

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет»

А. Н. СУПРУНЕНКО

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

КУРС ЛЕКЦИЙ

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности
130404 «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых»
в качестве электронного учебного пособия

КЕМЕРОВО 2010

Рецензенты:

Хомченко В. Н. – к.т.н., доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых подземным способом

Филимонов К. А. – к.т.н., зав. кафедрой РМПИ, председатель учебно-методической комиссии специальности 130400 "Горное дело"

Супруненко Александр Николаевич. Проектирование горных предприятий: курс лекций для студентов специальности 130404 «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», направления 130400 «Горное дело» [Электронный ресурс] всех форм обучения / А. Н. Супруненко. – Электрон. дан. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2010. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); зв.; цв.; 12 см. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 8 Мб; Windows XP; (CD-ROM-дисковод); мышь. – Загл. с экрана

В курсе лекций показаны направления совершенствования технологических решений по созданию высокопроизводительных добывающих предприятий нового уровня, изложены основные нормативные документы для проектирования, рассмотрены методология проектирования угольных шахт в современных условиях, приведены анализ и оценка эффективности и управления качеством проектов.

© ГУ КузГТУ

© Супруненко А. Н.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕКЦИЯ 1	Тема 1. Организация проектирования горных предприятий (1 час) Тема 2. Содержание проектов строительства и реконструкции горных предприятий (4 часа) Тема 2.1. Формы развития шахт и организация инвестиционного процесса (2 часа) - первый час	3
ЛЕКЦИЯ 2	Продолжение темы 2.1. Формы развития шахт и организация инвестиционного процесса (2 часа) - второй час	10
ЛЕКЦИЯ 3	Тема 2.2. Проектная документация (2 часа) - первый час Продолжение темы 2.2. Проектная документация (2 часа) - второй час	13
ЛЕКЦИЯ 4	Тема 3. Информационная база проектирования (1 час) Тема 4. Методы определения проектных параметров горных предприятий (4 часа) Тема 4.1. Элементы теории принятия решений при проектировании горных предприятий (2 часа)	18
ЛЕКЦИЯ 5	Тема 4.2. Методы принятия решений (2 часа)	20
ЛЕКЦИЯ 6	Тема 5. Основные методические принципы анализа и синтеза технологической схемы предприятия (8 часов) Тема 5.1. Исходные характеристики и поэтапность проектирования предприятий (2 часа)	21
ЛЕКЦИЯ 7	Тема 5.2. Комплексный подход к обоснованию параметров предприятий (2 часа)	25
ЛЕКЦИЯ 8	Тема 5.3. Прогнозирование при проектировании предприятий (2 часа)	31
ЛЕКЦИЯ 9	Тема 5.4. Эффективность и оптимальность при проектировании предприятий (2 часа)	36
ЛЕКЦИЯ 10	Тема 6. Проектирование основных параметров предприятия и его рациональной технологической схемы (7 часов) Тема 6.1. Общие положения (1 часа) Тема 6.2. Обоснование проектных показателей шахты (2 часов) - первый час	41
ЛЕКЦИЯ 11	Продолжение темы 6.2. Обоснование проектных показателей шахты (2 часа) - второй час. Тема 6.3. Обоснование и выбор рациональных вариантов технологической схемы шахты (2 часа) – первый час	43
ЛЕКЦИЯ 12	Продолжение темы 6.3. Обоснование и выбор рациональных вариантов технологической схемы шахты (1 час) – второй час Тема 6.4. Проектирование технологических подсистем предприятия (2 часа) – первый час	46
ЛЕКЦИЯ 13	Тема 6.4. Проектирование технологических подсистем предприятия (2 часа) – второй час Тема 7. Обоснование структур механизации горных работ (1 час)	48
ЛЕКЦИЯ 14	Тема 8. Основные принципы автоматизированного проектирования предприятий (2 часа)	51
ЛЕКЦИЯ 15	Тема 9. Оценка эффективности и качества проектных решений (2 часа)	52
ЛИТЕРАТУРА		53

ЛЕКЦИЯ 1

Тема 1. Организация проектирования горных предприятий (1 час). *Цель и задачи дисциплины. Роль проектирования в развитии подземной разработки угольных месторождений. Организация проектных работ горных предприятий. Направления совершенствования проектирования горных предприятий*

1. Цель и задачи дисциплины. *Целями освоения дисциплины "Проектирование горных предприятий" является формирование у студентов представления о будущей профессии, получение базовых знаний в области проектной деятельности строительства, развития и закрытия предприятий при добыче угля подземным способом.*

Дисциплина "Проектирование горных предприятий" формирует теоретические знания и практические навыки, которые дают возможность выполнять проектную профессиональную деятельность.

Для работы в профессиональной проектной деятельности студент должен научиться решать следующие задачи:

- проводить технико-экономическую оценку месторождений твердых полезных ископаемых и объектов подземного строительства, эффективности использования технологического оборудования;
- обосновывать параметры горного предприятия;
- выполнять расчеты технологических процессов, производительности технических средств комплексной механизации работ, пропускной способности транспортных систем горных предприятий, составлять графики организации работ и календарные планы развития производства;
- обосновывать проектные решения по обеспечению промышленной и экологической безопасности, экономической эффективности производств по эксплуатационной разведке, добыче и переработке полезных ископаемых, при строительстве и эксплуатации подземных объектов;
- разрабатывать необходимую техническую документацию в составе творческих коллективов и самостоятельно;
- самостоятельно составлять проекты и паспорта горных работ;
- осуществлять проектирование предприятий по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также строительству подземных объектов с использованием современных систем автоматизированного проектирования.

Основой дисциплины "Проектирование горных предприятий" является методология принятия решений по проектируемой шахте, рассматриваемой с позиций системного подхода. Соответственно составляющими элементами шахты-системы являются разные объекты, знание о которых необходимо иметь из предшествующих дисциплин.

2. Роль проектирования в развитии подземной разработки угольных месторождений. Для того, чтобы начать строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение или обеспечить поддержание производственной

мощности горного предприятия, необходимо разработать проект, т. е. прототип или прообраз будущего предприятия.

Проект – это полный комплект технической и экономической документации, которая содержит все необходимые технологические, объемно-планировочные, конструктивные, организационно-экономические и другие решения, обеспечивающие строительство объекта и его эффективное функционирование с заданными параметрами, а также определяет сметную стоимость строительства и технико-экономические показатели эксплуатации в конкретных условиях.

Проектирование горных предприятий (ГП) включает: определение целей и оценку эффективности реализации проекта, конструирование целесообразных (в конкретных горно-геологических условиях) приемлемых вариантов технологической схемы ГП, оптимизацию их параметров, расчет производительности производственных процессов и пропускной способности технологических звеньев, детальное описание и графическое изображение всех рассматриваемых и окончательно принятых к воплощению решений на основе использования нормативов, исходной информации и научно-производственных знаний.

Проектирование является решающим звеном в цикле "наука – производство", что определяет его особую роль в обществе, как необходимого этапа научно-технического прогресса, технической и экономической политики государства

К числу объективных особенностей любого крупного проекта горного предприятия относятся:

- большая потребность в денежных и материальных ресурсах и длительные сроки реализации проекта;
- сложность надежной оценки конечной эффективности (особенно экономической) проекта с позиций ближайшего краткосрочного периода и необходимость расчетов эффекта с позиций долговременной перспективы;
- убывающая по годам надежность прогнозирования будущих экономических характеристик объекта и высокая величина риска;
- особая роль и большие масштабы эффектов и ущербов социального и экологического характера, которые могут возникнуть в перспективе;
- повышенная зависимость экономики проекта от условий внешней среды, т.е. от прогнозируемых величин потребностей в продукции, динамики рыночных цен, экологических и других ограничений.

От качества проектов непосредственно зависит технический и экономический уровень создаваемых объектов, сроки и стоимость их строительства, качество и стоимость выпускаемой продукции, материалоемкость и трудоемкость строительства и эксплуатации, рациональное использование ресурсов. Качество проектных решений, в конечном счете, оказывает непосредственное влияние на конкурентоспособность предприятия в рыночной среде.

В теоретическом плане проектируемые горные предприятия принято рассматривать как *сложные системы*, прежде всего из-за большой масштабности и структурной сложности современного горного производства. Наиболее существенными особенностями шахт как больших систем являются:

- наличие единой цели функционирования для всех элементов системы (процессов и объектов горного производства), несмотря на их многообразие и разную природу;
- иерархичность структуры, многообразие связей между элементами и большое разнообразие различных состояний, которые система может принимать под воздействием внешней среды или внутренних причин;
- недостаточная определенность исходной (прежде всего горно-геологической) информации, которая требует уточнения в процессе строительства и эксплуатации объектов.

Данные особенности горных предприятий объясняют сложность, многоплановость их изучения и проектирования, требуют участия специалистов различных отраслей знаний, богатого арсенала математических методов, методических приемов и средств вычислительной техники. Решение задач проектирования, связано всегда с проблемой оптимизации, т.е. с поиском наилучших в том или ином смысле проектных решений, выбором одной из конкурирующих альтернативных технологических схем, одного из значений параметров, вариантов перспективного развития. Одним из наиболее универсальных инструментов принятия решений является математическое моделирование и системы автоматизированного проектирования (САПР).

3. Организация проектных работ горных предприятий. Основными участниками (субъектами) которого является: инвесторы, заказчики, строительные организации (подрядчики) и проектные организации (рис. 1.1).

Инвесторы осуществляют капитальные вложения с использованием собственных и (или) привлеченных средств в соответствии с законодательством Российской Федерации. Инвесторами могут быть физические и юридические лица.

Заказчики – уполномоченные инвесторами физические и юридические лица (наделенные правами), которые осуществляют реализацию инвестиционных проектов. Заказчиками могут быть инвесторы.

Подрядчики – физические и юридические лица, которые выполняют работы по договору подряда или контракту, заключаемым с заказчиком.

Проектные организации – осуществляют по заданию заказчиков разработку предпроектной и проектной документации.

Проектные организации и их должностные лица несут ответственность за экономичность, надежность, безопасность, полноту и эффективность предусмотренных в проектах мероприятий по охране здоровья трудящихся и окружающей среды, за соблюдение нормативных требований при проектировании.

Утвержденный проект является основанием для финансирования строительства, заказа основного оборудования, а также заключения договора подряда на капитальное строительство.

Проектная организация осуществляет авторский надзор за строительством предприятия, соответствием мощностей и других технико-экономических показателей их проектным значениям, а также решает все связанные с проектированием вопросы, которые возникают в процессе строительства, приемки объектов в эксплуатацию и освоения их проектных мощностей.

Проектная организация по каждому проектируемому предприятию назначает главного инженера проекта, который является техническим руководителем проекта и осуществляет увязку всех частей проекта, выполняемых в производственных подразделениях и в субподрядных проектных организациях.

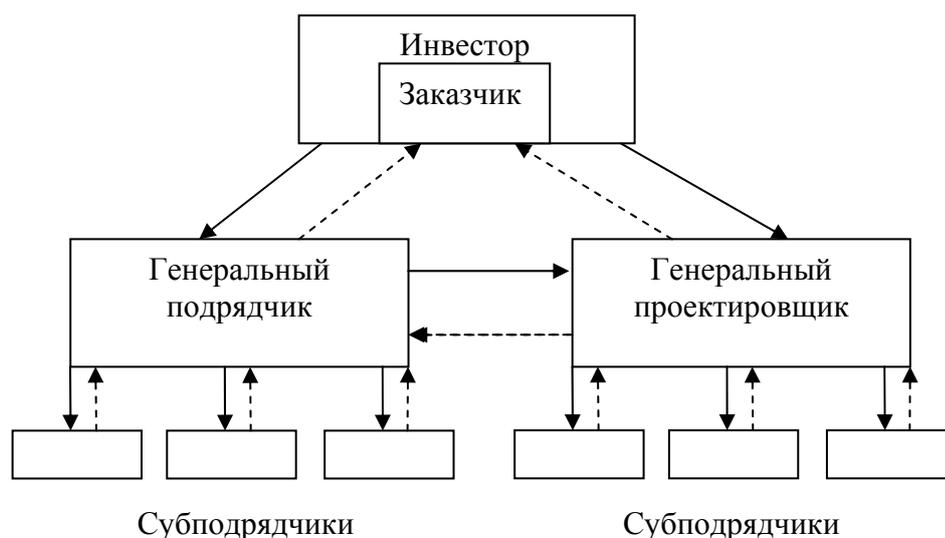


Рис. 1.1. Схема взаимодействия участников инвестиционного процесса

4. Направления совершенствования проектирования горных предприятий.

Современные проекты горных предприятий должны обеспечивать:

а) высокий технико-экономический уровень и конкурентоспособность проектируемых объектов;

б) реализацию достижений науки, техники, передового отечественного и зарубежного опыта с тем, чтобы построенные или реконструируемые предприятия были технически передовыми и выпускали продукцию высокого потребительского уровня;

в) безопасное ведение горных работ, комфортные условия труда, также взрыво- и пожаробезопасность всех объектов горного предприятия;

г) рациональное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды.

