение: $x_1 + x_2 \geq 6$, $x_1 + x_2 = 6$, или $x_1 = 1$ и $x_2 = 5$, или $x_1 = 2$ и $x_2 = 4$ и т.д.

Мы не знаем величину A и проводим её как хотим. Значит, есть 2 точки, можно начинать с нуля и проводить I-е ограничение и оно действует вверх.

II-е ограничение. Оно проходит через ноль. Оно действует, если $x_1=1$, то $x_2=1,5$. x_1 увеличивается и растет x_2 .

III-е ограничение - действует вниз.

IV-е ограничение - наносим на оси координат.

V-е ограничение - наносим при различных координатах.

Образованный многоугольник как раз и есть область допустимых решений, т.к. для нее удовлетворяется вся система ограничений.

Т.к. любая точка, находящаяся в области допустимых решений с координатами x_1 и x_2 является вариантом решения, то не трудно убедиться, что таких вариантов бесчисленное множество (но есть одно очень интересное явление, т.е. как найти решение, что приводит в минимальное значение целую функцию).

Для нахождения оптимального решения, на этой же координатной плоскости построим следующую целевую функцию, равную нулю.

Есть целевая функция $z=c_1x_1+c_2x_2$, то есть самая меньшая это ноль. Значит, надо взять $c_1x_1+c_2x_2=0$ или $x_1=3 x_2=?$ Есть одна общая точка $x=0$, проводим линию, и по всей этой линии целевая функция = 0. Для поиска находим оптимум, т.е. проводим П-линию целевой функции до пересечения с областью допустимых решений.

Перемещая следующие целевые функции $Z=0$ П-на самому себе до встречи с точками области данных решений, определяем оптимальное решение задачи. Нетрудно убедиться в следующих положениях:

1. Оптимальное решение всегда находится в вершине многоугольника допустимых решений.
2. Минимум целевой функции определяется вершиной многоугольника области допустимых решений, которое имеет минимальное удаление (по \perp) от линии $Z=0$.
3. Максимальное значение целевой функции находится в вершине многоугольника, в вершине максимально удаленной от линии $Z=0$

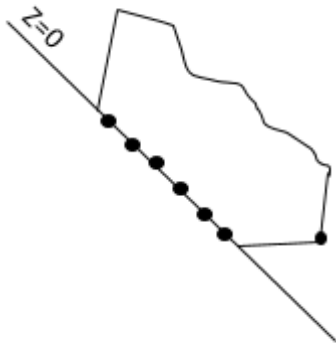
Z_{\min} есть $= - Z_{\max}$ и наоборот.

Раз решение находится в вершине, то, наверное, при разработке общего метода есть смысл решать задачу таким образом, чтобы сравнить результат только по вершинам, а количество их строго ограничено. К тому же алгоритмом предполагается перебрать вершины таким образом, чтобы каждое последующее решение было лучше предыдущего.

13.1.1 Возможные случаи в решении задачи

ЭВМ - «некорректная постановка задачи».

1. Если система ограничений образует такой многоугольник допустимых решений, что одна из сторон его П-на линии $Z=0$ и именно на этой линии (ограничений) находится оптимальное решение, то с технологической точки зрения такого решения не существует вообще, а с математической их бесчисленное множество.



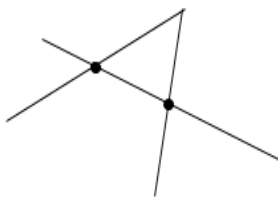
Оптимальный - это наилучший и он один. А это множество решений. Решается перебором с изъятием ограничений или усиливать чуть-чуть ограничения (дать толчок).

$$2X_1 + 3X_2 \geq 7 - \text{II-но}$$

а взяли $2,01X_1 + 3X_2 \geq 7$ – оно уже не II-но.

2. При формировании системы ограничений может случиться такая ситуация, что многоугольник окажется не замкнутым. Либо по действию ограничений, либо по их количеству (для технических решений, когда эта функция определяется на max).

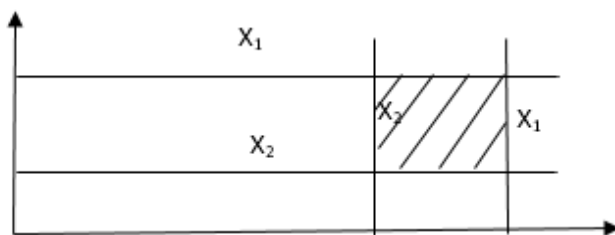
При min – всегда замыкается 0, т.е. координаты.



- образуется другой треугольник.

В этом случае решения конкретного нет.

3. В системе ограничений есть 1 или 2 определяющих ограничения, которые не дают возможности решить задачу. Например, a_2 в стороне и нет решений, а если два, то продлить линии, получится ли новый многоугольник, но с направленностью влияния ограничения.



В таком случае решение может и есть, но все остальные ограничения в нем просто не учитываются.

Легче всего решать задачу этим методом, но самое трудное - это постановка задачи и ее запись.

Точки в многоугольнике образуют область дополнительных решений. Решения только в вершинах и возможны такие ситуации.

13.2 Решение горных задач симплекс-методом линейного программирования

Симплекс-метод предусматривает собой решение задач матричным способом на базе модифицированных Жордановых исключений.

Метод графический показал, что решение является в вершинах многоугольника, и если это объемное, то в вершинах многогранника.

При решении задач симплекс-методом выделяют 2 признака достижения промежуточного и комплексного решения, под промежуточным решением понимается такое решение, которое удовлетворяет системам наложенных ограничений. Это решение называется опорным. Под комплексным понимается оптимальное решение.

Рассмотрим признаки достижения этих решений

- пусть дана целевая функция

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n \rightarrow \max$$

- система ограничений

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n \geq a_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n \leq a_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + \dots + a_{3n}x_n \geq a_3 \\ a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 + \dots + a_{4n}x_n \leq a_4 \end{cases}$$

$$X_i \geq 0$$

13.2.1 Последовательность решения задачи

1. Составляется исходная матрица по следующему правилу: все (исходные) переменные выносятся в заглавие матрицы с отрицательным знаком. Последний столбец матрицы нумеруется 1 и в него помещаются свободные члены или пределы каждого из ограничений.

Для удобства каждое из ограничений обозначается каким-то символом – у, которые записываются слева от матрицы.

$$\begin{array}{ccccccc} -X_1 & & -X_2 & & -X_3 & & \dots & & -X_n & & 1 \end{array}$$

$y_1=$	$-a_{11}$	$-a_{12}$	$-a_{13}$	\dots	$-a_{1n}$	a_1
$y_2=$	a_{21}	a_{22}	a_{23}	\dots	a_{2n}	$-a_2$
$y_3=$	$-a_{31}$	$-a_{32}$	$-a_{33}$	\dots	$-a_{3n}$	a_3
$y_4=$	a_{41}	a_{42}	a_{43}	\dots	a_{4n}	$-a_4$
z	$-c_1$	$-c_2$	$-c_3$	\dots	$-c_n$	

Последняя строка матрицы заполняется целевой функцией. По каждой строке матрицы сверху вниз записываются все ограничения, как будто они являются равенствами, но предварительно все они приводятся к единому виду, а именно:

– они должны быть $\geq a_j$.

Признаком достижения опорного решения является положительность (не отрицательность) последнего столбца матрицы, т.е. свободных членов. Если все свободные члены положительны – это мы в области решений. Если хоть один “-“, то не все ограничения выполняются, т.е. мы вышли за предел области.

2. Алгоритм поиска опорного решения

а) Анализируется столбец свободных членов. Если в нем все члены положительные, то считается достигнутое опорное решение.

Если хоть один из них отрицательный, то это значит, что опорного решения нет и его нужно определить.

	$-x_1$	$-x_2$	$-x_3$	\dots	$-x_n$	1
$y_1=$	$-a_{11}$	$-a_{12}$	a_{13}	\dots	$-a_{1n}$	a_1
$y_2=$	a_{21}	a_{22}	a_{23}	\dots	a_{2n}	$-a_2$
$y_3=$	$-a_{31}$	$-a_{32}$	$-a_{33}$	\dots	$-a_{3n}$	a_3
$y_4=$	a_{41}	a_{42}	a_{43}	\dots	a_{4n}	$-a_4$
z	$-c_1$	$-c_2$	$-c_3$	\dots	$-c_n$	

б) Выбираем (обычно наибольший по абсолютной величине) отрицательный свободный член и анализируем строку матрицы, содержащую этот член.

Если мы имеем только один отрицательный член, и в строке матрицы его содержащей нет ни одного другого отрицательного коэффициента, то это значит, что задача решения не имеет.

Если их два или более, то анализируем все остальные строки их содержащие. Допустим, в какой-то строке имеются отрицательные коэффициенты.

Если хоть один-два коэффициента имеют “-“, то есть решение.

в) Останавливаемся на любом отрицательном коэффициенте, и столбец его содержащий будем считать разрешающим.

г) Выбираем разрешающую строку по признаку min-го положительного отношения столбца свободных членов и соответствующим коэффициентам разрешающего столбца.

Пусть это будет 3-я строка и она принимается в качестве разрешающей.

На пересечении разрешающих столбца и строки находится разрешающий элемент. Это значит, что вся система будет разрешена относительно того переменного, которое стоит в заголовке разрешающего столбца.

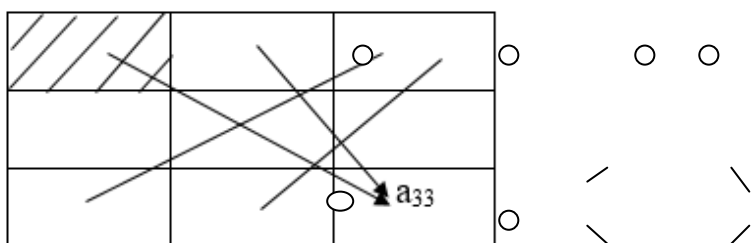
Другими словами, во все остальные ограничения и целевую функцию вместо этого переменного будет подставлено его выражение через остальные.