Задачи совершенствования проектирования горных предприятий в этих условиях состоят: с одной стороны – в повышении качества проектной продукции, с другой стороны – в сокращении трудоемкости и сроков проектирования, повышении эффективности и производительности труда проектировщиков.

К числу основных направлений совершенствования проектирования горных предприятий относятся:

1. Совершенствование технологических, объемно-планировочных и конструктивных проектных решений, что предусматривает:

- применение способов и схем вскрытия и подготовки шахтных полей, обеспечивающих высокую концентрацию горных работ, минимальный объем проводимых и поддерживаемых выработок, бесступенчатый и по возможности непрерывный транспорт, прямоточное проветривание;

- рациональное и комплексное извлечение запасов угля и сопутствующих полезных ископаемых в пределах горного отвода;

- применение наиболее прогрессивных видов забойного оборудования, обеспечивающего высокие технико-экономические показатели при минимальной трудоемкости работ;

- применение наиболее совершенных видов крепления и способов охраны выработок (в т.ч. по бесцеликовой технологии), обеспечивающих их безремонтное поддержание в течение всего срока службы;

- преимущественное применение столбовых систем разработки с длиной выемочных столбов, создающих возможность длительной работы комплексов очистного оборудования без демонтажа;

- применение эффективных схем и способов вентиляции шахт и выемочных участков, дегазации пластов и их спутников, вмещающих пород и выработанных пространств, кондиционирование шахтного воздуха и меры по борьбе с пылью с тем, чтобы обеспечивалось безопасное ведение работ, нормальные климатические и санитарные условия в шахтах.

2. Применение в строительстве прогрессивных материалов и изделий.

Рациональная компоновка зданий и сооружений на поверхности с учетом технологии и организации строительства и возможности последующего расширения производства. Прогрессивным направлением при проектировании горных предприятий является разработка технических решений на базе унифицированных зданий вспомогательного назначения. Многоцелевые здания полной заводской готовности, готовы к установке на площадке и подключению к внешним сетям и коммуникациям. Также легкие металлические конструкции, предварительно напряженные железобетонные конструкции, стальные конструкции из эффективных профилей и т.п.

3. Обеспечение высокой обоснованности и достоверности проектных технико-экономических показателей.

Проблема обеспечения высокой достоверности и надежности проектов особенно актуальна для горных предприятий. Материалы геологических отчетов в целом имеют прогнозный характер, что вызывает необходимость, с одной стороны, учитывать это обстоятельство при разработке проектной документации путем соответствующего резервирования звеньев технологических схем, а с другой –

принимать дополнительные меры по дальнейшему совершенствованию методики и техники разведки, а также обработки и интерпретации разведочных данных.

Повышенная степень риска реализации таких проектов в рыночных условиях делает необходимым видоизменять технологию и организацию проектных работ с тем, чтобы обеспечить большую гибкость, адаптивность принимаемых проектных решений к изменяющейся информации о внешней среде. Важная роль в решении таких задач принадлежит методам многокритериальной количественной оценки качества проектных решений, которые позволяют оперативно и комплексно оценивать принимаемые решения с позиций не только их технического совершенства, но и экономической эффективности.

4. Оптимизация проектных решений и автоматизация проектирования.

Специфика эксплуатации месторождения, достигнутый уровень развития технологии и организации производства допускают при проектировании горных предприятий определенную свободу выбора их качественных и количественных параметров, на согласованное сочетание которых оказывают влияние многочисленные природные и технологические, организационные, социально-экономические, экологические и другие факторы.

Выбор оптимальных проектных решений требует многовариантного проектирования, которое в полном масштабе практически может быть осуществлено только при использовании *системы автоматизированного проектирования (САПР)*.

Это выбор рациональных направлений инвестиций и обоснование их осуществления. Особенно актуально обеспечение высокой достоверности и надежности проектов для горных предприятий. Материалы геологических отчетов в целом имеют прогнозный характер, что вызывает необходимость, с одной стороны, учитывать это обстоятельство при разработке проектной документации путем соответствующего резервирования звеньев технологических схем, а с другой – принимать дополнительные меры по дальнейшему совершенствованию методики и техники разведки, а также обработки и интерпретации разведочных данных.

Переход к рыночным отношениям в экономике предъявляет достаточно жесткие требования к возводимым объектам, их качеству и срокам строительства. В этих условиях существенно изменилась роль проектных организаций в инвестиционном процессе, а именно – определилось непосредственное участие проектировщиков в выборе рациональных направлений инвестиций и обосновании их осуществления. Поэтому при проектировании горных предприятий, помимо традиционных показателей, учитывающих стоимость, качество и сроки строительства объектов, должны применяться новые виды оценок, отражающих конкурентоспособность проектируемого предприятия при изменениях конъюнктуры рынка.

В САПР комплексного подхода требуют следующие задачи. Первая, основная задача, направлена на улучшение результатов проектной деятельности, вторая, вспомогательная – на совершенствование самого процесса проектирования.

Каждый проект имеет жизненный цикл. Под *проектным (жизненным) циклом* понимается промежуток времени между моментом зарождения проекта и моментом его ликвидации. Состояния, через которые проходит проект, называется фазами (стадиями). Принципиальная структура проектного цикла и его основные фазы приведены на рис. 1.2.

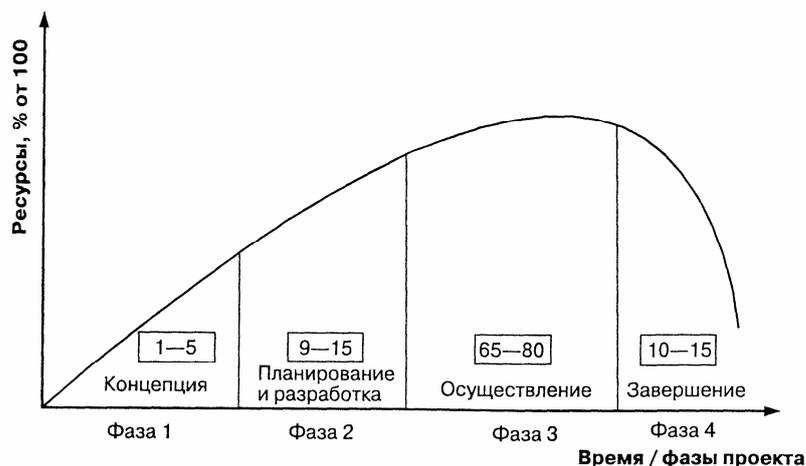


Рис. 1.2. Принципиальная структура жизненного цикла традиционного инвестиционного проекта

Результатом проекта является продукция, результаты, полезный эффект проекта. В качестве результата, в зависимости от цели проекта, могут выступать: научная разработка, строительный объект, новый технологический процесс, программное средство, реструктурированная компания, сертифицированная система качества и т. д. Об успешности проекта судят по тому, насколько он соответствует по своим затратным/доходным, инновационным, качественным, временным, социальным, экологическим и другим характеристикам запланированному уровню.

Тема 2. Содержание проектов строительства и реконструкции горных предприятий (4 часа)

Тема 2.1. Формы развития шахт и организация инвестиционного процесса (2 часа) – первый час. *Технологическое воспроизводство шахтного фонда*

1. Технологическое воспроизводство шахтного фонда. Объем и виды проектных работ по развитию шахтного фонда и отдельных шахт определяется производственными целями и задачами, а также возможностями финансирования.

Основными формами развития шахтного фонда являются следующие (рис. 1.3).

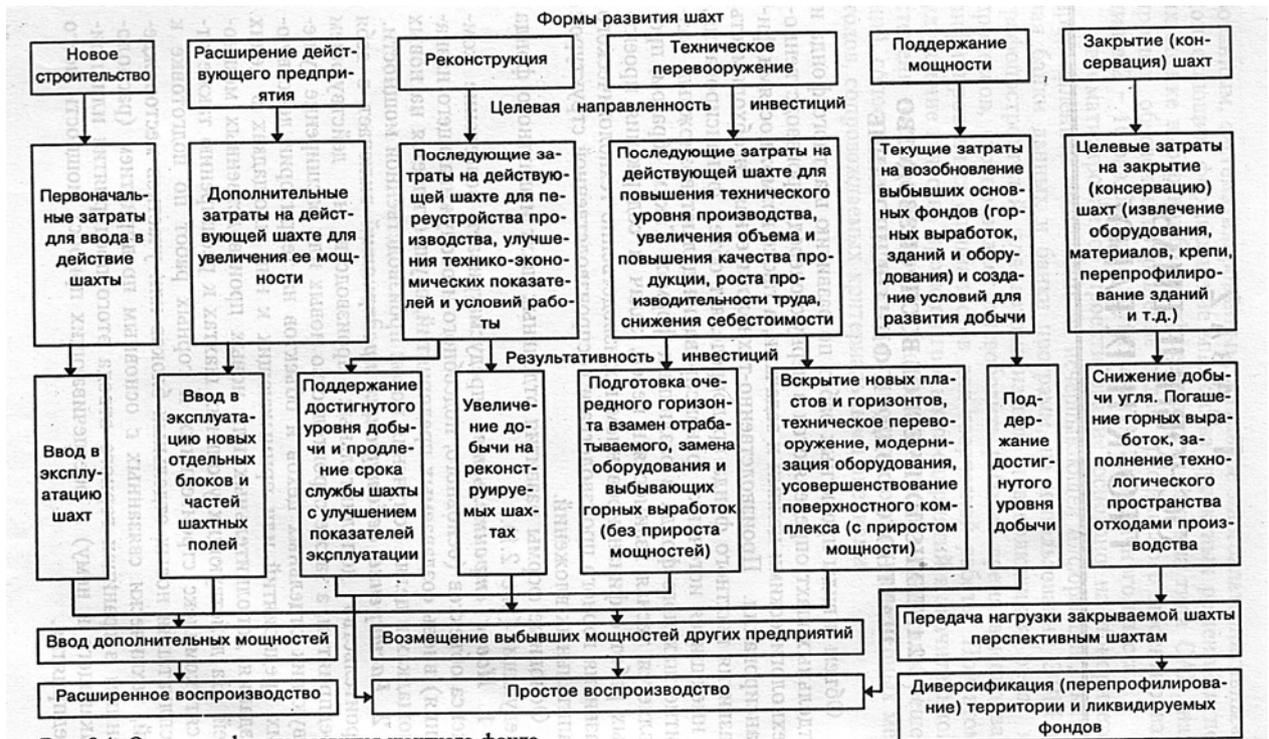


Рис. 1.3. Основные формы развития шахтного фонда

Таким образом, любая форма инвестирования требует разработки проектной документации. Общим признаком всех проектов является большой временной лаг (запаздывание) между понесенными затратами и полученными доходами.

Вопросы:

1. Организация проектных работ горных предприятий.
2. Направления совершенствования проектирования горных предприятий.
3. Формы развития шахт (новое строительство, расширение, реконструкция, техническое перевооружение, поддержание мощности, закрытие).

ЛЕКЦИЯ 2

Продолжение темы 2.1. Формы развития шахт и организация инвестиционного процесса (2 часа) - второй час. Стадии и этапы проектирования

2. Стадии и этапы проектирования горных предприятий. Процесс разработки проекта строительства горного предприятия продолжителен (до 1,0-1,5 лет), сложен в принятии оптимальных решений из-за неопределенности первоначальной информации, требует постоянных уточнений и корректировок проекта, включая доразведку выработками при строительстве предприятия (шахты, рудника, разреза), поэтому в практике проектирования строительства предприятия определены три стадии проектирования (внутри каждой стадии выделены этапы).

1. Предпроектная (прединвестиционная) стадия: разрабатываются проектные документы: 1.1. Разработка кондиций полезного ископаемого (для подсчета

балансовых запасов); 1.2. Обоснование инвестиций в строительство горного предприятия (оценка технической осуществимости и экономической целесообразности проекта); 1.3. "Бизнес-план строительства горного предприятия" (обязательный документ для получения кредита при его необходимости). На данной стадии заказчик принимает решение о целесообразности инвестирования будущего проекта горного предприятия.

При развитии горных работ на действующем горном предприятии (расширении, реконструкции, техническом перевооружении, поддержании производственной мощности, закрытии-консервации) разрабатываются «Обоснования инвестиций...» соответствующего вида проектных работ.

2. Проектная (инвестиционная) стадия: 2.1. Разработка проекта (ТЭО – технико-экономического обоснования); 2.2. Разработка рабочих чертежей.

3. Производственная стадия: 3.1. Строительство предприятия; 3.2. Эксплуатация предприятия; 3.1. Развитие горных работ; 3.2. Закрытие предприятия.

Тема 2.2. Проектная документация (2 часа) – первый час. *Обоснование инвестиций в строительство и техническое оснащение горных предприятий. Бизнес-план. Задание на проектирование. Техничко-экономическое обоснование (проект) строительства шахты*

1. Обоснование инвестиций в строительство (новое строительство, расширение, реконструкция, техническое перевооружение, поддержание мощности, закрытие) горных предприятий. Данный проектный документ (пояснительная записка и графические материалы) разрабатывается с целью доказать коммерческую целесообразность инвестирования (капиталовложений) в соответствующий вид строительства (новое строительство, расширение, ...) предприятия. В "Обосновании инвестиций..." должны быть выполнены альтернативные варианты технологической схемы предприятия, отражающие принципиальные объемно-планировочные решения, расчеты по определению инвестиций, социальных, экологических и других последствий осуществления строительства и эксплуатации, включая потери сельскохозяйственного производства, связанных с изъятием земельных участков. Состав и содержание «Обоснования инвестиций...» определяются договором между заказчиком и генеральным проектировщиком и должны быть достаточными для проведения необходимых согласований и экспертиз.

Основные результаты разработки "Обоснования инвестиций...":

- общие выводы о хозяйственной необходимости, технической возможности, коммерческой, экономической и социальной целесообразности инвестиций в строительство горного предприятия;

- основные технико-экономические и финансовые показатели объекта инвестирования, рекомендуемые для утверждения заказчиком;

- рекомендации по дальнейшему порядку проектирования, строительства и эксплуатации предприятия;

- программа проектирования и проведения необходимых изысканий, план-график осуществления инвестиционного проекта;

- документы согласований и экспертиз.

2. Бизнес-план. Проектный документ разрабатывается на предпроектной стадии реализации проекта, т.е. стадии на которой инвестор должен сделать прогноз развития событий и выработать мероприятия, сводящие к минимуму степень риска вложения средств в предпринимательскую деятельность. Основной задачей бизнес-плана является получения убедительных доводов в пользу разработки и реализации проекта для заказчика и потенциальных инвесторов-кредиторов (банка). Кредиторы привлекаются всегда в тех случаях, когда у заказчика не хватает собственных средств. Основные разделы бизнес-плана содержат:

- характеристики проекта: цель проекта, его ориентация, экономической окружение, объемы продукции, конкуренция на рынке, отличительные особенности применяемой технологии;
- оценка условий осуществимости проекта на рынке и маркетинговый план;
- производственный и организационный планы;
- финансовый план и оценка эффективности проекта.

3. Задание на проектирование. Составляет заказчик с участием генерального проектировщика. Этот документ является приложением к договору на проектные услуги. В задании на проектирование указываются характеристики будущего предприятия, требования к нему, включая основные технико-экономические показатели, которые должны быть достигнуты в проекте. Вместе с утвержденным заданием на проектирование заказчик передает генеральному проектировщику утвержденный акт о выборе площадке под строительство шахты, технические условия на присоединение к источникам энергии, инженерным сетям, коммуникациям.

4. Технико-экономическое обоснование (проект) строительства шахты. Проект – основной проектный документ. Проект строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения шахты состоит из следующих разделов: общая пояснительная записка; генеральный план и транспорт; технологические решения; управление производством, предприятием и организация условий и охраны труда рабочих и служащих; архитектурно-строительные решения; инженерное оборудование, сети и системы; организация строительства, охрана окружающей среды, инженерно-технические мероприятия гражданской обороны; меры по предупреждению чрезвычайных ситуаций; сметная документация; расчетная стоимость строительства.

Вопросы:

1. Стадии и этапы проектирования горных предприятий.
2. Обоснование инвестиций в строительство (новое строительство, расширение, реконструкция, техническое перевооружение, поддержание мощности, закрытие).
3. Бизнес-план строительства шахты.
4. Технико-экономическое обоснование (проект) строительства шахты.

ЛЕКЦИЯ 3

Продолжение темы 2.2. Проектная документация (2 часа) - второй час. Рабочая документация. Сметная документация. Типовые, унифицированные и повторно применяемые проекты и проектные решения. Особенности разработки проекта ликвидации (консервации) шахты

5. Рабочая документация. Выполняется проектировщиками на основании утвержденного ТЭО или проекта для проведения строительных работ. Разработкой рабочих чертежей заканчивается проектирование и начинается строительство.

6. Сметная документация. Методология составления. Смета – это документ, на основе которого планируются капитальные вложения, осуществляется финансирование строительства, ведутся расчеты между заказчиками и подрядными организациями за выполненные работы.

Цена каждого отдельного объекта строительства определяется сметой, составленной на основе проекта. Сметная стоимость строительных и монтажных работ, утвержденная в установленном порядке, выполняет роль цены на строительную продукцию. Исходя из сметной стоимости строительства, определяется балансовая стоимость вводимых в действие основных фондов построенных предприятий, зданий и сооружений.

На основе сметных норм на материалы, ставок оплаты, цен и тарифов на перевозки исчисляются единичные расценки на производство единицы элементов и видов работ. Единичные расценки служат основой составления смет на объекты строительства – они определяют прямые затраты по смете. Полная сметная стоимость определяется с учетом накладных расходов и плановых накоплений.

Основой сметно-нормативной базы являются сметные нормы: элементные сметные нормы разрабатываются на принятую единицу измерения, единичные расценки – это цена единицы работ или отдельного конструктивного элемента и представляет собой калькуляцию прямых затрат. (Калькуляция – расчет в денежном выражении совокупности расходных статей при определении себестоимости продукции, работ, услуг перед запуском в производство для сравнения с розничной ценой и определения дохода). Единичные расценки служат для составления сметной документации и для расчетов за выполненные работы. Основным нормативным документом для составления единичных расценок являются сборники элементных сметных норм.

Состав документации, разработанной на стадии "проект", должен содержать (рис. 2.1):

- сводные сметные расчеты стоимости строительства предприятия;
- объектные и локальные сметные расчеты (вскрытие шахтного поля, подготовка пласта, ствол, ...);
- сметные расчеты на отдельные виды затрат (расширение выработки).

Стоимость строительства в сметной документации заказчика рекомендуется приводить в двух уровнях цен:

- в базисном (постоянном) уровне, определяемом на основе действующих сметных норм и цен;

- в текущем или прогнозном уровне, определяемом на основе цен, сложившихся ко времени составления смет или прогнозируемых к периоду осуществления строительства.

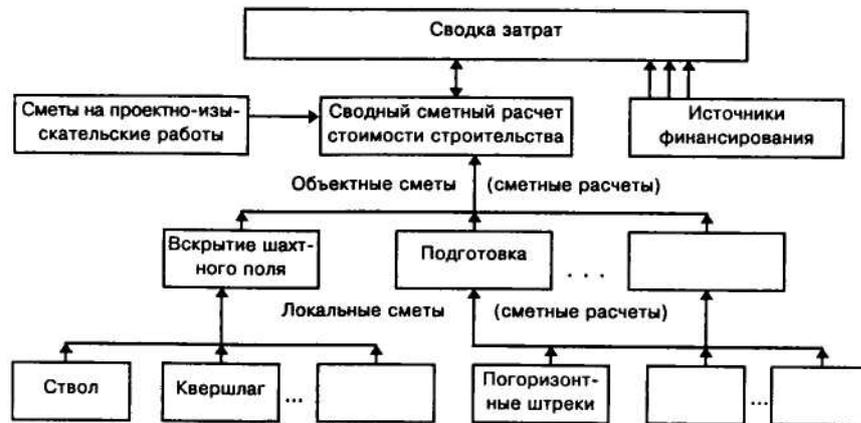


Рис. 2.1. Блок-схема сметных затрат

На основе текущего (прогнозного) уровня стоимости, определенного в составе сметной документации, заказчики и подрядчики формируют свободные (договорные) цены на строительную продукцию.

7. Типовые, унифицированные и повторно применяемые проекты и проектные решения. Типовым проектом называют проект для многократного использования при строительстве однотипных сооружений. Основа типового проектирования – унификация схемы и элементов сооружения. К типизированным объектам подземной части шахты относят поперечные сечения и сопряжения горных выработок с различными видами крепи, камеры распределительных пунктов и электроподстанций, загрузочных пунктов т. д.

Преимущества строительства сооружения по типовым проектам состоят в следующем:

а) уменьшается по сравнению с индивидуальным проектированием объем проектных работ, б) сокращаются сроки и стоимость строительства, в) появляется возможность массового заводского изготовления конструктивных элементов сооружения.

Использование типового проекта для конкретных условий строительства сооружения требует внесения в чертежи ряда уточнений, связанных с характеристикой местных грунтов, рельефа, подземных вод и др. Это уточнение называют привязкой проекта.

Унификация сооружений горных предприятий – приведение объемно-планировочных и конструктивных решений к единообразию на основе определения оптимальных параметрических рядов соответствующих сооружений. Для объектов, не поддающиеся простому тиражированию, за счет унификации возникают унифицированные и повторно применяемые проекты.

Конструктивные решения характеризуют взаимное расположение, размеры элементов и узлов сооружений, способы их соединения и взаимодействия, а также материал, из которого сделаны элементы (например, размеры элементов крепи горных выработок, материал крепи, конструкции замков и т. п.). *Объемно-*

планировочные решения характеризуют расположение в пространстве, форму и конфигурацию сооружений (например, форму поперечного сечения выработки, ширину на уровне подвижного состава, радиус кривизны сопряжения и т. д.).

8. Особенности разработки проекта ликвидации (консервации) шахты.

Ликвидация шахты – длительный процесс, который включает в себя: а) технические работы - ликвидацию горных выработок, демонтаж оборудования, разборку зданий и сооружений, устранение экологических последствий горных работ; б) мероприятия по социальной защите высвобождаемых работников в) списание с баланса имущества собственника.

Проект ликвидации шахты разрабатывается в соответствии с заданием на его разработку и Эталоном проекта ликвидации шахты. В проекте ликвидации предприятия в обязательном порядке должны быть отражены:

1. Геологическая и гидрогеологическая характеристики шахтного поля, состояние балансовых и забалансовых запасов.

2. Состояние и решения по вскрывающим и подготавливающим выработкам, в том числе выходящих на дневную поверхность (стволов, шурфов, штолен и др.).

3. Экологическое состояние поверхности, окружающей природной среды и водных ресурсов на дату прекращения добычи и возможные последствия для природной среды, жизни и здоровья людей. Также должны быть разработаны решения и мероприятия.

В проекте должны быть определены сроки и последовательность выполнения работ, связанных с ликвидацией; организация мониторинга (системы наблюдения и контроля) за влиянием ликвидируемого предприятия, его горных выработок и отвалов на окружающую среду на период стабилизации гидродинамического режима и процессов сдвижения горных пород и земной поверхности.

Тема 3. Информационная база проектирования (1 час). *Общее представление информационного обеспечения проектирования горных предприятий. Исходные данные для проектирования. Характеристика нормативной базы проектирования. Основные банки данных*

1. Общее представление информационного обеспечения проектирования горных предприятий. Информационное обеспечение проектирования горных предприятий включает материалы:

а) Исходную информацию для проектирования: задание на проектирование; данные – геологические, инженерно-геологические, общестроительные, по энергоснабжению, внешнему транспорту, водоснабжению, канализации, теплоснабжению, вентиляции и др.

б) Нормативно-методическую базу: законодательные акты (Градостроительный Кодекс РФ, закон о недрах и др.); государственные федеральные документы (СНиП, СП, ГОСТ, документы организаций надзора, сметные нормы и цены); территориальные строительные нормы; отраслевые нормативы (эталоны, инструкции, указания, правила и др.).

в) Информационные банки данных проектировщиков, включающие базы данных по применяемым проектам (типовые, унифицированные, повторно-повторяемые) и проектным решениям, технологиям и оборудованию.

2. *Исходные данные для проектирования.* Исходная информация для проектирования передается заказчиком проектировщику. Проектировщик при необходимости проводит дополнительные инженерные изыскания.

3. *Характеристика нормативной базы проектирования.* В нормативно-методической базе следующая ситуация. Согласно Федеральному закону от 22.07.2008 № 148-ФЗ "О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации" с 01 января 2010 г. действие ранее выданных лицензий на осуществление проектирования прекратилось.

На сегодняшний день право официально осуществлять профессиональную деятельность на рынке проектных услуг можно только при наличии Свидетельства о допуске к видам работ по подготовке проектной документации, влияющих на безопасность объектов капитального строительства, выданного саморегулируемой организацией проектировщиков.

Саморегулируемые организации в области архитектурно-строительного проектирования – некоммерческие организации, сведения о которых внесены в государственный реестр саморегулируемых организаций и которые основаны на членстве индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, осуществляющих архитектурно-строительное проектирование (п. 17 ст. 1 Градостроительного кодекса РФ).

Саморегулируемая организация разрабатывает и утверждает стандарты и правила предпринимательской и профессиональной деятельности, под которыми понимаются требования к осуществлению предпринимательской и профессиональной деятельности, обязательные для выполнения всеми членами саморегулируемой организации (п. 1 ст. 4 Закона "О саморегулируемых организациях").