д) При помощи разрешающего элемента составляют новую матрицу так, что на место разрешающего элемента в ней ставится 1.

е) Все остальные коэффициенты разрешающего столбца в новой матрице записываются численно равными отношению старых значений на разрешающий элемент и знак при них меняется на обратный.

ж) Все остальные элементы разрешающей строки (в новой матрице) численно равны отношению старых к разрешающему элементу и знак сохраняется тот, который получается т.е.

з) Все остальные элементы новой матрицы вычисляются по правилу креста.



$$\frac{-a_{11} \cdot a_{33} - (-a_{13})(-a_{31})}{a_{33}}$$

Т.е. от необходимого гнезда ведем диагональ к разрешающему элементу т.е. перемножаем и напротив (накрест) лежащее отнимаем от первого произведения) и делим на разрешающий элемент.

и) Если в новой матрице снова останутся отрицательные свободные члены, то строим еще одну матрицу, по тем же правилам, до тех пор, пока на каком-либо шаге не окажется, что все свободные члены будут положительными или же не доказано, эта задача решений не имеет.

Что после каждого шага (новой матрицы) переменные относительно которых она разрешалась, меняются местами (сверху матрицы с разрешаю-

щего столбца неизвестное переходит в левую сторону, на место разрешающей строки и наоборот (знак остается, так как это признак решения задачи).

3. Алгоритм поиска оптимального решения.

а) Признаком достижения оптимального решения является положительность коэффициентов строки целевой функции.

б) Если хотя бы один из коэффициентов этой строки будет отрицательным, то это значит, что поиск оптимального решения нужно продолжить. Для этого берем столбец, содержащий этот коэффициент, и анализируем его. Если в нем (столбце) нет ни одного положительного коэффициента, то задача решения не имеет.

(система не замкнута)

в) Если в узком столбце имеются другие положительные коэффициенты, то этот столбец принимаем в качестве разрешающего.

г) Разрешающую строку выбираем по вышеуказанному правилу, т.е. отношение \min -положительных столбцов свободных членов к разрешающим.

д) Находим разрешающий элемент и при помощи его составляем новую матрицу, и так продолжаем до тех пор, пока не ликвидируем все отрицательные коэффициенты в строке целевой функции или не докажем, что задача конечного решения не имеет.

е) Для каждой новой матрицы, как и прежде, символы неизвестных слева и сверху меняются местами (т.е. по разрешающей строке и столбцу).

ж) По достижению оптимального решения значения оптимизированных переменных равны:

- всех тех X , которые оказались слева матрицы, имеют значение свободных членов.

- всех тех X , которые оставляются вверху матрицы, значения равны нулю (на U вообще можно не обращать внимания, т.к. это дополнение, чтобы соответствующее неравенство превратить в равенство).

13.2.2 Особые указания при решении задачи

а) В качестве разрешенного элемента брать 0 нельзя.

б) При определении \min отношения $0:0$ делится как нулевая величина и равна 0.

в) Если несколько свободных членов в исходной задаче = 0, то может получиться закливание. В таких случаях, особенно при решении задачи на ЭВМ, лучше вместо 0 поставить величину, близкую нулю.

г) если функция минимизируется, т.е. специальный симплекс для решения минимизации, то проще всего считать, что $Z_{\min} = -Z_{\max}$ и алгоритм уже есть изложенный.

Рассмотренные линейные задачи нет смысла решать вручную, их решают на ЭВМ. Нам необходимо знать путь решения, чтобы можно было проверить на корректность постановки. В горном деле таких задач очень мало и только транспортные задачи строго классически подчиняются этому методу. В основном в горном деле все задачи нелинейные и их нужно решать другими методами. Например, необходимо распределить добычу между шахтами.

13.2.3 Возможные решения задачи линейного программирования при 2-х сторонних ограничениях.

Под 2-х сторонними ограничениями понимается: ограниченное наложение на оптимальные переменные, с таким расчетом, чтобы эти переменные всегда имели действующую величину (с технологической точки зрения). Например, если мы рассматриваем добычу между пластами или участками, то возникает обязательное требование, чтобы каждый участок или пласт обязательно находился в работе. В таких случаях требование $X_i \geq 0$ не полностью отвечает поставленной задаче, потому что в результате решения некоторые X могут быть равны 0 (но это и есть несоответствие – что может быть 0, т.е. не работает участок). В таких случаях вводят 2-х стороннее ограничение $700 \leq X_i \leq 1200$ т/сут. Если имеет место такого типа ограничения, то тогда они должны быть вставлены в расчетную матрицу, при этом решение может быть двояким:

1. В матрицу по каждому X включается 2 ограничения, а именно:

$$x_1 \geq 700$$

$$x_1 \leq 1200$$

$$-x_1 \geq 1200$$

Переводим в одностороннее действие.

Если задача решается на ЭВМ, то такой подход вполне приемлем, так как количество ограничений или же размеры матрицы особой роли не играют.

Если это считать вручную, то это не имеет смысла делать, так как несуществующие коэффициенты (нули) на первом же шаге (при составлении новой матрицы) превращаются в действительные числа, и каждый раз их

нужно вычислять. А это значительное увеличение объема рассчитываемых работ.

2. Так как любые оптимизированные неизвестные находятся в строго указанных пределах, то смысл оптимизации функции сводится к тому, что надо найти значение неизвестных, находящиеся в строго ограниченном отрезке. В таком случае проще задачу решить не на истинном значении переменной, а на их дополнение к нижнему пределу или к верхнему. Такой подход называется выводом переменных на нижнюю или верхнюю границу.

Допустим, что у нас существует переменная X_1

$$700 \leq X_1 \leq 1200$$

Из чего следует, что X_1 меньше 700 быть не может. В таком случае, допустим, 700 можно принять за условный ноль и преобразить это ограничение в следующее: $0 \leq \Delta X_1 \leq 500$ (где 500 – это $1200-700$). X_1 – это ΔX_1 – дополнение к нижнему пределу. Левая сторона в матрицу не включается, так как она ориентируемый знак, а есть смысл включить только правую сторону. Матрица стала бы с такой записью. a истинное $X_{1\text{omm.}} = 700 + \Delta X_{1\text{omm.}}$. И если таких X -в 10, то и сократится 10 строк и уменьшится объем расчета).

$-X_1$	$-X_2$	$-X_3$	1
-1	0	0	700
1	0	0	-1200
1	0	0	-500

13.3 Особые приемы при обработке матрицы

1) Если в размерном столбце имеются нули, то строки их содержание в новую матрицу переписываются без изменения (если заполнять правилом креста, выйдет то же самое).

			1		

			0		

2) Если в размерной строке имеет место 0, то в новую матрицу столбцы, их содержание, переписываются без изменения.

3) Если идет поиск уже оптимального решения, заполнение новой матрицы следует начинать со строки целевой функции и столбца свободных членов. И если окажется, что признак достижения оптимизации выполнен, то внутреннюю часть матрицы рассчитывать не имеет смысла.

Пусть $Z \rightarrow \max$

Оптимальное решение: $x_1 = 0; x_2 = 2; x_3 = 4; x_4 = 0$. Так как x_1 и x_4 сменили место и равны 0. То есть, на x сверху и y слева нет смысла обращать внимание, тогда они меняются местами.

	-x ₁	-y ₁	-y ₄	-x ₄	1
x ₂ =					2
y ₂					17
y ₃					3
x ₃ =					4
Z=	5	0	7	11	X

ЛЕКЦИЯ № 14

Решение горных задач методом динамического программирования

К классу задач, решаемых методом динамического программирования, относятся такие задачи, у которых либо оптимальные переменные, либо постоянные величины изменяются с течением времени, или же по каким-либо другим обстоятельствам. Например, при выделении капитальных вложений

на поддержание добычи или же на реконструкцию, себестоимость или прирост добычи, или другие показатели изменяются в зависимости от выделяемых сумм капиталовложений.

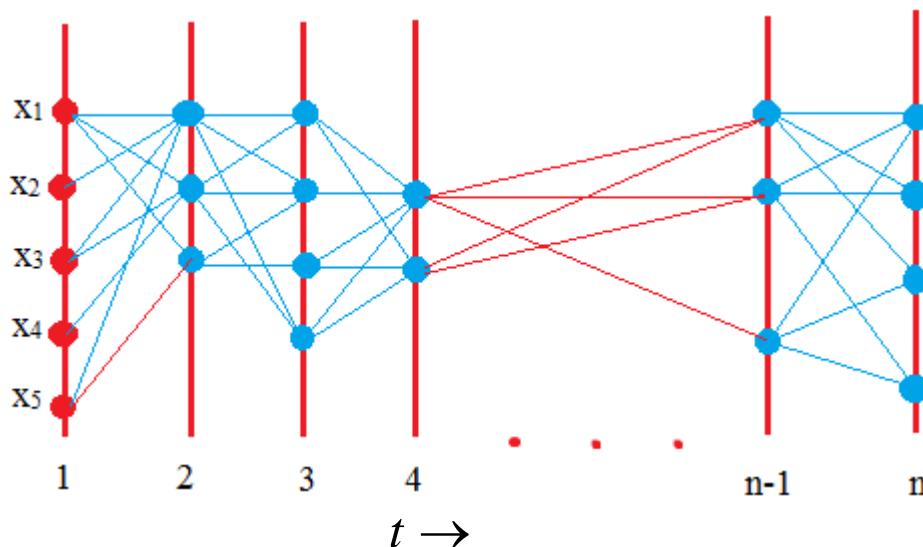
Допустим, выделим шахте 10000 млн. руб, и получим прирост 0,5 млн. т в год.