Срок действия Свидетельства - бессрочное (при соответствии организации требованиям законодательства, требованиям нормативных документов саморегулируемой организации), территория действия – территория Российской Федерации.

В настоящее время лицензирование (Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору) необходимо для следующих видов деятельности:

- по проведению экспертизы промышленной безопасности;
- по производству маркшейдерских работ;
- по производству взрывчатых материалов промышленного назначения в части, касающейся деятельности по производству взрывчатых материалов, используемых при ведении взрывных работ в местах их применения;
- по хранению взрывчатых материалов промышленного назначения в части, касающейся деятельности.

Сегодня действует ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ от 16 февраля 2008 г. № 87 «О СОСТАВЕ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ТРЕБОВАНИЯХ К ИХ СОДЕРЖАНИЮ»

В соответствии со ст. 48 Градостроительного кодекса Российской Федерации Правительство Российской Федерации постановляет:

1. Утвердить прилагаемое Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию.

Данное постановление (№87) отменяет и действует вместо:

- СП 11-101-95 «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений»

- СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».

- СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения – отменен без замены.

Федеральные законы определяют основные направления проектирования, устанавливают права и обязанности пользователя недр. Примеры: «О недрах», "Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений", "О земельном кодексе Российской Федерации", "Об охране окружающей природной среды" и др.

Другие нормативные документы (ГОСТ, СНиП, СП и т. д.), вместе с федеральными законами, в развитии содержат организационно-методические и прочие требования к проектно-сметной документации на разных стадиях проектирования.

4. *Основные банки данных.* Процесс проектирования связан с большими потоками информации. Для их упорядочивания создаются банки данных, которые включают систему управления базой данных (СУБД) и базы данных.

Базы данных делятся на два вида: символьные (как правило, реляционные базы – ACCESS) и графические (AutoCAD, Компас).

К основным базам, относятся:

1. Геология.
2. Технология и оборудование.
3. Расценки и нормативы.

Кроме перечисленных основных баз широко распространены локальные базы данных на конкретных автоматизированных рабочих местах (АРМ), например, технолога, геолога, маркшейдера и т. д.

Вопросы:

1. Рабочая документация.
2. Сметная документация.
3. Типовые, унифицированные и повторно применяемые проекты.
4. Содержание проекта.
5. Горное законодательство при проектировании шахт.
6. Информационное обеспечение проектирования шахт.
7. Нормативная база проектирования шахт.
8. Основные банки данных проектирования шахт.

ЛЕКЦИЯ 4

Тема 4. Методы определения проектных параметров горных предприятий (4 часа). Тема 4.1. Элементы теории принятия решений при проектировании горных предприятий (2 часа). *Основные понятия. Классификация условий принятия решений. Сведения о теории принятия решений. Моделирование задач принятия решений*

1. *Основные понятия.* В процессе разработки проекта постоянно возникает необходимость принимать решения – осуществлять выбор достижения поставленной цели. Часто ответственные решения принимаются на основе интуиции и производственного опыта. По мере усложнения ситуации увеличивается количество учитываемых факторов и поиск наилучшего решения становится затруднительным или просто невозможным. В таких случаях принимать решения целесообразно на основе научных методов. Развитие научных методов привело к появлению прикладной дисциплины – теории принятия решений.

В общем виде *алгоритм* подготовки, принятия и реализации решения включает следующие этапы: 1) подготовка решения: выявление и анализ проблемной ситуации; формирование целей; выявление полного перечня альтернатив; выбор допустимых альтернатив; предварительный выбор лучших альтернатив;

2) принятие решения: оценка альтернатив со стороны «Лица принимающего решения» по критерию – выбранному решающему правилу; экспериментальная проверка альтернатив; выбор решения;

3) реализация решения: определение этапов; сроков и исполнителей принятого решения; обеспечение работ по выполнению решения.

2. *Классификация условий принятия решений.* В практике принятия решений встречается значительное разнообразие ситуаций, которые можно свести к следующей *классификации* задач принятия решений:

1) по признаку – характер информации о состояниях объекта и внешней среды в условиях полной определенности, статистической определенности, неопределенности и противодействия;

2) по признаку – вид показателя эффективности: однокритериальные задачи (по скалярному показателю), многокритериальные задачи (по векторному показателю);

3) по признаку – число лиц, принимающих решение: коллективный выбор, индивидуальный выбор.

3. *Сведения о теории принятия решений.* Теория принятия решений – это научная дисциплина, которая решает две взаимосвязанные задачи: 1) исследование того, как человек или группа людей принимает решения и 2) разработка методов принятия решений, помогающих обосновать выбор альтернативы из нескольких возможных. В связи с этим, в теории принятия решений сформировались два направления: психологическая и нормативная. Психологическая – это система утверждений, раскрывающих внутреннее содержание деятельности и поведение людей в процессе принятия решений. Психологическая теория решений выполняет две функции: предвидение и объяснение поведения человека в процессе принятия решений. Нормативная – система методов, обеспечивающих поддержку принятия решений. Базируется на двух концепциях – максимизации полезности и ограниченной рациональности. Максимальное значение полезности у

каждого человека при принятии решения свое и отражается оно в виде числовой функции полезности через индивидуальную систему предпочтений. Концепция ограниченной рациональности утверждает, что в большинстве реальных ситуаций люди ограничиваются удовлетворительными решениями.

4. *Моделирование задач принятия решений.* Теория принятия решений, ее направления и концепции базируются на использовании многих математических прикладных методах: расчетных вариантах, экономико-математических моделях, моделях принятия сложных решений, из классической математики – исследовании функции на экстремум, математического программирования – линейного и нелинейного программирования, динамического программирования, теории графов, статистического анализа и прогнозирования, надежности систем и многих других.

Конкретное применение математического метода для определения и оптимизации параметров шахты приводит к разработке модели, отражающей объективные взаимосвязи некоторой целевой функции с горно-геологическими и производственно-техническими факторами.

Процесс построения математических моделей называют математическим моделированием. Здесь решаются две самостоятельные задачи. Первая – построение модели, т.е. составление системы уравнений и неравенств, которые отражают основные закономерности, присущие объекту, в статике или динамике. Вторая задача состоит в получении в процессе исследований на модели необходимой информации. Решение модели заключается в нахождении таких значений переменных величин модели, которые удовлетворяют наилучшим образом поставленной исследователем цели при заданных условиях.

Всем математическим моделям присущи следующие элементы:

1. Переменные параметры – величины, оптимальное значение которых требуется найти в процессе исследования моделей. Переменные – это оптимизируемые параметры.

2. Постоянные параметры – постоянные величины, остающиеся неизменными в процессе всего решения. Это коэффициенты при переменных или свободные члены в уравнениях и неравенствах.

3. Критерий оптимальности – показатель, экстремальное (максимум или минимум) значение которого определяет оптимальное значение переменных в модели.

4. Целевая функция – функция, связывающая критерий оптимальности (показатель эффективности) с переменными и постоянными параметрами.

5. Ограничение – область возможных значений оптимизируемых величин. Ограничения задают в виде уравнений или неравенств.

Моделирование применяют в тех случаях, когда непосредственное изучение объекта является сложным или невозможным. Практика принятия решений накопила достаточно много эффективных математических методов. Для получения надежных выводов в задаче важно знать их область применения и преимущества.

Вопросы:

1. Теория принятия решений – метод определения параметров и проектирования шахт.

ЛЕКЦИЯ 5

Тема 4.2. Методы принятия решений (2 час). *Исследование целевой функции на экстремум. Методы математического программирования. Метод вариантов и экономико-математического моделирования. Методы статистического анализа и прогнозирования при установлении прогрессивного уровня качества количественных параметров. Методы теории графов. Методы одно- и многокритериальной оценки и обоснования решений. Примеры*

1. Математические методы моделирования принятия решений.

– методы принятия решений, основанные на исследовании целевой функции на экстремум (проф. Б. И. Бокий, акад. Л. Д. Шевяков. Определение размеров шахтного поля);

– методы математического программирования: метод линейного программирования (транспортная задача, распределение материальных ресурсов между шахтами, оптимизация нагрузок на очистные забои по шахте); метод динамического программирования (задачи горного дела, допускающие разбиение на этапы, шаги – установление оптимальных сроков службы горных предприятий, оптимизация календарных планов отработки запасов и др.). Сложность данного метода в том, на каждом этапе необходимы экономико-математические модели развития предприятия;

– методы статистического анализа и прогнозирования. Устанавливаются математические зависимости между изучаемыми величинами с помощью корреляционного (парная и множественная) и регрессионного анализа (множество задач горного дела: изучение влияния нагрузки на очистной забой на производительность труда рабочего, влияние себестоимости добычи угля на доходы предприятия).

– методы теории графов позволяют исследовать объекты и процессы, имеющие многовариантные сетевые структуры, находить оптимальные сочетания вариантов, составляющих единые цепи, пути, схемы (множество задач календарного планирования);

– метод сравнения вариантов (законченный аналитический вид получил в работах Л. Д. Шевякова). Здесь общие для сравниваемых вариантов объемы работ и затраты не рассматриваются, учитывается только разница в объемах и затратах. Здесь важна логическая работа проектировщиков по выявлению различий между вариантами (самый распространенный метод в решении задач);

– метод математического моделирования технологии и технологических схем шахты рассматривается как развитие метода сравнения вариантов. Особенность в разработке целевой функции задачи – критерия оптимальности в зависимости от рассматриваемых качественных и количественных параметров шахты;

– методы однокритериальной и многокритериальной оценки и обоснования решений. Принятие решения по одному критерию оптимальности (скаляру) относится к задачам принятия простого решения. Основной недостаток заключается в

не учесть других влияющих факторов и соответственно в значительной доле ошибки (риска) в принятии решения. Принятие решения по многим критериям оптимальности (вектору) – это задачи принятия сложных решений. Здесь недостаток в математической не проработки многокритериальных методов и значительной трудоемкости решения задач.

Вопросы:

1. Методы математического моделирования при проектировании параметров шахт.
2. Метод исследования целевой функции на экстремум при определении размеров шахтного поля.
3. Метод линейного программирования при решении проектных задач.
4. Метод динамического программирования при решении проектных задач.
5. Статистические методы анализа и прогнозирования при решении проектных задач.
6. Метод сравнения вариантов при решении проектных задач.
7. Методы теории графов.
8. Метод вариантов и экономико-математического моделирования.
9. Методы многокритериальной оценки и обоснования решений.

ЛЕКЦИЯ 6

Тема 5. Основные методические принципы анализа и синтеза технологической схемы предприятия (8 час)

Тема 5.1. Исходные характеристики и поэтапность проектирования предприятий (2 час). *Качественные и количественные параметры шахт, динамика их изменения. Поэтапность проектирования угольных шахт и обновления шахтного фонда*

1. Качественные и количественные параметры шахт, динамика их изменения. Шахта характеризуется комплексом качественных и количественных параметров (характеристик). Качественные характеристики указывают на конструктивные, организационные и технические стороны технологии добычи угля. Это способы и схема вскрытия, способы и схемы подготовки, схемы вентиляции и транспорта, систему разработки и средства механизации производственных процессов, порядок отработки пластов, выемочных участков и др. (рис. 5.1). Характерным для качественных характеристик шахты является их дискретная определенность. Переход от одной качественной характеристики к другой происходит дискретно и в целом.