10,000 млн. руб. $\rightarrow \Delta D = 0,5$ млн. т в год

20,00 млн. руб. $\rightarrow \Delta D = 1,2$ млн. т в год

То есть необходимо решать, кому выделять средства, чтобы получить максимальный прирост добычи. Или необходимо принять эффективное техническое решение, с учетом как оно будет изменяться с годами. Это задача временного характера и решается методом динамического программирования.

Если рассматривать классическую постановку задачи, то смысл ее сводится к следующей графической интерпретации.



Соединения произвольные, так как ситуации могут быть всевозможные.

На первом году возможны различные варианты действий (хозяйствования, работы). Допустим, $x_1 x_2 x_3 x_4 x_5$. Каждый из этих вариантов требует обеспечения его какими-то ресурсами, которые могут быть ограниченными (тогда задача будет решаться с ограничениями) или же неограниченными.

Естественно, что выделяя на каждый вариант те или другие ресурсы, мы получим двойной результат, а именно – какие-то показатели по каждому варианту и какой-то задел на будущий год. Так что во втором году мы можем иметь несколько другие ситуации или возможные варианты хозяйствования. Смысл этих путей состоит в том, что принимаемые решения на 1-м году могут повлечь определенные решения на 2-м году. Например, на 1-м году начали этажную подготовку, то и на 2-м году мы будем продолжать, так как не-

возможно перейти на панельную, это будет через 10-15 лет. Или вскрыли 2 пласта, а на 2-й год 5, мы не пустим в работу, так как они не готовы. То есть могут быть разные ситуации каждого варианта.

Рассматривая так ситуацию из года в год, неизбежно придем к такому смыслу работы, все то, что принято на предыдущем году предопределяет работу на последующем и как-то сковывает ширину возможных поступков вариантов работы.

В общем, задача или вся ситуация (работа) за период t сводятся к тому, что принятые решения на любом периоде времени влияют на последующие периоды. Необходимо в такой ситуации найти оптимальный путь хозяйствования (принятия решения), при котором эффект был бы максимальным.

Если тщательно проанализировать задачу, то в принципе ее можно было бы решить методом полного перебора вариантов. Однако таких вариантов было бы очень много. То есть, рассмотрев эти пути, а их масса, а вариант один. Нужен метод, отсекающий лишние пути (варианты).

По постановке и по смыслу в динамической задаче имеется целевая функция с n -переменными. И задавая шаг изменения этим переменным можно свести задачу либо к полному перебору, либо к упорядоченному перебору вариантов.

Смысл упорядоченного перебора вариантов сводится к следующему: если задача всегда имеет смысл взаимовлияния предыдущего объекта (периода) на последующий, то всегда имеет место последний этап (период), на котором в общем-то заканчивается задача. Именно этот период (последний) на последующий уже не оказывает влияния. Отсюда выходит такой смысл, что если на этом последнем этапе принять самое лучшее решение, то можно задачу рассматривать от обратного – как поступить на предыдущем этапе, чтобы это решение достигнуть.

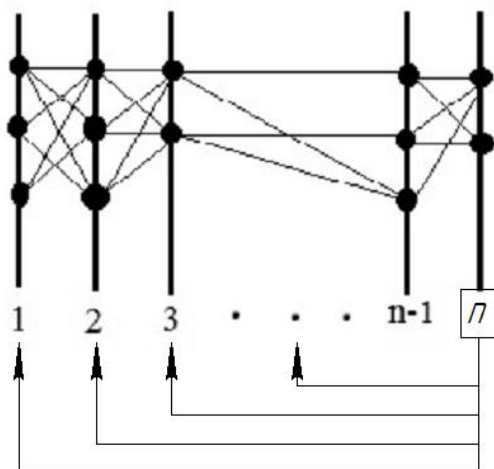
При рассмотрении всех путей может быть такой этап, что после него уже нет необходимости принимать решение. То есть уже ни на что не влияет – то есть последний этап.

14.1 Алгоритм поиска оптимального решения горных задач методом динамического программирования

1. Выделяются характерные этапы, для которых постоянные или переменные модели можно считать величинами неизменными или независимыми от времени. Если под этапами понимаются временные периоды.

Таковыми этапами могут быть и искусственно выделенные, например, в задачах распределяются ресурсы. Под этапами понимаются объекты: шахты, участки, пласты и т.д. Например, распределение капвложений между шахтами.

2. На каждом этапе выясняются все возможные (технические, технологические, экономические) ситуации или решения и находится наилучшее решение, то есть такое решение, которое дает максимальный эффект. Если мы имеем временные этапы, то решение задачи начинается с последнего. Если же этапы искусственные, то безразлично с какого, с 1-го или последнего. То есть, если на последнем самое лучшее, то необходимо рассматривать как действующий все это совместно с другими этапами.



3. Выделив наилучшее решение на одном этапе, мы в последующем ищем наилучшее решение на 2-х этапах вместе взятых, как будто это один объединенный этап. По своему смыслу это решение сводится к тому, что необходимо найти из всех возможных решений на 2-х этапах единственное наилучшее.

В последующем к решению принимаются 3 этапа вместе взятые, но так, что последние 2 считаются как один этап, а к ним присоединяется 3-й.

По математической сущности это есть не что иное, как разбивка одной целевой функции с n -переменными, на n -целевых функций с одной переменной. В этом и состоит смысл динамического программирования.

4. Каждый раз поиск наилучшего решения осуществляется в такой последовательности:

Если считать, что на последнем этапе есть наилучшее решение, дающее эффект:

$$F_n = q_n \cdot (x),$$

где F_n – величина эффекта;

q_n – собственное число эффекта, выбранное из всех возможных на данном этапе;

x – величина ресурса, выделение которой на этап дает наилучший эффект.

На следующем этапе этот эффект (считая совместное решение 2-х этапов) будет складываться из наилучшего на последнем этапе и наилучшего из возможных на определенном. Но с таким расчетом, что ресурсы распределяются между 2-я вместе взятыми.

$$F_{n-1} = \{q_n(x) + q_{n-1}(c-x)\},$$

$$F_n = q_n \cdot (x),$$

где c – общая сумма распределенных ресурсов.

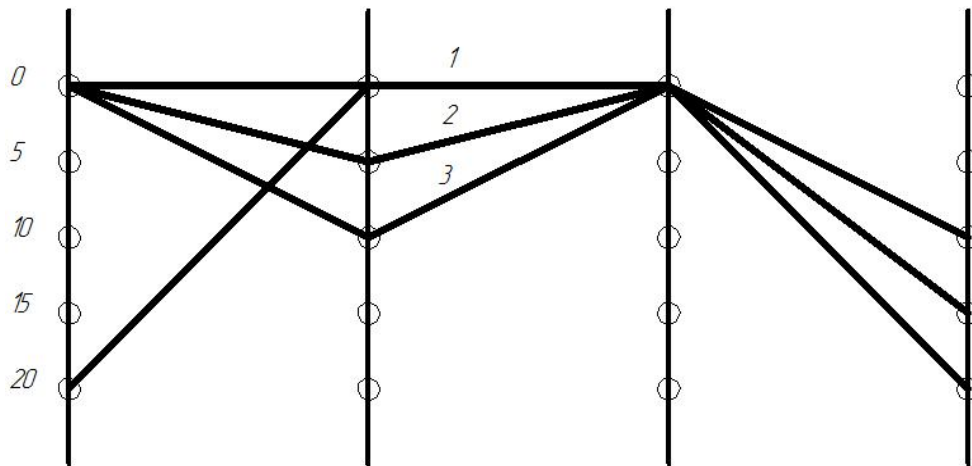
Наилучший эффект на 1-м или на несколько взятых называют условно оптимальной величиной.

В целом решение задачи методом данного программирования представляет собой пошаговый процесс, который дает возможность значительно сократить объем вычислений. Этим методом могут быть решены целевые функции с ограничениями или без них.

Рассмотрим конкретный пример, смысл которого состоит в следующем. На реконструкцию шахт по программе выделено 20 млн.руб. В объединении требуется реконструкция 4-х шахт. Требуется определить, каким или какой шахте выделить эту сумму, но при условии максимального прироста добычи. При этом известно: такая зависимость между эффектом и приростом добычи.

Распределение записываем в таблице.

Капитало- вложения	Возможный прирост добычи			
	Шахты			
	1	2	3	4
5	70	80	90	60
10	150	160	140	120
15	240	220	200	250
20	300	280	260	320



Решение

1. В качестве этапов возьмем шахты – 1,2,3,4. В качестве составляющей и решающей возьмем величину капиталовложений, так что на каждом этапе таких составляющих будет 5.

2. Поскольку этапы искусственные, то будем решать задачу, начиная с 1-го объекта. Решения на нем уже заданы (таблица) и эффект уже есть.

Наилучшее из них выделение 20 млн.руб, при этом эффект = 300 т. Но не значит, что это наилучшее решение в целом. И задачу следует решить.

3. Решаем на 2-м шаге, так что рассматриваем возможные ситуации на 1-й и 2-й шахтах.

1-й шаг дан в таблице.

2-й шаг:

$$x = 5 \begin{pmatrix} 1 = 5 & 2 = 0 \\ 1 = 0 & 2 = 5 \end{pmatrix} \{q_2(x)\}_{\max} = \{70 + 0, \quad 0 + 80\} = 80$$

$$x = 10 \begin{pmatrix} 1 = 10 & 2 = 0 \\ 1 = 0 & 2 = 10 \\ 1 = 5 & 2 = 5 \end{pmatrix} \{q_2(x)\}_{\max} = \{150 + 0; \quad 0 + 160; \quad 70 + 80\} = 160$$

$$x = 15 \begin{pmatrix} 1 = 15 & 2 = 0 \\ 1 = 0 & 2 = 15 \\ 1 = 5 & 2 = 10 \\ 1 = 10 & 2 = 5 \end{pmatrix} \{q_2(x)\}_{\max} = \{240 + 0; \quad 0 + 220; \quad 70 + 160; \quad 150 + 80\} = 240$$

$$x = 20 \begin{pmatrix} 1 = 20 & 2 = 0 \\ 1 = 0 & 2 = 20 \\ 1 = 5 & 2 = 15 \\ 1 = 15 & 2 = 5 \\ 1 = 10 & 2 = 10 \end{pmatrix} \{q_2(x)\}_{\max} = \{300 + 0; \quad 0 + 280; \quad 70 + 220; \quad 240 + 80; \quad 150 + 160\} = 320$$

4. Будем решать 3-й шаг.

$$x = 5 \begin{pmatrix} 1,2 = 5 & 3 = 0 \\ 1,2 = 0 & 3 = 5 \end{pmatrix} \{q_3(x)\}_{\max} = \{80 + 0, \quad 0 + 90\} = 90$$

$$x = 10 \begin{pmatrix} 1,2 = 10 & 3 = 0 \\ 1,2 = 0 & 3 = 10 \\ 1,2 = 5 & 3 = 5 \end{pmatrix} \{q_3(x)\}_{\max} = \{160 + 0; \quad 0 + 140; \quad 80 + 90\} = 170$$

$$x = 15 \begin{pmatrix} 1,2 = 15 & 3 = 0 \\ 1,2 = 0 & 3 = 15 \\ 1,2 = 10 & 3 = 5 \\ 1,2 = 5 & 3 = 10 \end{pmatrix} \{q_3(x)\}_{\max} = \{240 + 0; \quad 0 + 200; \quad 160 + 90; \quad 80 + 140\} = 250$$

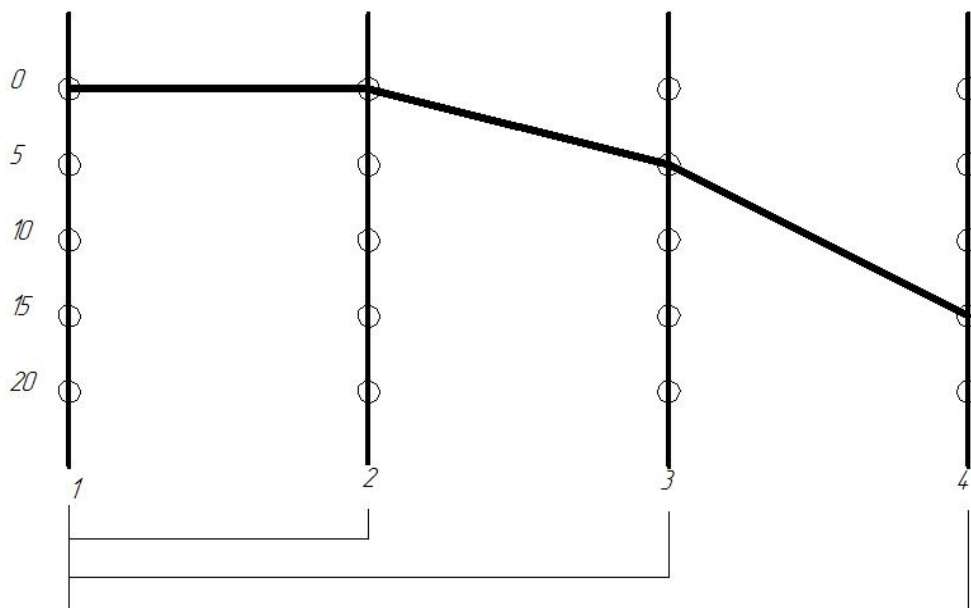
$$x = 20 \begin{pmatrix} 1,2 = 20 & 3 = 0 \\ 1,2 = 0 & 3 = 20 \\ 1,2 = 10 & 3 = 10 \\ 1,2 = 15 & 3 = 5 \\ 1,2 = 5 & 3 = 15 \end{pmatrix} \{q_3(x)\}_{\max} = \{320 + 0; \quad 0 + 260; \quad 160 + 140; \quad 240 + 90; \quad 80 + 200\} = 330$$

5. Шаг 4-й.

Шахты 1,2,3 вместе и 4.

Поскольку на 4-м шаге охватывается все вместе взятые этапы, то для них состояние системы единое – израсходовать все 20 млн. (состояние 0,5,10 и 15) смысла не имеет.

$$x = 20 \begin{pmatrix} 1,2,3 = 20 & 4 = 0 \\ 1,2,3 = 0 & 4 = 20 \\ 1,2,3 = 15 & 4 = 5 \\ 1,2,3 = 5 & 4 = 15 \\ 1,2,3 = 10 & 4 = 100 \end{pmatrix} \{q_4(x)\}_{\max} = \{330 + 0; \quad 0 + 320; \quad 250 + 60; \quad 90 + 250; \quad 170 + 120\} = 340$$



Итак, задача решена.

В пределах данной ситуации или системы (по величине капиталовложений через 5 млн.) наилучшее, что мы можем достигнуть – это 340 тыс.т. прироста добычи. Теперь остается от обратного (от последнего до 1-го этапа) разложить этот эффект по объектам и найти самый лучший путь действия.

ЛЕКЦИЯ № 15

Оценка эффективности и качества проектов строительства и реконструкции угольных шахт

15.1 Комплекс основных технико-экономических показателей эффективности и качества

Выполненный проект в основном предопределяет технико-экономические показатели будущего предприятия. В этом плане проблеме повышения уровня технико-экономического качества проектов шахты придается решающее значение.

Термин «качество» произошел от латинского слова «qualitas» - свойство и не содержит в себе четкого указания, о каком качестве и о какой области знаний идет речь.

В техническом аспекте все существующие формулировки понятия «качество» можно свести к следующим характерным особенностям:

а) качество предмета рассматривается с какой-то одной главной стороны, т. е. учитывается одно свойство, остальные свойства условно отбрасываются (символизирующие качество). Данное понимание «качества» можно применять по отношению лишь к наиболее простым по назначению предметам, орудиям труда и т. д. Эти предметы, как правило, должны соответствовать однозначным требованиям типа: «лишь бы было острым», «лишь бы было твердым», «лишь бы было производительным» и т. д.

Употребляется в этом смысле понятие «качество» и в проектной практике. Естественно, что применительно к отдельным проектным решениям такое понимание правильное. Например, качество вентиляции, качество транспорта и др.;

б) качество предмета или продукта рассматривается с точки зрения соответствия чертежам, подобия оригиналу, техническим условиям (расширенное качество). В таком смысле в основном характеризуется не столько сам предмет, сколько качество работы по его изготовлению, а собственно каче-

ство продукта этой работы определяется совокупностью свойств, заложенных в проект, объект. Данная смысловая нагрузка понятия «качество» характерна для сферы проектирования, и именно в этом смысле наиболее часто употребляется на практике данное понятие «качество проекта».

в) качество предмета или продукта труда понимается как соответствие целого комплекса его свойств требованиям и условиям его использования по назначению (интегральное качество). Очевидно, что данное толкование понятие «качество» приемлемо к более сложным в использовании продуктам труда, средствам производства предметам и вещам. Предмет, как правило, должен отвечать целому комплексу требований. Например, горная машина должна обладать высокой производительностью, надежностью в эксплуатации, экономичностью, безопасностью в обслуживании и др.

В настоящее время намечается все более комплексный подход в трактовке понятия «качество» продукции. Утверждается понимание качества с обязательным отражением двух сторон: во-первых, со стороны фактических народнохозяйственных и общественных потребностей, которые должны удовлетворяться продукцией, во-вторых, с точки зрения затрат, которые несет общество на производство и потребление этой продукции.

Проект современной шахты отражает весьма сложные отношения производственно-технических и экономических сторон предприятия. В связи с этим качество проекта шахты следует понимать как интегральное качество, его оценка должна осуществляться существующими методами, позволяющими интегральный учет всех этих сторон создания и работы предприятия.

Многоцелевой характер проектирования, многомерность эффективности проектов сложных систем значительно усложняют процесс оценки технико-экономического качества проектов, делают его комплексным. Решение задачи в этом аспекте одни авторы предлагают путем составления «суперфункций», объединяющих все критерии, другие — путем формирования «критериального комплекса» и поочередного применения различных критериев оптимальности в зависимости от возникающей ситуации.

В общей проблеме оценки эффективности проектов шахт критерий оптимальности, с одной стороны, и комплекс технико-экономических показателей проекта шахты, с другой, приобретают различное, самостоятельное значение. *Критерий оптимальности* позволяет выявить из определенного множества наиболее экономичные варианты для выполнения проекта шахты, а перечень технико-экономических показателей (в том числе и критерий оптимальности) дает возможность сделать обобщающую оценку эффективности проекта, оценку качества проекта. Под технико-экономическим качеством проекта шахты понимается степень соответствия его параметров показате-

лей, принятой технологии, средств механизации производства, производственных процессов, форм организации труда и системы управления, мер безопасности — наивысшим достижениям.

В настоящее время для всесторонней характеристики технико-экономического качества проекта шахты привлекается большое число разнообразных технологических, организационных, экономических и эксплуатационных показателей. Каждый из них в той или иной мере подмечает определенную существенную черту проекта, без которой представление о технико-экономическом качестве проекта в целом будет неполным. Бесспорно, что таких показателей много. Больше того, известно стремление к постоянному расширению совокупности технических и экономических показателей в целях наиболее полного отражения через их посредство сложной сущности технико-экономического качества проекта. «Инструкцией по составлению технико-экономической части проектов строительства и реконструкции угольных и сланцевых предприятий и подготовки новых горизонтов на шахтах» определен перечень технико-экономических показателей, позволяющий вести относительное сравнение выполненных проектов с лучшими проектами, утвержденными и реализованными в последние годы, а также с передовыми действующими предприятиями. Эти показатели дают возможность сопоставить горно-геологические условия разных шахт, установить сравнительную производственно-техническую прогрессивность проектов и экономическую эффективность их реализации. Перечень включает более 20 показателей, среди которых имеются, наряду с основной группой обобщающих показателей, целый ряд вспомогательных и справочных.