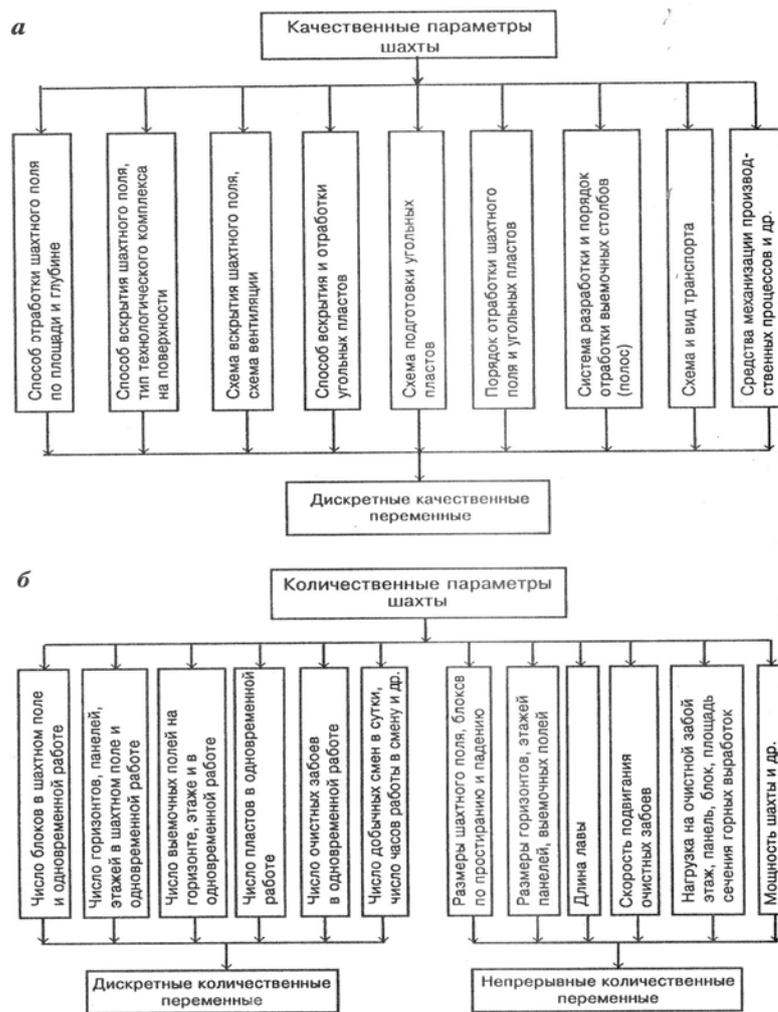


Рис. 5.1. Блок-схема качественных (а) и количественных (б) параметров шахты

Качественные характеристики не имеют натуральной размерности. Их выбор носит альтернативный, взаимоисключающий характер. В зависимости от того, применяют или не применяют соответствующую качественную характеристику в варианте технологической схемы разработки, ей можно придать значение 1 или 0. Совокупность качественных параметров шахты объединяется в дискретное множество $\{X_{\text{кач.д}}\}$: деление шахтного поля по площади и глубине; способ вскрытия шахтного поля, тип технологического комплекса на поверхности; схема вентиляции; схема подготовки угольных пластов; порядок отработки шахтного поля и угольных пластов; система разработки и порядок отработки выемочных столбов; схема и вид транспорта; средства механизации производственных процессов и др.

Количественные характеристики (параметры) шахты характеризуют шахту, производственные процессы, технологическую схему шахты, горно-геологические и горнотехнические условия с количественной стороны, они имеют количественную меру измерения. Примерами являются мощность шахты, нагрузка на очистной забой, размеры панелей, этажей, горизонтов, длина лавы, число очистных забоев в одновременной работе в панели, на угольном пласте, в крыле шахтного поля, число панелей или блоков в шахтном поле и т.д. Одни количест-

венные параметры могут изменяться непрерывно (длина лавы, нагрузка на очистной забой, размеры панелей, блоков, горизонтов и др.), другие – дискретно (число блоков в шахтном поле, горизонтов, очистных забоев в одновременной работе). Количественные параметры, изменяющиеся непрерывно, условно можно объединить множеством $\{X_{\text{кол.н}}\}$, а параметры, изменяющиеся дискретно, – множеством $\{X_{\text{кол.д}}\}$.

Объединение множеств изменяющихся качественных и количественных параметров шахты порождает в свою очередь некоторое множество возможных вариантов технологий, технологической схемы шахты:

$$\{R\} = \{X_{\text{кач.д}}\} \vee \{X_{\text{кол.н}}\} \vee \{X_{\text{кол.д}}\},$$

где \vee – логический знак, обозначающий операцию дизъюнкции, т. е. логического сложения элементов, вместе или порознь определяющих результат (множество вариантов).

Свойства качественных и количественных параметров:

1) взаимно обуславливают друг друга. Их взаимосвязь носит технологический, пространственный, производственный или экономический характер. Например, мощность шахты связана с числом действующих очистных забоев и нагрузкой на очистной забой, размеры блоков по простиранию – с числом их в шахтном поле, система разработки столбами по восстанию – падению связана с погоризонтной схемой подготовки и т. д. При этом некоторые значения количественных параметров оказываются возможными лишь при наличии определенных качественных параметров. Например, большое число действующих очистных забоев на одном угольном пласте пологого падения возможно лишь при панельной схеме подготовки. Соответственно и оценку эффективности использования тех или иных качественных параметров или количественных значений следует осуществлять с учетом их взаимосвязей, в большинстве случаев совместно;

2) параметры шахты не остаются постоянными во времени. Каждый параметр имеет свой срок эффективного использования – "долгожитие" параметров как элементов технологической схемы шахты разное. Обновление качественных параметров происходит медленнее, количественных – быстрее. Из качественных – общешахтные элементы технологической схемы (вскрытие, подготовка, системы транспорта, вентиляции, поверхностный комплекс) могут не сдерживать эффективную работу шахты в течение 15-20 лет. Средства механизации очистных и подготовительных работ, как более динамичных параметров технологии, имеют время эффективного использования составляет 5-7 лет;

3) изменения параметров связано с весьма значительными затратами. Поэтому очень сложно отказываться от ранее принятых и уже реализованных решений, изменять их;

4) наблюдается тенденция непрерывного роста количественных параметров. Например, показательна на действующих шахтах динамика производительности (мощности) шахты, нагрузки на очистной забой, длины лавы, скорости продвижения очистных забоев, размеров выемочных участков, панелей, высоты горизон-

тов, размеров блоков, поперечных сечений горных выработок и др. Поэтому в проектах необходимо учитывать перспективное изменение количественных параметров шахт вплоть до "морального старения". Однако надежность принимаемого уровня качества параметров невысока, а прогрессивность проектов недостаточна. Это приводит к пересмотру решений, реконструкции и переоборудованию технологических узлов и соответствующим затратам.

Очевидно, в проектах шахт необходимо закладывать прогрессивные качественные параметры и значения количественных параметров, не уступающие таковым на передовых действующих шахтах, по крайней мере, на момент сдачи проектируемой шахты в эксплуатацию. Для этого проектирование шахт требует поэтапного подхода с прогнозированием тенденций изменения на шахте качественных и количественных параметров.

2. Поэтапность проектирования угольных шахт и обновления шахтного фонда. В течение жизни каждой шахты объективно существует динамичный характер изменения ее качественных (схем, способов, видов, типов, ...) и количественных (нагрузки на оч. забой, производительности труда, ...) характеристик, соответственно возникают «узкие» звенья в технологической схеме. Поэтому в проектировании применяется поэтапный подход, учитывающий временное развитие шахты, при котором основные ее параметры поддерживаются в границах производственных и экономических пропорций. Соответственно *этапом проектирования* называли длительные интервалы времени эксплуатации шахты, в пределах которых ее качественные и количественные параметры остаются неизменными, экономически эффективными. Например, ведение горных работ в бремсберговом поле. При наличии нескольких этапов проектирования должна быть согласованность решений между этапами.

На основании исследований работы шахт определено, что этап проектирования $T_{э.п}$ зависит от глубины прогнозирования $T_{п.г}$ технологических данных (представления о развитии технологий) и «долгожития» $T_{д.осн}$ морального и физического основных элементов технологической схемы (схем вскрытия, подготовки и вентиляции, технологического комплекса на поверхности, схемы транспорта).

Значительный отечественный и зарубежный опыт реконструкции шахт, являющийся наиболее полной формой обновления проектных решений на действующих шахтах, подтверждает, что длительность этапа проектирования с учетом обоснованной глубины прогнозирования $T_{п.г}$ и фактического "долгожития" базовых элементов технологии шахты $T_{д.осн}$ можно было принять

$$10 \text{ лет} \leq T_{э.п} = f(T_{п.г}, T_{д.осн}) \leq 20 \text{ лет.}$$

Установленная длительность этапа проектирования в интервале от 10 до 20 лет была характерна для большинства проектных решений строящихся или реконструируемых шахт СССР. С переходом к рыночным условиям по ряду причин (шахты передали в частную собственность, уменьшились размеры шахтных полей, изменилась нормативная база информации и др.) возникла тенденция к снижению длительности этапа проектирования к 5-15 годам.

Вопросы:

1. Качественные и количественные параметры шахт, динамика их изменения.
2. Поэтапный подход к проектированию шахт. Этап проектирования, глубина прогнозирования, "долгожитие" основных элементов технологических схем шахт.

ЛЕКЦИЯ 7

Тема 5.2. Комплексный подход к обоснованию параметров предприятий (2 часа). *Многовариантность решений при проектировании угольных шахт. Алгоритм комплексной оптимизации параметров шахт*

1. Многовариантность решений при проектировании угольных шахт.

Горная наука и практика разработки месторождений, развитие горной техники в настоящее время дают достаточный простор в части применения тех или иных способов, схем вскрытия и подготовки, систем разработки и средств механизации производственных процессов. Поэтому в любых горно-геологических условиях всегда имеется возможность рассмотрения достаточно большого множества вариантов и подвариантов технологических схем разработки, для того чтобы использовать наиболее прогрессивную и экономичную схему.

Технологическая схема разработки запасов является обобщающим качественным параметром шахты, в огромной степени определяющим эффективность ее работы. В общем виде множество возможных вариантов технологической схемы (качественно отличные комбинации) формируется посредством изменения отдельных ее элементов: способов и схем вскрытия, подготовки шахтного поля, транспорта, вентиляции, систем разработки, порядка отработки шахтного поля, выемочных участков и т. д. Проектное решение по любому из перечисленных элементов технологической схемы, ведущее к конструктивным и пространственным особенностям, тому или иному расположению горных выработок, применению тех или иных средств механизации, порядка ведения горных работ и т. д., представляет собой качественный параметр (характеристику) шахты.

Разработка вариантов технологических схем, следовательно, сводится к составлению качественно отличных комбинаций: способ и схема вскрытия – способ и схема подготовки – схема вентиляции – схемы транспорта и подъема – ..., в сумме представляющих собой некоторое множество. Такое множество вариантов технологических цепочек, качественно различающихся на каком-либо элементе, назовем множеством расчетных вариантов. Это множество расчетных вариантов технологических схем шахты видно на блок-схеме (рис. 5.1).

Конкретный вариант схемы подготовки фиксирует не только общую топологию подготовительных горных выработок, порядок отработки запасов каждого пласта, но и в значительной мере предопределяет вид и схемы транспорта, проветривания горных работ, канализации, энергии и др.