Важнейшее место при этом должно отводиться комплексу производственно-технических показателей, показателям экономической эффективности капитальных вложений и производства, т. е. комплексу экономических показателей. Вместе с тем следует учитывать комплекс горно-геологических характеристик, отражающих технологичность условий разработки запасов.

Для выявления общей технологичности условий разработки месторождения целесообразно учитывать целый ряд горно-геологических характеристик.

Исследования ряда ученых (проф. А. П. Килячков, д-р техн. наук А. К. Харченко, д-р экон. наук А. С. Астахов, канд. техн. наук С. И. Зорин, канд. техн. наук Ю. Н. Кузнецов, канд. экон. наук Т. П. Зотова, д-р техн. наук Л. А. Зиглин и др.) свидетельствуют, что на результаты работы шахт и показатели проектов наибольшее влияние оказывают: мощность угольных пластов, глубина разработки, газоносность месторождения (газообильность шахты), объем и нарушенность запасов, число кондиционных пластов и величина меж-

дупластия, угол падения пластов, марка и плотность угля и другие количественные характеристики.

На ведение тех или иных производственных процессов на шахте влияние оказывают и другие обстоятельства, выражающиеся часто лишь качественно: устойчивость пород, обрушаемость пород, крепость пород и угля и т. д.

Сравнивать технологичность горно-геологических условий месторождений или шахт-это значит сравнивать величины этих характеристик. Само понятие «технологичность условий разработки месторождения», естественно, употребляется по отношению ко всему производству шахты, ко всем производственным процессам шахты, и, более того, ко всем периодам существования шахт: строительство, освоение, нормальная работа шахты. Следовательно, чтобы давать оценку, утверждая, что горно-геологические условия хуже или лучше, технологичность разработки запасов выше или ниже, нужно представить влияние отдельных характеристик горно-геологических условий на общешахтные производственно-технические и экономические показатели.

В комплекс производственно-технических показателей и параметров шахты включают прежде всего наиболее общие показатели концентрации производства и работ, механизации и надежности.

12. Производственная (проектная) мощность шахты ($A_{ш-г}$) является одним из главных производственных показателей шахты, выражающих объем потребительной стоимости, ради производства которой и создается предприятие. Несомненно, что без выражения меры удовлетворения потребностей в угле нельзя иметь полное представление о народнохозяйственной эффективности того или иного проекта шахты. Мощность шахты, кроме того, свидетельствует о концентрации угледобычи в стране, степени сложности сети грузопотоков в отдельных районах страны.

13. Срок службы шахты $T_{сл}$ важен тем, что в определенной степени является мерилем стабильности в шахтном фонде отрасли. Чем больше срок службы шахты, тем больший промежуток времени не возникает потребность во введении в строй новых шахт на покрытие выбывающих. Как известно, более ранняя потребность в капитальных вложениях на строительство объектов, отличающихся длительными сроками строительства и освоения проектных показателей, неблагоприятна.

14. Увеличение срока строительства шахты ($t_{стр}$) создает в противоположность увеличению срока службы шахты напряженные условия работы того или иного угольного района и отрасли в целом, так как это отдаляет получение потребителем угля с данной шахты, которая, естественно, является оптимальным поставщиком.

15. Нагрузка на очистной забой $A_{0,3}$ является весьма важным и полезным показателем эффективности ведения горных работ. Именно нагрузка на очистной забой в значительной степени объясняет тот или иной уровень более общих технических и экономических показателей. Так, нагрузка на очистной забой влияет на мощность шахты, на нагрузку на транспортные выработки и т. д.

16. Показатель объема горных выработок на 1000 т годовой мощности (удельный объем горных выработок $V_{г.в}$) выражает концентрацию горных работ, интенсификацию отработки запасов шахтного поля, совершенство геометрических и пространственных параметров сети горных выработок.

17. Показатель объема промышленных зданий и сооружений на 1000 т годовой мощности $V_{пром.зд}$ удачно отражает не только строительную, планировочную прогрессивность технологического комплекса на поверхности шахты, но и компактность схемы вскрытия.

18. Показатель удельной (на 1000 т добычи) протяженности поддерживаемых горных выработок $L_{г.в}$ отражает качество ведения горных работ в пределах выемочных участков, совершенство схем подготовки, системы разработки и порядка отработки запасов.

19. Показатель энерговооруженности труда рабочих по добыче (\mathcal{E}) характеризует соотношение механизированных работ и немеханизированного труда, дает представление о технической базе предприятия, прогрессивности решений, непосредственных возможностях роста производительности труда.

20. В условиях все возрастающих темпов подвигания очистных работ скорость проведения горных выработок ($v_{г.в}$) приобретает важное значение как в организационно-техническом отношении, так и в экономическом плане.

21. Оценка допускаемых проектом потерь угля ($Z_{пот}$) — достаточно сложная задача. Наиболее понятен ущерб, наносимый потерями вследствие возрастания удельной величины затрат на горно-разведочные работы и на строительство шахты, затрат на оборудование, энергию, материалы и т. д. Повышение потерь сокращает сроки службы шахты, чем вызывается досрочное строительство другой шахты и ущерб от преждевременности вложения капитальных средств.

22. Надежность технологической схемы шахты ($K_{над}$), безусловно, является чрезвычайно важным свойством технологии шахты и выносить этот показатель в состав результирующих по проекту целесообразно. Общая продолжительность безаварийной непрерывной работы шахты в течение каждых суток определяет производительность предприятия.

В комплекс экономических показателей эффективности проекта следует включать:

1) производительность труда трудящегося $P_{тр}$, которая всегда остается важнейшим показателем эффективности любого производства, ценности любого проекта. Показатель производительности труда в проектах отражает затраты только живого труда на данном предприятии и не включает затрат овеществленного труда. С изменением соотношения стоимости живого и овеществленного труда на шахтах изменяется и роль показателя производительности труда среди других показателей в оценке эффективности проекта;

2) себестоимость 1 т рядового угля (C), которая является обобщающим показателем, непосредственно показывающим издержки предприятия на добычу 1 т угля.

Очевидно, что она должна служить одним из необходимых экономических показателей, характеризующих эффективность затрат как живого, так и овеществленного труда (через амортизацию);

3) сметную стоимость строительства шахты ($K_{см}$). Общий объем капитальных затрат, необходимых на строительство шахты, выражается в сметной стоимости производственного строительства шахты в целом, а также горных работ, зданий и сооружений, оборудования и монтажа. Нельзя решить вопрос о целесообразности строительства шахты, не соизмеряя показателя общих капитальных затрат на момент сдачи шахты в эксплуатацию и освоение проектной мощности с возможностями финансирования строительства;

4) удельные капитальные затраты ($K_{уд}$) для действующих шахт — фондоемкость ($\Phi_{уд}$). Соизмерение объема капитальных затрат и мощности шахты находит выражение в показателе удельных капитальных затрат, рассчитываемых на 1 т годовой мощности шахты. Этот показатель позволяет представить, какой ценой достигается создание единицы производственной мощности предприятия, что является весьма важной характеристикой эффективности данного строительства;

5) приведенные затраты (удельные) ($S_{пр}$), для действующих шахт — приведенные фонды ($\Phi_{прив}$). Включение этих показателей в перечень показателей для оценки технико-экономического качества проекта является совершенно естественным;

6) рентабельность шахты (R), выражается соотношением прибыли и производственных фондов предприятия. Особенностью этого показателя является отражение в нем качества получаемой продукции.

При обоснованных ценах на уголь показатель рентабельности становится весьма объективным обобщающим показателем, способным реагиро-

вать на широкий круг технических и экономических особенностей проекта шахты, что делает его включение в состав показателей качества проектов бесспорным;

7) оптовую цену, являющуюся показателем общественной потребности в угле, с одной стороны, и средних издержек производства, с другой. Вовлечение этого показателя в интегральную оценку эффективности проектов закономерно;

8) фондовооруженность труда рабочего по угледобыче ($\Phi_{\text{тр}}$). Характерной особенностью этого показателя следует считать то обстоятельство, что рост фондов сопоставляется с людскими ресурсами, используемыми на шахте. С одной стороны, рост фондовооруженности одного рабочего свидетельствует о повышении в технологии добычи участия машин и снижения участия людей. С другой стороны, механизация разработки не должна сопровождаться чрезмерным удорожанием овеществленного труда. Соотношение стоимости овеществленного и живого труда на шахте должно быть обоснованным. Следовательно, контролировать с помощью показателя фондовооруженности эту экономическую сторону производства нужно.

Помимо перечисленных технических и экономических показателей эффективности производства большую роль могут играть другие показатели, каждый из которых дает представление о каком-либо последствии реализации данного проекта шахты.

Анализируя вышеизложенные показатели эффективности проектов шахты, можно отметить их взаимодополняющий характер.

Ни один из перечисленных показателей не может быть использован при оценке технико-экономического качества проектов без других, так как каждому из них свойственно отражать лишь некоторую часть сторон производства (или одну сторону), технической и экономической сущности проекта. Как правило, каждый из показателей эффективности наряду с известными положительными свойствами (обобщенность, чувствительность, физическая осмысленность и др.) обладает существенными недостатками. Эти недостатки обычно разные. Поэтому комплекс показателей может позволить наиболее полно передать техническое и экономическое содержание проекта шахты, что пока не удается делать с помощью какого-либо одного показателя — критерия.

ЛЕКЦИЯ № 16

16.2 Интегральная оценка эффективности и качества проектов шахт

Очевидная важность задачи объективной оценки качества выполненных проектов, широкое внедрение в горное дело математических методов и, в частности, теории принятия решений создают зальные предпосылки для создания методики интегральной, оценки проектов с учетом всех важнейших технико-экономических показателей.