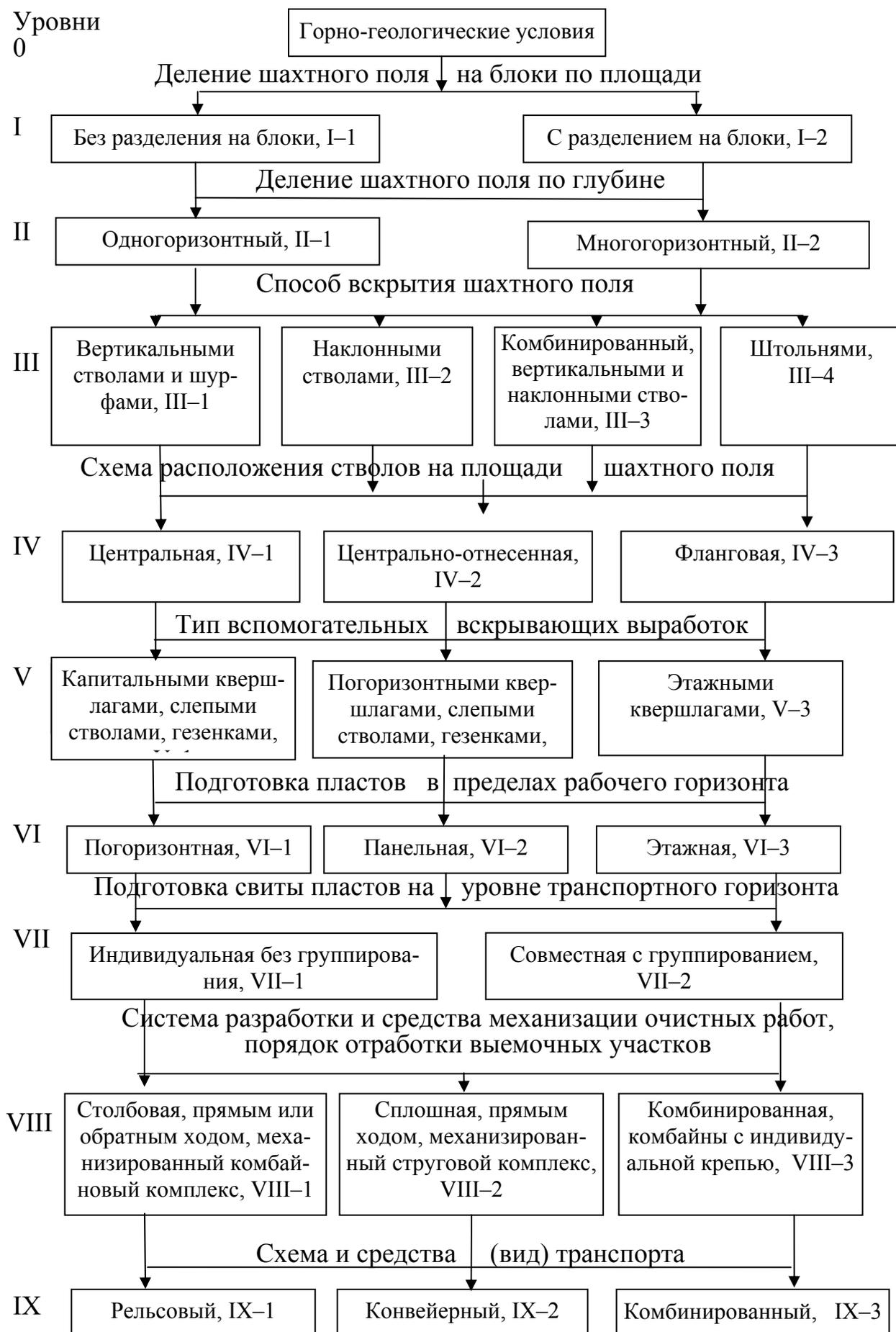


Рис. 5.1. Пример блок-схемы формирования расчетных вариантов

Проектирование строительства новой шахты осуществляют в условиях полной свободы выбора проектных решений на всех элементах технологической схемы. Общее число возможных вариантов развития шахты, которые можно осуществить за срок ее службы и, в частности, в период реконструкций, очень велико. Например, применяя 5-10 вариантов вскрытия шахтного поля, 3-5 вариантов схем и способов подготовки, 3-5 вариантов систем отработки выемочных участков, 3-4 схемы проветривания, 2-3 схемы транспорта, 2-3 варианта схемы подъема и технологического комплекса на поверхности и т.д., можно получить 5-15 тыс. вариантов технологических схем шахты. Даже ограниченное число принимаемых к изменению количественных параметров (длина лавы, размеры панелей, горизонтов, нагрузка на очистной забой, мощность шахты, число очистных забоев в панели, на угольном пласте и др.) приводит к такому числу машинных вариантов (300-500 тыс. и более), которое чрезвычайно трудно реализовать и проанализировать. Однако выбор наиболее удачного из них, с экономической точки зрения, потребует рассмотрения всех вариантов. Не сопоставляя их между собой в технико-экономическом плане, мы не сможем с уверенностью утверждать, что рекомендуемый в проекте вариант лучший. Так, многовариантность решений проекта строительства и реконструкции (развития) шахты порождает проблему оптимального выбора, т.е. проблему оптимальности.

2. Алгоритм комплексной оптимизации параметров шахт. Характерной особенностью технологической схемы шахты является многофункциональная взаимосвязь производственных процессов и горных работ, всех ее составляющих элементов. Качественные и количественные параметры шахты отражают эти технологические связи. Наглядна взаимосвязь качественных параметров: схем вскрытия шахтного поля и вентиляции, схем подготовки и транспорта, системы разработки и способов охраны и поддержания горных выработок, способов вскрытия шахтного поля и видов подъема и т. д. Также очевидны взаимосвязи количественных параметров: мощности шахты с числом очистных забоев и нагрузкой на один забой, скорости проведения горных выработок со скоростью продвижения очистных забоев, поперечных сечений горных выработок с нагрузкой на очистной забой, количества воздуха, подаваемого в шахту (параметры вентиляторных установок), с производительностью шахты и т. д.

Качественные параметры шахты призваны обеспечить те или иные количественные параметры, которые, в свою очередь, требуют соответствующих конструктивных и пространственных свойств параметров качественных. Следует, что изменение или замена любого качественного или количественного параметра в той или иной мере скажется на непосредственно взаимосвязанных с ним других технологических параметрах шахты.

Также количественные экономические показатели шахты, непосредственно зависящие от всех технологических качественных и количественных параметров, являются одновременно средством оценки выгодности изменения параметров шахты. Экономические преимущества одного решения одновременно могут привести не только к преимуществам, но и недостаткам по другим решениям. При этом технологические или экономические преимущества и недостатки проявля-

ются в разное время. Поэтому их оценка для какого-либо меняющегося параметра вне связи с другими параметрами оказывается необъективной и неточной.

Например, случай внедрения механизированного очистного комплекса. Обладая высокой производительностью, очистной комплекс обеспечит большую скорость подвигания очистного забоя. Возникает необходимость в значительном опережении проведения подготовительных выработок. Это приводит к увеличению скорости проведения подготовительных горных выработок, причем изменяются условия и затраты на их поддержание. С точки зрения эффективности использования дорогостоящего комплекса необходимо учитывать отработываемые им запасы, т.е. увеличить размеры выемочных столбов и, возможно, длину лавы. Одновременно рост нагрузки на очистной забой потребует увеличения пропускной способности транспортных и вентиляционных горных выработок, что возможно при замене транспортных средств и увеличении поперечных сечений горных выработок. Потребуется увеличить количество воздуха, подаваемого в очистные и подготовительные забои, т. е. увеличить сечения общешахтных вентиляционных выработок и, возможно, модернизировать или заменить вентиляторную установку.

Исходя из сказанного, проектирование шахты рассматривают как единый процесс выполнения всех разделов и задач проекта, базирующийся на комплексном методе одновременного учета взаимных условий применения и требований отдельных параметров друг к другу.

Современное проектирование использует для обоснования параметров шахт *метод комплексной оптимизации* принимаемых решений на базе математических моделей шахты в целом и применения ЭВМ. Использование метода комплексной оптимизации проектных решений делает возможным совместную оптимизацию параметров угольной шахты (мощность, срок службы, размеры шахтного поля), схем вскрытия, способов подготовки, систем разработки, схем проветривания и транспорта с одновременным определением рациональных сечений сети горных выработок, средств механизации и пр. Одновременное исследование влияния любого из проектных решений, уровня и значения любого параметра шахты и отдельных элементов технологической схемы на обобщающий показатель эффективности дает основание для нахождения и выбора наиболее экономичных и технически целесообразных. Вместе с тем комплексная оптимизация параметров шахты превращается в сложную и в логическом, и в математическом смысле задачу, особенно если исходить из представления о шахте как об объекте развивающемся.

В связи с тем, что поэтапное проектирование предполагает координацию проектных решений на всех этапах развития шахты, прежде всего, должен быть определен оптимальный путь (траектория) развития шахты на первом и последующих этапах.

Очевидно, при разных параметрах шахты и элементах ее технологических схем формы согласования решений на соседних этапах не будут одинаковыми. Оптимизация этапов и определение оптимального пути развития шахты при всех возможных количественных и качественных параметрах не реальны из-за огромного масштаба модели, недостаточной точности исходной информации на отда-

ленных этапах и т.д. Можно определить наилучший порядок развития шахты, эволюцию ее качественных параметров при определенных оптимальных количественных параметрах. Однако само определение оптимальных количественных параметров шахты и элементов технологических схем возможно лишь только после определения качественных параметров и, в частности, оптимального пути развития шахты.

Логическая последовательность, позволяющая упростить и сделать реально приемлемой процедуру оптимизации при поэтапном проектировании, выливается в метод последовательной оптимизации необходимость применения этого метода вызвана, кроме логических, трудностями вычисления алгоритма оптимизации.

Как известно, развитие отработки запасов угля можно представить как переход шахты из состояния S_0 в состояние S_m с помощью некоторых управлений $\{U_1\}, \dots, \{U_i\}, \dots, \{U_m\}$. Каждое состояние S_i характеризуется множеством параметров и характеристик шахты: $\{X_{nocm}\}$ – множество параметров и характеристик шахты, которые не изменяются при переходах из одного состояния в другое; это постоянные параметры, в число которых могут войти и принятые ранее управления (например, вертикальная схема вскрытия); $\{X_{nep}\}$ – множество параметров и характеристик (в том числе горно-геологических), переменных при переходах системы из одного состояния в другое; $\{X_{nocm,nep}\}$ – множество параметров и характеристик переменных в одной части и постоянных в другой; S_0 – начальное состояние системы; $\{S_0\}$ – множество состояний, характерных для i -ого этапа развития разработки месторождения; $\{S_m\}$ – конечное состояние шахты, принятое к рассмотрению; $\{U_i\}$ – совокупность (множество) возможных управлений, используемых при переводе системы из состояний $\{S_{i-1}\}$ в состояния $\{S_i\}$.

Задача состоит в том, чтобы с помощью оптимальных (*) управлений $U^*_1, \dots, U^*_i, \dots, U^*_m$, выделенных из множества имеющихся, найти последовательность оптимальных состояний шахты (системы), которые выделяются также из множества возможных. Иными словами, имеем следующее соотношение:

$$\begin{array}{ccccccc} U_1^* & & U_i^* & & U_{m-1}^* & & U_m^* \\ S_0^* \rightarrow S_1^* & \rightarrow & \dots & \rightarrow & S_i^* & \rightarrow & \dots & \rightarrow & S_{m-1}^* & \rightarrow & S_m^* \\ S_i^* \in \{S_i\}, & & U_i^* \in \{U_i\}. \end{array}$$

Знак \in обозначает: "являются частью", "входят в множество".

Проблема оказывается трудноразрешимой, так как перемножение сочетаний из множеств $\{X_{nocm}^*; X_{nep}^*; X_{nocm,nep}^*\}$ на множество управлений $\{U_i\}$ дает огромное число вариантов состояний системы.

Решение этой проблемы можно значительно упростить, если расчленим ее на части.

1. При некоторых, наиболее вероятных рассчитанных значениях (у.о – в верхнем индексе означает условно оптимальные значения)

$$\{X_{nocm}^{y.o}; X_{nep}^{y.o}; X_{nocm,nep}^{y.o}\} \in \{X_{nocm}; X_{nep}; X_{nocm,nep}\},$$

в общем случае различных на

каждом этапе, определяют экспертным путем наиболее экономичные технически целесообразные технологические схемы, их пространственные и конструктивные параметры. Выделяют характерные состояния горных работ (порядок разработки) и основных фондов на каждом из этапов и особенно на конец одного и начало следующего этапа. На этой стадии значения количественных параметров шахты, соответствующие прогрессивному уровню, остаются постоянными, по крайней мере, в пределах длительности каждого этапа.

Поэтому объем вычислений пропорционален лишь многообразию качественно отличных комбинаций технологических схем и их подвариантов. Однако на этой стадии число качественных комбинаций столь велико, что их моделирование, выбор наиболее целесообразных из них обычными методами перебора становится чрезвычайно трудоемким процессом. Так, при наличии двух этапов в развитии шахты ($n_{эм} = 2$), шести основных элементов технологической схемы ($n_{эл} = 6$) (вскрытие, подготовка, технологический комплекс на поверхности, система разработки, схемы транспорта и вентиляции), среднего числа разновидностей элементов технологических схем ($n_{рэ} = 4$) число качественно различных комбинаций технологических схем достигает:

$$N_{комб} = n_{эм} \cdot (n_{рэ})^{n_{эл}} = 2 \cdot 4^6 = 8192 \quad .$$

Проанализировать такое число качественно отличных вариантов, оценить их с экономической точки зрения и сравнить практически невозможно. Дело в том, что подготовка необходимой информации для просчета любого качественно отличного варианта шахты сопряжена с кропотливой, во многом не поддающейся механизации работой.

Выделение целесообразных комбинаций, так называемых расчетных вариантов, осуществляют методами логического сопоставления и сравнений конкурирующих разновидностей по элементам технологической схемы, а также методами теории принятия решений. Эти методы позволяют сократить число расчетных вариантов технологических схем практически до десятков, что вполне приемлемо для машинного расчета и логического анализа.

2. На основании оценки технологических схем при постоянных количественных параметрах выделяют число наиболее экономичных схем $n_{сх} = 3$ с расчетными вариантами $n_{рв} = 10$. Эти схемы оптимизируют при переменных количественных параметрах $\{X_{норм}^* ; X_{нпр}^* ; X_{норм,нпр}^*\}$. Такое число качественно и количественно различных комбинаций (три-пять тысяч) без затруднений реализуют на машине, а наиболее удачные с экономической точки зрения из этого числа рассматривают проектировщики.

Таким образом, трудноразрешимая задача оптимизации модели поэтапного проектирования в целом становится решаемой при расчленении ее на две связанные последовательные части. Первую часть задачи выполняют с преимущественным применением логических методов обоснования, инженерным анализом значительного числа конкурирующих комбинаций параметров, при ее решении требуется большое участие человека в подготовке исходных данных, в самих расчетах.

Вторая часть задачи характеризуется преимущественным использованием численных методов и при ее решении необходимо использование достаточно мощной вычислительной машины, причем участие человека в расчетах незначительно.

Вопросы:

1. Метод комплексной оптимизации параметров шахт.

ЛЕКЦИЯ 8

Тема 5.3. Прогнозирование при проектировании предприятий (2 часа). *Этапы прогнозирования развития шахт. Задачи прогнозирования работы шахт. Классификация методов прогнозирования*

1. Этапы прогнозирования развития шахт. Реализация идеи создания проекта развивающейся шахты требует непрерывного прогнозирования развития техники и технологии добычи угля, его потребления и экономической ситуации на период всего срока работы шахты на данном месторождении.

Любой проект шахты ориентирован в своей реализации на будущее. Поэтому решения проекта шахты должны всегда отличаться достаточной устойчивостью к старению, соответствием обстоятельствам и требованиям будущего. В противном случае будет правилом проявление на только что построенных шахтах непрогрессивных технологических звеньев, узких мест, сдерживающих работу всех элементов технологической цепочки, которые, в конце концов, вызывают сравнительно скорую реконструкцию.

В соответствии с современными представлениями прогноз развития шахты рассматривают как специфически аргументированную информацию о будущем технологии очистных процессов, транспорта, подъема, проведения выработок, проветривания, параметрах шахт. Содержание и степень достоверности такой прогнозируемой информации определяются следующими моментами: накопленным опытом о развитии технологии разработки полезных ископаемых; потребностями, знаниями и условиями, присущими современному этапу развития угледобычи; возможностями реализации прогнозируемых явлений или тенденций. Иначе, прогноз в своих теоретических построениях опирается на конкретные тенденции и закономерности развития аналогичных объектов, реальные потребности хозяйства страны и учитывает объективно складывающиеся возможности научно-технического прогресса в угольной и других отраслях промышленности.

Логическую запись выработки прогнозных умозаключений можно представить следующим образом:

$$(TZ \vee ИГ \vee ФП) \rightarrow ПР, \quad (5.1)$$

где TZ – совокупность знаний и представлений о тенденциях и закономерностях развития шахт и элементов технологии добычи угля; $ИГ$ – совокупность конкретных идей и научных гипотез относительно будущих возможностей развития шахт, элементов технологии и их многообразных связей; $ФП$ – совокупность представ-

лений о факторах, определяющих потребность развития шахты, элементах технологии и стимулирующих или препятствующих этому развитию условиях; *ПР* – прогнозируемые результаты, предположения, выводы, имплицативно (\rightarrow) обусловливаемые указанными реально существующими логическими предпосылками; \rightarrow – логический знак, обозначающий операцию импликации, следования. Результаты следуют, если справедливы слагающие элементы.

Каждый научно обоснованный прогноз содержит как бы сплав времен: прошлого (тенденции развития), настоящего (наличные ресурсы и представления) и будущего (потребности и возможности). В зависимости от того, на какой срок в будущее делают прогнозы, они имеют различный характер, существенно отличаются достоверностью и использованием в практике принятия решений.

Проектирование шахт связано с предвидением развития шахты на различные сроки в будущем, а следовательно, требует прогнозирования на различную глубину.

Прогноз на первый этап развития шахты (первый эшелон прогнозирования). Для этого вида прогнозирования характерна наивысшая степень достоверности горно-геологических исходных данных, социально-экономических факторов и научно-технических сведений о технологии добычи угля в конкретных условиях. Большинство специалистов считает, что интервал такого прогнозирования должен составлять 15-20 лет.

За это время исчерпывают запас представлений о прогрессивности тех или иных средств механизации, формах организации работ, запас надежности сведений о горно-геологических условиях и стоимостных параметрах и т.д. Прогнозирование проектной информации и технологических решений на первом этапе развития шахты отличается полнотой и детальностью. Каждая машина, каждый элемент технологии, каждое состояние горных работ, каждый вид затрат, любые преимущества или недостатки технологических схем – все должно находить отражение в прогнозе на первом этапе.

Прогноз на второй этап развития шахты (второй эшелон прогнозирования). Необходимость такого прогноза связана с тем, что сроки службы шахт, как правило, превышают 15-20 лет, а многие технологические элементы шахты выполняют одну и ту же роль в течение всего срока службы (технологический комплекс на поверхности, основные вскрывающие выработки, подъемные установки и т. д.).

Прогноз на второй этап развития шахты осуществляют по основным состояниям, наиболее общим условиям и инерционным параметрам шахты (глубина разработки, границы участков шахтного поля, производственная мощность шахты, параметры общешахтной системы вентиляции, технологическая схема на поверхности, общие схемы механизации основных производственных процессов, общие технические и экономические требования к продукции и т. д.). Интервал времени прогноза на второй этап развития шахты в связи с этим допускается в пределах 40 лет. Прогнозирование развития шахты на второй этап, естественно, отличается меньшей достоверностью, нежели на первом этапе.

Прогноз на последующие этапы (второй и, возможно, третий эшелоны прогнозирования). Совокупность определенных сведений на конец отработки шахтного поля очень важна вследствие ряда обстоятельств. Прежде всего необходимо

иметь общие представления о потребности в угле, моменте закрытия шахты, процессе затухания добычи, о привлечении высвобождающихся рабочих к какой-либо иной деятельности, использовании оборудования, жилого фонда и коммуникаций и т. д.

Прогнозируемая информация на глубину более 40 лет носит в основном качественный характер, отличается низкой достоверностью и, следовательно, не может иметь решающего значения при оптимизации параметров шахты на первом этапе.

2. Задачи прогнозирования работы шахт. Основные задачи прогнозирования, связанные с получением проектной информации, систематизируются следующим образом:

1. *Прогнозирование и оценка горно-геологических характеристик месторождения или участка в пределах шахтного поля.* Практика проектирования и работы шахт показывает, что недостаточность, низкая достоверность исходной горно-геологической информации чаще всего являются причиной частых корректировок проектов, отказа от ранее принятых проектных решений. Получение детерминированных или вероятностных данных о мощности, углах падения, газоносности, водообильности и нарушенности угольных пластов, свойствах вмещающих пород, гипсометрии пластов и форме участков шахтного поля необходимо проектировщикам для выполнения любого раздела технического проекта и, особенно для выполнения его технологической части. Прогнозирование основано на данных отчета геологоразведочных работ, опыта разработки соседних участков месторождения, отработанных другими шахтами, а также на данных уже отработанных участков того же шахтного поля.

2. *Прогнозирование качественных параметров технологии разработки.* Эта задача предусматривает выявление перспективных закономерностей и тенденций развития схем вскрытия шахтного поля, подготовки, вентиляции и транспорта, систем разработки, компоновки и технологических схем поверхности и т. Большинство указанных проектных решений относятся к медленно изменяющимся, инерционным, они часто выступают на действующих шахтах как ограничения в развитии предприятий, улучшении технико-экономических показателей. В настоящее время, например, очевидны в определенных условиях преимущества блоковой отработки шахтных полей (повышение концентрации горных работ) или системы разработки столбами по падению – восстанию.

3. *Прогнозирование средств механизации производственных процессов и параметров оборудования.* Перспективы развития средств для подъема, проведения и крепления горных выработок, очистной выемки, крепления и управления кровлей в очистных забоях, транспортирования, проветривания и дегазации, механизации вспомогательных процессов и т. д. определяют условия для разработки прогрессивных с экономической точки зрения проектов. Проектировщикам необходимы данные о производительности вновь разрабатываемых выемочных машин и комплексов, их эксплуатационной надежности, производительности транспортных средств (электровозов, конвейеров), скорости подачи выемочных машин, производительности проходческих комбайнов, подъемов и вентиляторных установок, габаритах средств механизации и т. д. Примером прогнозной информации

этого рода могут служить данные о расширяющейся области применения узкозахватных комбайнов со скоростью подачи до 15 м/мин, струговых механизированных комплексов, крутонаклонных (20-35°) конвейеров, проходческих комбайнов для более крепких ($f = 4-7$) пород и др.

4. *Прогнозирование количественных параметров шахты, сто-имостных и технико-экономических показателей.* На практике доказано, что этот род информации отличается наибольшей динамичностью. Мощность шахты, нагрузка на очистные забои, скорость проведения горных выработок, длина лавы, высота горизонта, размеры блоков и панелей по простиранию и восстанию, размеры выемочных столбов и другие параметры изменяются на шахтах непрерывно и значительно. Предвидеть действительные темпы роста указанных ранее параметров, обеспечить эти темпы чрезвычайно важно, так как именно они определяют уровень технико-экономических показателей. Несомненно, что прогнозирование количественных параметров и технико-экономических показателей (производительность труда, себестоимость добычи и др.) основано на данных действующих шахт.

5. *Прогнозирование социальных условий работы шахт.* Вместе с изменениями в технике, технологии на шахтах наблюдают значительные перемены в организации производства и работ, профессиональном составе коллективов трудящихся, их экономическом и культурно-образовательном положении и т. д.

Проектируемая шахта в будущем будет работать в системе хозяйственных и социальных связей с другими предприятиями. Влияние этих связей на работу шахты, обеспечение ее людскими, энергетическими ресурсами в будущем, помогает установить прогнозирование.

3. Классификация методов прогнозирования. Значительное разнообразие условий разработки месторождений и влияющих факторов при выявлении взаимосвязей привело к использованию многих специфических методов. Теория прогнозирования насчитывает в настоящее время более 100 различных методов и приемов.

Основные методов технологического прогнозирования делятся на следующие классы: 1) методы расчетно-директивные; 2) интуитивной и эмпирико-статистической экстраполяции; 3) экспертных заключений; 4) математического и технологического моделирования; 5) практического эксперимента с обратной связью.

При этом наиболее успешное проведение технологического прогнозирования возможно, как правило, при комплексном использовании научных методов дополняющих друг друга.

1. Первый класс методов (расчетно-директивный) находит широкое применение в определении перспективных планов развития отрасли, динамики показателей по бассейнам, районам и предприятиям.

2. Второй класс методов создан на базе математических методов статистического анализа и позволяет решать разнообразные задачи прогнозирования поведения как весьма больших и сложных систем и их характеристик, так и отдельных элементов систем, элементов технологии, показателей. Методы экстраполяции базируются на гипотезе, которая заключается в том, что будущее является непо-

средственным продолжением настоящего. Чаще всего методами экстраполяции пользуются при установлении тенденций изменения тех или иных количественных параметров шахты и отдельных подсистем, технико-экономических показателей (мощность шахты, нагрузка на очистной забой, производительность горных машин, подвигание очистных забоев, себестоимость производства горных работ и 1 т добытого угля, производительность труда и т. д.).

3. Третий класс методов, включающий в себя методы экспертных оценок, используют в большей мере при определении тенденций развития техники, уровня технико-экономических показателей, направлений в развитии технологии производственных процессов и элементов технологических схем, технических средств и т. д.

Сюда следует отнести также прогнозирование качественных характеристик и параметров технологии добычи, принципов работы горных машин, уровня их основных параметров и т. д. Прогнозирование основано на сборе и систематизации различных оценок-ответов экспертов. Силу прогноза им придает аргументированность суждений экспертов, являющихся ответом на общественные, технические, экономические и технологические потребности в подобном развитии. Теми или иными приемами методов экспертных оценок издавна пользуются при перспективном планировании и проектировании в форме коллективных обсуждений и заключений. Хорошо известен в практике метод Делфи. В значительной степени оценки экспертов основаны на результатах проводимых научных исследований, конструирований, экспериментов, т. е. они отражают потенциальный научно-технический задел в развитии технологии добычи.

С помощью методов экспертных оценок необходимые при проектировании сведения целесообразно прогнозировать на конец первого этапа, а некоторые сведения (потребности в угле, параметры систем энергоснабжения и вентиляции, общее положение горных работ и т.д.) – на период второго этапа, т.е. более чем на 20 лет.

4. Четвертый класс – методы математического и технологического моделирования шахты базируются на основе изучения внутренней логики развития объектов и хода процессов и разработки соответствующих экономико-математических моделей;

5. Пятый класс методов сводится к физическому эксперименту на реальном объекте и применяется, как правило, при создании образцов технических средств. Тем не менее, не исключено проведение производственно-экономических экспериментов и на более сложных, масштабных объектах (скоростное проведение выработок, экономическая система материального стимулирования на шахтах и т. д.).

Вопросы:

1. Этапы и задачи прогнозирования при проектировании шахт.
2. Методы прогнозирования, используемые при проектировании шахт.

ЛЕКЦИЯ 9

Тема 5.4. Эффективность и оптимальность при проектировании предприятий (2 часа). *Основные требования к технологической схеме шахт. Показатели эффективности проектных решений и работы шахт. Критерий оптимальности проектных решений. Надежность определения оптимальных параметров шахт. Методология разработки экономической части проектов*

1. Основные требования к технологической схеме шахт. Проект шахты должен обладать свойствами полезности, выгоды и экономичности. Поэтому к технологической схеме шахты предъявляются требования:

1. Достаточная пропускная способность всех технологических звеньев схемы – горных выработок (транспортных, вентиляционных), поверхностного комплекса, средств механизации производственных процессов.

2. Безопасность технологической схемы и применяемым в них технологиям ведения горных работ.

3. Поточность технологии, способность технологической схемы обеспечить непрерывное выполнение основных процессов по выемке, транспортированию угля.

4. Концентрация и интенсивность горных работ.

5. Надежность технологии и технологической схемы шахты.

6. Динамичность технологической схемы (согласование сроков эффективной эксплуатации – "долгожитие").

7. Наименьший, экономически обоснованный уровень потерь угля (нормирование потерь).