Экспертиза экономической и технологической частей проекта представляет собой трудную задачу, решение которой не всегда приводит к должной объективности и надежности выносимого заключения. Нужно выявлять конкретные пропорции между горно-геологическими, технологическими, экономическими обобщающими параметрами и характеристиками у выполненного проекта в сравнении с соотношениями у прогрессивных образцов шахт. Методика должна помогать вскрывать отступления от объективных отношений и пропорций между связными физическими, техническими и экономическими показателями, отступления от принятых методических принципов расчета, от стоимостных и технологических норм. Без сопоставлений с передовыми отечественными и зарубежными предприятиями совершенно невозможно судить о действительной и длительной прогрессивности технических решений проекта и его экономического потенциала.

Технико-экономические показатели сравниваемых проектов отличаются противоречивостью. Было бы тривиальным делать выводы когда все технико-экономические показатели проекта лучше (или хуже), чем у эталонного образца. В действительности такое положение бывает редко. В большинстве случаев выполненный проект по ряду показателей превосходит эталонный (базовый) проект, а по другим, наоборот, преимущество имеет эталонный проект (объект). В этих случаях экспертиза должна свести эти противоположные группы показателей сравнительных оценок к единому обоснованному заключению. Интуитивные решения и авторитетные мнения, к сожалению, не обязательно совпадают с объективными соотношениями экономических ценностей сравниваемых проектов. Важное и реальное количественное значение имеют различия в горно-геологических условиях. Пожелание производить сравнение с проектами шахт, имеющими аналогичные горно-геологические условия, как правило, в должной мере не представляется ре-

ально выполнимым, возможным. Полной аналогии просто нет. Поэтому на вопрос, в какой мере лучшие или худшие горно-геологические условия одного проекта повлияли или должны повлиять на улучшение или ухудшение технико-экономических показателей, экспертизе ответить очень сложно.

Задачу сравнительной интегральной оценки технико-экономического качества проекта шахты можно сформулировать следующим образом. Пусть проект шахты характеризуется комплексом показателей-критериев технико-экономического качества (см. 16. 1)

$$\{I_i\} = (I_1, I_2, \dots, I_i, \dots, I_m)$$

Оценивается n проектов с аналогичным комплексом показателей — критериев эффективности $\{I_i\} = (I_1, I_2, \dots, I_m)$. Формируется прямоугольная матрица A из показателей проектов размером $m \times n$, (m — число учитываемых показателей и n — число оцениваемых проектов):

$$A = \{I_{ji}\} = \begin{matrix} & I_{11}, & I_{12}, \dots, & I_{1j}, \dots, & I_{1n} \\ & I_{21} & I_{22}, \dots, & I_{2j}, \dots, & I_{2n} \\ & \dots & \dots & \dots & \dots \\ & I_{j1} & I_{j2}, \dots, & I_{ij}, \dots, & I_{in} \\ & I_{m1} & I_{m2}, \dots, & I_{mj}, \dots, & I_{mn} \end{matrix} \quad (16.1)$$

где I_{ij} — значение показателя I_i у j -того проекта (например, если I_i — рентабельность шахты, то I_{j1} — величина рентабельности у первого технического проекта). Величины, взятые в рамки, являются максимальными или минимальными в той или иной строке.

Каждый вектор-столбец $\{I_j\}$ соответствует одному и тому же набору показателей проекта шахты. Для принятия решения по совокупной оценке эффективности проектов требуется вычислить для каждого из них значение некоторого функционала $K_{инт. j} = f \{I_{ij}\}$ множества частных показателей, по уровню которых составляется убывающий или возрастающий ряд сравниваемых проектов:

$$K_{инт.1} \geq K_{инт.2} \geq \dots \geq K_{инт.j} \dots \geq K_{инт.n}$$

Основываясь на общей теории принятия сложных решений и в особенности на методе многокритериальной оптимизации по норме вектора [7], в Московском горном институте д-р техн. наук А. С. Малкин и канд. техн. наук Е. Н. Тучков [27, 30] разработали метод интегральной оценки качества проектов шахт, названный ими методом суммарных среднеквадратичных весовых отклонений. Сущность метода сводится к следующим основным моментам. Исходными данными служат итоговые технико-экономические показатели выполненного проекта, одного-двух утвержденных и реализованных проектов, а также одной-двух действующих шахт.

Таким образом, вместе с выполненным проектом матрица технико-экономических показателей будет включать пять или четыре (без зарубежной шахты) столбца. К достоинству данного метода интегральной количественной оценки проектов шахт следует относить возможность включать в ряд сравниваемых проектов любое число объектов, независимо от некоторого различия в горно-геологических условиях. Главным условием должны быть высокая прогрессивность параметров шахты и экономичность показателей. В целях более полного и объективного анализа технико-экономические показатели матрицы *A* подразделяются на три комплекса: производственно-технические, экономические показатели и горно-геологические характеристики проекта шахты (табл. 16.1).

От объектов сравнения не требуется полной аналогии в горно-геологических условиях. Тем не менее для выявления истинных достоинств технологических решений и технико-экономических показателей следует брать сравнительно однородные предприятия (уголь близких марок, по мощности пластов — тонкие, средней мощности, по углу падения — пологие, отдельно наклонные, отдельно крутые, по проектной мощности — от 1,5 до 2,4 млн. т/год, от 2,4 до 4,5 млн. т/год, от 3 до 6 млн. т/год и т. д.). Далее составляется условный эталон — проект, имеющий самые высокие, прогрессивные и экономичные показатели. Вместе с тем условному эталону-проекту предпосылаются и самые благоприятные горно-геологические условия.

При обосновании эталона-проекта применяется следующая процедура. В каждой строке матрицы (табл. 16.1) находятся оптимальные (эталонные) значения, соответствующие *min* или *max* показателя. Эти эталонные значения, независимо от того, какому проекту они принадлежат, в комплексе составляют условный эталон-проект. В табл. (16.1) эти значения обведены рамкой и вынесены в отдельную колонку. Естественно, что показатели, которые улучшаются с уменьшением величины (себестоимость, приведенные затраты, газоносность и др.), в эталоне-проекте представляются минимальными значениями из всех сравниваемых проектов, а показатели, имеющие оптимум-максимум (производительность труда, рентабельность, мощность пластов), наоборот — представляются в «эталоне-проекте» максимальными значениями. Если в качестве объектов сопоставления выполненного проекта избираются наиболее прогрессивные из известных в стране и за рубежом, то условный эталон-проект носит не только относительный, но и абсолютный характер, т. е. это в данное время лучший во всех отношениях проект. В случае создания проекта с более высоким уровнем технико-экономических показателей эффективности эти значения присваиваются эталону-проекту и сопостав-

ление производится уже по новому эталону. В этом случае эталон-проект всегда будет прогрессивным и динамичным.

Таблица 16.1 Комплексные характеристики показателей проекта

Наименование технических по- казателей	Значения показателей по проек- там шахт				Эталон-объект	Коэффициент относительной важ- ности показателей эффективности Φ_j
	Выпол- ненный проект шахты №1	Утвер- жденный про- ект шахты №2	Реализо- ванный проект шахты №3	Действу- ющая шахта №4		
1. Комплекс горно-геологических характеристик $\{I_{ij}^{гг}\}$						
Зольность уг- ля, %	J_{11}	J_{12}	J_{13}	J_{14}	J_{13}	6.5
Средневзве- шенный угол паде- ния a , градус	J_{21}	J_{22}	J_{23}	J_{24}	J_{22}	17.0
Газоносность угля X , м ³ /т	J_{31}	J_{32}	J_{33}	J_{34}	J_{34}	15.0
Средневзве- шенная мощность пластов m , м	J_{41}	J_{42}	J_{43}	J_{44}	J_{41}	18.5
Плотность уг- ля γ , т/м ³	J_{51}	J_{52}	J_{53}	J_{54}	J_{53}	10.0
Глубина раз- работки H , м	J_{61}	J_{62}	J_{63}	J_{64}	J_{62}	12.0
Промышлен- ные запасы шахтно- го поля $Z_{пр}$, млн. т	J_{71}	J_{72}	J_{73}	J_{74}	J_{74}	12.0
2. Комплекс производственно-технических показателей $\{I_{ij}^{пт}\}$						
Проектная мощность $A_{г.ш.}$, млн. т	J_{11}	J_{12}	J_{13}	J_{14}	J_{13}	18.8
Нагрузка на очистной забой $A_{о.з.}$, т/сут	J_{21}	J_{22}	J_{23}	J_{24}	J_{21}	17.6
Объем горных выработок на 1000 т годовой проектной мощности $V_{г.в.}$, м ³	J_{31}	J_{32}	J_{33}	J_{34}	J_{34}	14.4

Срок строительства шахты T_c , мес	J_{41}	J_{42}	J_{43}	44	J	J_{43}	14.1
Энерговооруженность рабочего Э, квт*ч/чел	J_{51}	J_{52}	J_{53}	54	J	J_{51}	12.3
Протяженность горных работ на 1000 т годовой проектной мощности, м	J_{61}	J_{62}	J_{63}	64	J	J_{61}	11.6
Срок службы шахты $T_{сл}$, лет	J_{71}	J_{72}	J_{73}	74	J	J_{72}	10.9
3. Комплекс экономических показателей $\{I_{ij}^{ЭК}\}$							
Производительность труда рабочего по добыче Р, т/мес	J_{11}	J_{12}	J_{13}	14	J	J_{11}	18.4
Рентабельность шахты R, %	J_{21}	J_{22}	J_{23}	24	J	J_{21}	19.4
Приведенные затраты $S_{пр}$, руб/т	J_{31}	J_{32}	J_{33}	34	J	J_{33}	16.1
Себестоимость угля С, руб/т	J_{41}	J_{42}	J_{43}	44	J	J_{41}	15.4
Удельные капитальные затраты $K_{уд}$, руб/т	J_{51}	J_{52}	J_{53}	54	J	J_{53}	14.5
Сметная стоимость строительства $K_{см}$, млн. руб	J_{61}	J_{62}	J_{63}	64	J	J_{64}	12.9
Оптовая цена угля $C_{опт}$, руб/т	J_{71}	J_{72}	J_{73}	74	J	J_{72}	11.6

В связи с тем, что горно-геологические характеристики и технико-экономические показатели шахт разнородны и отличаются размерностью, предусматривается приведение показателей к безразмерной, относительной

форме. Приведение разнородных показателей к единой безразмерной форме осуществляется с помощью величины относительного отклонения, определяемого по формуле [27, 30]:

$$\delta_{ij} = \frac{|I_i^{\text{эм}} - I_{ij}^{\phi}|}{I_i^{\text{max}} + I_i^{\text{min}}} \quad (16.2)$$

где $I_i^{\text{эм}}$ и I_{ij}^{ϕ} — соответственно эталонные и фактические; I_i^{max} и I_i^{min} — максимальные и минимальные значения показателей эффективности проектов шахт.

Полученные безразмерные эквиваленты натуральных показателей можно в этом случае складывать, умножать, делить. Это позволяет в результате произвести последовательное суммирование всех отдельных разрозненных показателей и выразить в количественной форме величину интегрального показателя. После вычислений по формуле (16.2) относительных отклонений математическая модель натуральных значений показателей заменяется матричной моделью относительных отклонений.

$$\{\delta_{ij}\} = \begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \dots & \delta_{1j} \dots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \dots & \delta_{2j} \dots & \delta_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{i1} & \delta_{i2} & \delta_{ij} & \delta_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} & \delta_{mj} & \delta_{mn} \end{vmatrix} \quad (16.3)$$

Для решения практических задач в области интегральной оценки проектов необходимо правильно выбрать вид суммирующей функции $K_{\text{инт.}j}$ - Выбор этой функции, позволяющей свести относительные отклонения у любого из проектов к единому многомерному функционалу — интегральному показателю $K_{\text{инт.}}$, предопределяется законом распределения относительных отклонений по строкам и столбцам матрицы XI.3. Нормальный закон распределения величин относительных отклонений в матрице XI.3 позволяет принять в качестве суммирующей функции квадратичную среднеарифметическую функцию

$$K_{\text{инт.}j} = f\{\delta_{ij}\} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\delta_{ij})^2} \rightarrow \min \quad (16.4)$$

$$(i = 1, 2, \dots, m; \\ j = 1, 2, \dots, n).$$

Следовательно, интегральный показатель технико-экономической эффективности проекта шахты представляет собой суммарную величину среднеквадратичных относительных отклонений по всем важным дифференцированным технико-экономическим показателям от их эталонных значений. Чем меньше это суммарное отклонение, тем в меньшей степени реальный проект уступает условному эталонному варианту, т. е. тем эффективнее данный проект. Интегральный показатель эффективности любого из сравниваемых проектов в этом случае будет отражать его степень ухудшения, удаления от несуществующего, но наилучшего варианта проекта. Как следует из формул 15.2 и 15.4, наличие среди технико-экономических показателей групп-критериев, эталонное значение которых стремится к минимальной и максимальной величине $I_i^{эм} \rightarrow \min$, $I_{i+1}^{эм} \rightarrow \max$, уже не делает неопределенным оптимальное значение интегрального показателя, в отличие от моделей

(15.5), (15.6). В этих условиях увеличение $k_i = \delta_i = \frac{I_i^{эм} - I_{ij}^ф}{I_i^{\max} + I_i^{\min}}$ показыва-

ет ухудшение качества как для первой группы критериев ($I_i^{эм} \rightarrow \min$), так и для второй группы критериев ($I_{i+1}^{эм} \rightarrow \max$). Следует помнить, однако, что относительное отклонение фактических значений показателей у проектов от эталонных по группе критериев с оптимумом, стремящимся к \min , имеет отрицательный знак, а по группе критериев с оптимумом-максимумом — положительный. В связи с этим в формуле (16.2) в числителе стоит обозначение модуля величины отклонения.

Объективность интегральной оценки связана с учетом неодинаковой народнохозяйственной важности и актуальности отдельных технико-экономических показателей. В представленном виде интегральный показатель не в полной мере отражает важность, народнохозяйственную актуальность отдельных показателей эффективности. Относительное отклонение от эталона по сроку строительства у одного проекта имеет по существу то же значение, то же вес, что и равное по величине отклонение по мощности шахты у другого проекта, а отклонение по сметной стоимости может компенсировать равное по величине отклонение по себестоимости и т. д. Без учета неодинаковой важности частных показателей эффективности, а это значит и относительных отклонений по ним, нельзя правильно решить чрезвычайно ответственную задачу выделения наиболее эффективного проекта среди ему подобных.

Степень важности частных показателей технико-экономических показателей приходится обосновывать всякий раз при обычных методах сопоставления и экспертизы проектов. Однако до настоящего времени нет обоснованного единого мнения (и тем более численного выражения этого мнения): какой показатель имеет первостепенное значение, насколько менее важен другой и т. д. Возможно, в этом и не может быть единых универсальных для всех случаев рекомендаций. В одних районах строительства шахты, где имеется дефицит рабочей силы, важнее всего добиться максимально возможной производительности труда, в других районах важнее добиться сокращения срока строительства и наибольшей мощности шахты (трудности с обеспечением потребностей в угле) и т. д.

Кроме того, при установлении приоритета (важности) одних показателей относительно других лицо, принимающее решение, использует помимо связанных с этим решением нормативных данных какую-то базисную информацию. Эта информация представляет собой сложный комплекс хранящихся в памяти сведений, накопленного опыта, оценок и т. д., поступавших к эксперту по различным каналам, т. е., полученная информация и установление важности показателей носят интуитивный характер. Для количественной оценки степени важности показателей может быть применен ряд методов, и в частности, метод экспертных оценок. Анкета, составленная для исследования относительной степени важности показателей эффективности проектов, предназначалась для четырех групп экспертов (технологов-производственников, технологов-проектировщиков, экономистов-проектировщиков и научных работников). К экспертному опросу было привлечено 90 специалистов горного дела, работающих в проектных, научно-исследовательских, учебных институтах, на шахтах и в объединениях. Оценка важности показателей каждым из экспертов производилась по двадцатибалльной шкале.

В результате обработки анкетной информации определяется степень важности (функция полезности) основных технико-экономических показателей, а также определяется степень согласованности мнений всех экспертов и их отдельных групп. Кроме того, выявляется вид распределения оцениваемых показателей. Так были получены надежные значения функций полезности для всех технико-экономических показателей φ_i (см. табл. 15. 1, последнюю графу).

Учет неодинаковой степени народнохозяйственной важности показателей при вычислении интегрального показателя качества проектов наиболее удобен в форме удельных коэффициентов важности. Удельные коэффициен-

ты важности вычисляются из полученных экспертным путем функций полезности по формуле:

$$\varphi_{i.yd} = \frac{\varphi_i}{\varphi_{cp}} = \frac{\varphi_i}{\frac{\sum_{i=1}^m \varphi_i}{m}} = \frac{m\varphi_i}{\sum_{i=1}^m \varphi_i} \quad (16.5)$$

Этим самым устраняется зависимость уровня коэффициентов важности от диапазона балльной оценки от 0 до 4; от 0 до 20 и т. д. Формула для вычисления интегральных показателей качества проектов:

$$K_{интj} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\delta_{ij} \frac{\varphi_i}{\varphi_{cp}} \right)^2} = \frac{1}{\varphi_{cp}} \sqrt{\sum_{i=1}^m (\delta_{ij} \varphi_i)^2}$$

$$K_{интj} = \frac{m}{\sum_{i=1}^m \varphi_i} \sqrt{\sum_{i=1}^m (\delta_{ij} \varphi_i)^2} \quad (16.6)$$

где φ_i ; — функция полезности конкретного i -го показателя эффективности проекта или важности горно-геологической характеристики;

$$\varphi_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m \varphi_i}{m} \text{ — среднее значение функции полезности по всем показателям (характеристикам) эффективности проекта или технологичности горно-геологических условий; } m \text{ — число дифференцированных показателей эффективности проекта или технологичности горно-геологических условий,}$$

принятых для всесторонней оценки; $\frac{\varphi_i}{\varphi_{cp}}$ — относительный вес функции полезности i -го показателя по сравнению со средней полезностью m показателей, принятых для всесторонней оценки.

Этим самым возможные отклонения проекта по показателям от условно-эталонного получают взаимно отличный вес и народно-хозяйственную важность. Естественно, что определение коэффициентов сравнительной народнохозяйственной важности φ_i (оценок полезности) производится один раз. Полученные значения могут затем длительно использоваться.

Сформулированные математические приемы интегральной оценки качества проектов легко переводятся на алгоритмический язык, в результате чего задача реализуется на ЭВМ.

Интегральный показатель определяется отдельно по каждому комплексу производственно-технических и экономических показателей: $K_{интj}^{нт}$ и $K_{интj}^{эк}$.

Кроме того, важно определить обобщающий интегральный показатель сравнительной благонадежности, т. е. технологичности горно-геологических условий шахт по совокупности наиболее общих характеристик. Таким образом, окончательное совокупное решение выносится как синтез решений по частным техническим и экономическим показателям с учетом совокупной количественной характеристики горно-геологических условий. Необходимо отметить, что при таком состоянии оценки наблюдается несколько аспектов рассмотрения одного и того же проекта, т. е., появляется возможность более тщательно анализировать оцениваемый проект шахты

ЛЕКЦИЯ № 17

Система автоматизированного проектирования угольных шахт (САПР)

17.1 Основные принципы создания систем автоматизированного проектирования

САПР - организационно-техническая система, включающая комплекс взаимосвязанных с подразделениями проектной организации средств автоматизированного проектирования [3].

Под средствами автоматизированного проектирования подразумевают ЭВМ и различные виды оргтехники, предназначенные для обработки информации, и её передачи пользователям, как в машинном, так и в бумажном виде, а также для размножения.

Основной целью САПР является повышения качества проектирования и, как следствие, технико-экономического уровня проектов.

Кроме этого, САПР направлена на повышение производительности труда проектировщиков, что ведет к снижению стоимости проектных работ.

Для достижения указанных целей необходимо совершенствование технологии и организации проектирования на основе широкого применения современных математических методов, средств вычислительной и иной оргтехники. Помимо этого САПР предусматривает обязательное применение многовариантного проектирования и существенное расширение количества прорабатываемых вариантов проектных решений.

Еще одной отличительной особенностью САПР является создание электронной базы данных для проектирования и соответствующих информационно-поисковых систем (ИПС). Электронная база данных включает в себя данные об объекте проектирования, действующие эталоны проектов, нормативно-технические документы, типовые проектные решения, пакеты прикладных программ, справочную информацию о различных видах техники и технологии, материалах, ценах и т.п.

ИПС позволяют оперативно находить в базе данных необходимую информацию, формировать локальные базы данных для их обработки с помощью прикладных программ и выполнении необходимых расчетов.

САПР направлена так же на обеспечение качественного оформления и выдачи заказчикам проектной документации с помощью различных видов оргтехники: плоттеров, ксероксов, сканеров.

Еще одним важным аспектом САПР является повышение доли творческого труда проектировщиков за счет существенного уменьшения объема рутинных вычислительных и оформительских работ.

В настоящее время различают САПР-Т (технологического проектирования). При проектировании строительства используют САПР-П (строительного проектирования). При проектировании шахт используют САПР обоих видов. САПР-Т в свою очередь подразделяют на САПР-Тн (проектирования предприятий с непрерывным характером производства), САПР-Тд (с дискретным характером производства) и САПР-Тн.д (непрерывно-дискретный

характер производства). Последний вид САПР применяется для проектирования угольных шахт.

По месту и роли человека в системе различают САПР советчики и проектировщики. Первые системы выдают проектные решения и рекомендации по нескольким вариантам, предоставляя право проектировщику принимать окончательные решения. Вторые выдают окончательные решения и необходимую документацию, и позволяют вмешиваться в процесс проектирования только в сбойных ситуациях.

При этом реализуются системы с визуальным и без визуального контроля процесса проектирования, без обратной связи. Они не позволяют оперативно вмешиваться в данный процесс. Системы с визуальным контролем и обратной связью позволяют оперативно вмешиваться в процесс проектирования.

По системотехническому уровню и способу проектирования выделяют системы, реализующие локальные, как правило, информационно и программно не взаимосвязанные проектные задачи или комплексы задач. Именно эти системы нашли широкое применение при проектировании шахт. Кроме этого существуют и системы, основанные на комплексном подходе к проектированию с использованием интегрального банка данных. Эти системы чаще всего используются при проектировании предприятий с непрерывным характером производства и являются более совершенными.

17.2 Основные звенья структуры САПР

Основными структурными звеньями САПР являются подсистемы, обладающие всеми свойствами систем. По назначению они подразделяются на проектирующие и обслуживающие.

К первым относят подсистемы, направленные на разработку проектно-сметной документации по соответствующим разделам проекта.

Обслуживающие подсистемы выполняют вспомогательные функции и предназначены для поддержания работоспособности проектирующих подсистем. К их числу относят подсистемы:

- графического отображения объектов проектирования;
- документирования;
- информационного поиска и др.

Указанные подсистемы в свою очередь включают в себя функциональные и обеспечивающие части.

Функциональная часть - совокупность информационно-взаимосвязанных проектных процедур и операций, выполнение которых обеспечивают разработку документации заданного качества и объема по соответствующему разделу проекта.

Обеспечивающая часть состоит из проблемно-ориентированных компонентов, объединенных целевой функцией и создающих условия для нормального функционирования конкретной подсистемы.

Компонент - элемент обеспечения, выполняющий определенную функцию в подсистеме.

Основными компонентами по вилам обеспечения являются:

- методические — методы, математические модели и алгоритмы решения проектных задач и документы, отражающие состав, правила создания, освоения, ввода в действия и эксплуатации средств автоматизации;
- информационные - базы данных, инструкции, справочники и т.п.;
- программные - тексты программ, программы на машинных носителях, инструкции пользователей программ;
- организационные — логические модели и технологические карты автоматизированного проектирования, различные положения, инструкции, приказы, штатные расписания и другие документы, регламентирующие организационную структуру проектных подразделений и их взаимодействие с комплексом САПР.

17.3 Характеристика процесса автоматизированного проектирования

Процесс автоматизированного проектирования представлен на следующей схеме.



Формирование идей проекта предусматривает составление и согласование задания на проектирование объекта и определение основных направлений его создания и функционирования.

Формирование исходного множества вариантов относится к числу частично автоматизированных процедур.

Неавтоматизированными являются: формирование матрицы инженерно-совмещенных проектных решений по элементам проектируемого объекта и проверка их соответствия геологическим, технологическим, социальным и др. условиям:

- эскизная проработка вариантов проектных решений и в случае необходимости их корректировка и уточнение матрицы инженерных решений;
- согласование на НТС вариантов проектных решений.

Автоматизированными является - поиск необходимой информации в банке данных САПР.

Формирование базы данных относится к категориям частично автоматизированных процедур и предусматривает подготовку исходной информа-

ции для выполнения расчетов. Перечень исходных данных определяется видом ЭММ и иных моделей, используемых для обоснования различных ТЭП шахты и её параметров.

Расчет и оценка вариантов выполняется в режиме автоматизированного проектирования с использованием соответствующих математических моделей. Как правило, используют ЭММ, составной частью которых являются блоки горно-геологических, инженерных, экономических и оптимизационных расчетов. В результате анализа расчетов принимается конкретный вариант проекта.

Детализация решений и документирование относятся к категориям частично автоматизированных.

В автоматизированном виде решается комплекс инженерных, сметных и экономических задач, что позволяет уточнить отдельные параметры и показатели шахты по принятому варианту. Разрабатывается соответствующая проектно-сметная документация.

К неавтоматизированным процедурам относят анализ результатов расчетов, выбор окончательных решений, составление пояснительных записок.

Согласование предусматривают подготовку необходимых материалов и их согласование с заказчиком, а так же различными государственными органами и проведение экспертизы проекта.

17.4 Основные принципы формирования видов обеспечения САПР угольных шахт

Основные виды обеспечения САПР включают в себя: методическое, программное, информационные, техническое и организационное.

Методическое обеспечение включает в себя подсистемы и компоненты, созданные на основе применения методов многовариантного проектирования; математических и других моделей, использование которых обеспечивают принятие обоснованных решений по проектируемому объекту и его элементам; использование стандартных вычислительных методов, нормативов и технических требований; блочного принципа формирования методического обеспечения.

Методическое обеспечения предоставляется документами двух типов: нормативно-методические материалы, регламентирующие порядок разработки, внедрения и развития САПР, его подсистем.

Прикладное методическое обеспечения унифицированных подсистем и задач САПР должно удовлетворять следующим требованиям:

- ориентация на передовые методы моделирования проектируемых объектов. Например, для проектирования новых либо реконструкции существующих объектов;

- унифицируемость - возможность использования несколькими организациями;

- блочный принцип построения;

- возможность информационного сопряжения взаимосвязанных задач на основе единого кодификатора информации.

Программное обеспечение подразделяется на:

- общесистемное;

- специальное;

- прикладное.

Общесистемное - операционные системы, трансляторы с алгоритмических языков, системы программирования.

Специальное программное обеспечение организует взаимодействие ЭВМ в составе многоуровневого комплекса технических средств, создание и ведение баз данных, диалоговых систем, графическое и текстовое документирование процесса проектирования, автоматическое обеспечение данными по запросу проектанта.

Компонентами прикладного программного обеспечения являются программы и пакеты прикладных программ, реализующие проектные задачи.

Прикладное программное обеспечение должно удовлетворять следующим требованиям: максимальное использование стандартного и серийного программного обеспечения, модульное построение, расширение и обновление, контроль и диагностика, унификация.

Информационное обеспечение предусматривает формирование баз данных, возможность их логической структуризации по формальным признакам, возможность использования данных несколькими компонентами (подсистемами) САПР, разграничение и запрос массивов данных.

Базы данных включают в себя постоянную и переменную информацию.

Постоянная - это нормативная, техническая, технологическая, геологическая, сметно-экономическая и вспомогательная.

Переменная информация: задания на проектирование, промежуточная и информация для документирования.

Техническое обеспечения предусматривает оснащение проектных организаций средствами вычислительной техники, её периферийных устройств и множительной техники.

Организационное обеспечение включает совокупность документов, определяющих организационную структуру специализированных подразде-

лений, обеспечивающих создание, функционирование и развитие унифицированных подсистем и компонентов САПР проектного института. Для организации автоматизированного проектирования в проектных организациях должны создаваться специализированные подразделения (служба САПР-ПИ) в составе отдела и групп САПР.

Перечень ссылок

1. Бурчаков А.С., Малкин А.С., Устинов М.И., Проектирование шахт. М. Недра, 1985г-399с.
2. Методические указания по курсовому и дипломному проектированию «Стоимостные параметры» (2-е издание переработанное и дополненное) – Донецк: ДонНТУ, 2002г. –55с.
- 3.Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов/ Д.В. Дорохов, В.И. Сивохин. И.С. Костюк и др. – Донецк: ДонНТУ, 1997г.-344с.

Составители : доц.,к.т.н. **ВЫГОВСКИЙ Д.Д.**
доц., к.т.н. **ВЫГОВСКАЯ Д.Д.**