Степень соответствия вариантов технологической схемы перечисленным требованиям измеряется совокупность показателей, так как оценка по одному показателю дает большую ошибку в расчетах. В тоже время учет совокупности противоречивых показателей представляет математические трудности. Конструирование технологической схемы шахты с последующим управлением технологии разработки пластов осуществляется в "конфликтных ситуациях". Необходимо выбрать компромиссное решение, учитывающее комплекс перечисленных основных и других специфических требований. Возникает проблема оптимальности решений в проекте, которая в свою очередь связана с понятием эффективности работы шахты и совокупностью разнородных показателей измеряющих отдельные стороны эффективности.

2. Показатели эффективности проектных решений и работы шахт. Эффективность проекта и работы действующей шахты – категории, отражающие соответствие проекта и работы шахты целям и интересам его участников. Оценка эффективности осуществляется при помощи одного или совокупности показателей, которые характеризуют технические, технологические и организационные решения в проекте или работу шахты с экономической точки зрения.

В общей оценке эффективности проектов и работы действующих шахт разделяют оценки: 1) эффективности функционирования отдельного элемента, процесса; 2) оптимальности проектных решений, параметров технологии; 3) качества

и прогрессивности проектов и работы действующих шахт; 4) конкурентоспособности действующих шахт.

Примеры показателей эффективности: 1) измерители расходования капитальных вложений и эксплуатационных затрат – капитальные затраты; производственные издержки; 2) критерий оптимальности в виде приведенных затрат, отнесенных к объему добычи; 3) интегральный критерий качества проекта; 4) цена продукции.

3. Критерий оптимальности проектных решений. В общей проблеме оценки эффективности проектных решений выделяют задачу оптимального выбора вариантов. При большом числе вариантов такую задачу возможно решить только с помощью математических моделей и ЭВМ. Показателем эффективности вариантов служит критерий оптимальности, а сам процесс выбора называется оптимизацией.

Критерий оптимальности является средством, с помощью которого устанавливают степень, технической, экономической и социальной целесообразности того или иного решения на шахтах.

В общем случае, таким средством может быть наиболее общий показатель технологического качества или показатель экономического качества. Применительно к проектированию и эксплуатации оптимальность является экономической категорией.

В практике проектирования в качестве основного критерия сравнительной эффективности в разное время использовали различные экономические показатели: себестоимость продукции, трудоемкость горных работ, общие затраты (сумма капитальных и эксплуатационных), приведенные затраты от использования капитальных вложений во времени. Критерий оптимальности все время совершенствовался, становился более общим и полным, более точным и объективным.

Роль критерия оптимальности сводится к тому, чтобы показать, насколько эффективно осуществляются эти затраты, к каким производственным затратам они приводят. Экономическая эффективность технического прогресса и связанных с ними капитальными вложениями выражается в повышении производительности труда.

Структура критерия оптимальности должна обеспечивать достаточную емкость (охватывать достаточное число оптимизируемых параметров) и чувствительность (способность заметно реагировать на изменение оптимизируемых параметров). Эти взаимопротиворечащие требования составляют структуру критерия оптимальности, выступающего в качестве целевой функции в математической модели.

В наибольшей степени данным требованиям соответствуют приведенные затраты, отнесенные к объему добычи.

4. Надежность определения оптимальных параметров шахт. При применении метода математического моделирования для определения оптимальных решений в проектах шахт большое значение приобретает соответствие (адекватность) модели реальной шахте.

Такое несоответствие возникает по следующим случаям:

- в модели зависимость критерия оптимальности от проектных решений слабая, подобрана не качественно и в действительности не влияют на этот критерий;
- в модели не учтены переменные, которые в действительности оказывают влияние на уровень критерия оптимальности;
- модель неправильно отображает действительную зависимость, существующую между критерием оптимальности и проектными решениями;
- значения входящих в модель исходных условий задачи оценены неправильно.

Наиболее полно соответствие модели, ее адекватность реальности отражается с помощью показателей надежности и точности.

Под надежностью проектных решений и параметров шахты понимают их способность сохранять свои функциональное значение и величину при определенных условиях эксплуатации в течение времени. Надежность представляет собой характеристику качества эффективности проектных решений, отнесенную ко времени работы шахты.

Под точностью оптимальных параметров шахт следует понимать степень соответствия принятых в проекте качественных и количественных параметров тем объективно существующим параметрам, при которых критерии оптимальности, эффективности работы действующей шахты принимают наивыгоднейшие значения. Точность определяет насколько принятые оптимальные параметры шахты отличаются от объективно существующих оптимальных параметров или фактических в некоторый момент времени.

5. Методология разработки экономической части проектов. Общие положения. Экономическую часть проектов разрабатывают на завершающей стадии проектирования предприятия, и она содержит расчеты и результирующие показатели, характеризующие технико-экономический уровень проекта по сравнению с лучшими аналогами, эффективность капитальных вложений (инвестиций), качество продукции и экономичность использования трудовых, материальных и других ресурсов, охрану окружающей среды и др. Техничко-экономические показатели (ТЭП), обоснованные принятым проектом решениями по технике, технологии и организации производства, должны быть прогрессивными и реально осуществимыми в конкретных условиях в нормативные сроки, обеспечивать после ввода предприятия в эксплуатацию наибольшую отдачу продукции на каждый затраченный рубль капиталовложений. На примере эталонов ТЭО строительства предприятий по добыче и обогащению угля рассмотрим состав и оформление "Эталона обоснований инвестиций в угольное производство":

Раздел 1. Исходные данные и основные характеристики объекта инвестирования.

Раздел 2. Место размещения предприятия.

Раздел 3. Геологическое строение шахтного (карьерного) поля.

Раздел 4. Мощность предприятия, номенклатура продукции.

Раздел 5. Основные технологические решения.

Раздел 6. Обеспечение предприятия ресурсами.

Раздел 7. Основные строительные решения.

Раздел 8. Оценка воздействия на окружающую среду.

Раздел 9. Кадры и социальное развитие.

Раздел 10. Порядок определения стоимости строительства.

Раздел 11. Экономическая оценка эффективности инвестиций.

Раздел 12. Выводы и предложения.

Основными разделами экономической части проекта предприятия являются: общая оценка целесообразности строительства (реконструкции, технического перевооружения) предприятия, основные показатели объема и структуры капитальных вложений, основных промышленно-производственных средств и нормируемых оборотных средств; расчет численности работников и производительности труда; расчет себестоимости продукции; оценка технико-экономической эффективности; сводные технико-экономические показатели разработанного проекта.

Оценка целесообразности строительства (реконструкции и технического перевооружения) предприятия. Проектирование и сооружение новых предприятий начинается лишь в том случае, если потребности потребителей в данном виде продукции (для добывающих предприятий – минерального сырья) не могут быть обеспечены путем улучшения использования имеющихся производственных мощностей с учетом их реконструкции и технического перевооружения.

Капитальные вложения (инвестиции), основные и оборотные средства. Капитальные вложения на новое строительство, реконструкцию и техническое перевооружение определяются сводным сметно-финансовым расчетом, который в свою очередь составляется на основе сметно-финансовых расчетов и смет по отдельным объектам и работам в соответствии с принципами, изложенными при составлении сметной документации.

Расчет численности персонала и производительности труда. В проектах предприятий численность рабочих определяется исходя из объемов работ и норм выработки или по специальным нормативам численности, разработанным для проектирования. Численность персонала непромышленных организаций находится укрупненным методом на основе фактических данных по аналогичным объединениям в виде каких-то пропорциональных соотношений. Численность управленческого персонала принимается на основе нормативов и т.д.

Затем осуществляются сводные расчеты по разным категориям персонала предприятия. После того как выбрали технологию, средства механизации, мощность предприятия или отдельного участка работ, рассчитываются показатели производительности труда. Общий принцип расчета: отношение выполненного объема / количество работников, т (м, м³)/чел в смену; т (м, м³)/чел. в мес.

Расчет себестоимости продукции. Себестоимость продукции – (кратко) это выраженные в денежной форме текущие затраты предприятия. Полная формулировка – представляет собой стоимостную оценку используемых в процессе производства продукции природных ресурсов, сырья, материалов, топлива, энергии, основных средств, трудовых ресурсов, а также других затрат на ее производство и реализацию. Затраты, образующие себестоимость продукции, группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

материальные затраты, затраты на оплату труда, отчисления на социальные нужды, амортизация основных средств, прочие затраты (почтово-телеграфные, командировочные и т. п.).

Полная себестоимость включает производственную себестоимость и внепроизводственные расходы. Производственная себестоимость включает затраты непосредственно связанные с производством продукции и определяется из совокупности перечисленных элементов (материалы, топливо, электроэнергия, заработная плата, отчисления на социальное страхование, амортизация основных средств, прочие затраты. Внепроизводственные расходы принимаются на основе фактических данных по производственным объединениям.

Состав (структура) экономической части и основные этапы ее подготовки. Экономическая часть предпроектной и проектной документации представляет собой совокупность взаимоувязанных расчетов по оценке и анализу социально-экономических аспектов, связанных с созданием и эксплуатацией проектируемого предприятия. Исследование этих аспектов должны дать заказчику (инвестору) исчерпывающий ответ на следующие вопросы:

- при каких условиях создание данного предприятия (объекта) в предполагаемом районе будет экономически целесообразно?

- каковы сроки окупаемости капитальных вложений и возврата заемных средств?

- какова чистая прибыль и внутренняя норма рентабельности (прибыли) произведенных затрат в период эксплуатации предприятия (по годам расчетного периода)?

Укрупненный алгоритм экономической оценки и финансового анализа затрат на создание и эксплуатацию предприятий:

1. Определение инвестиционных издержек:

- расчет инвестиционных издержек по каждому виду;

- определение общих инвестиционных издержек;

- прогноз изменения инвестиционных издержек на каждый год строительства до выхода

- предприятия на полную мощность с учетом инфляции и непредвиденных расходов;

- анализ вещественно-имущественной структуры основных средств.

2. Выбор схемы финансирования:

- выявление предполагаемых источников финансирования инвестиций (потенциальных инвесторов) и условий их привлечения;

- выбор наиболее экономичной схемы финансирования;

- составление сметы ежегодных финансовых издержек.

3. Определение издержек производства:

- расчет издержек производства по каждой статье, включая накладные расходы;

- составление общей схемы производства;

прогноз изменения издержек производства пот годам с учетом инфляции и непредвиденных расходов;

- определение и анализ структуры себестоимости основных видов продукции.

4. Оценка и анализ коммерческой эффективности инвестиций:

- расчет и анализ показателей эффективности затрат с позиции коммерческих интересов инвестора (чистый дисконтированный доход, среднегодовая дисконтированная рентабельность, интегральный хозрасчетный эффект, внутренняя норма рентабельности и др.;

- анализ риска инвестиций.

5. Оценка и анализ эффективности затрат с позиций национальной экономики:

- определение прямых и косвенных эффектов (результатов) от реализации инвестиционного проекта.

Вопросы:

1. Требования к технологической схеме проектируемой шахты.
2. Показатели эффективности проектных решений и работы шахт.
3. Критерии оптимальности проектных решений.
4. Надежность и точность определения оптимальных параметров шахт.

ЛЕКЦИЯ 10

Тема 6. Проектирование основных параметров предприятия и его рациональной технологической схемы (7 часов).

Тема 6.1. Общие положения (1 час). *Последовательность разработки проекта строительства новой шахты.*

1. Последовательность разработки проекта строительства новой шахты. Общая идеология составления (разработки) проекта заключается в комплексном согласовании всех подсистем и элементов будущей технологической схемы шахты. Такое согласование осуществляется в неоднократной взаимоувязке частей проекта.

На практике сформировалась следующая последовательность составления проекта шахты:

1. Изучение, анализ, оценка исходных горно-геологических условий месторождения. 2. Предварительное распределение запасов каждого пласта по технологиям их подготовки и разработки – ориентировочное определение системы разработки и нагрузки на очистной забой. 3. Учет требований нормативных документов, корректировка промышленных запасов и потерь угля. 4. В соответствии с производственной мощностью шахты, определенной в техническом задании, уточняются параметры систем разработки по пластам и технология и объем добычи из очистных забоев. 5. Определяется последовательность отработки пластов шахтного поля: 5.1. Выбор схемы подготовки пластов; 5.2. Выбор направления отработки пластов шахтного поля; 5.3. Выбор направления отработки пластов в

свите – по одному или группой. 6. Выбор способов и схемы вскрытия шахтного поля во взаимной увязке с подготовкой и отработкой пластов.

Тема 6.2. Обоснование проектных показателей шахты (2 часа) – первый час.
Методы расчета производственной мощности проектируемых и действующих шахт.

1. Методы расчета производственной мощности проектируемых и действующих шахт. Мощность шахты характеризует максимально возможное количество угля, которое способно выпускать с соблюдением технологических норм производства, техники безопасности и требований экономической эффективности. Необоснованная величина проектной мощности шахты приводит к неэффективному использованию капитальных вложений, низкому уровню ведения технологических процессов и, соответственно, к неполучению ожидаемых эффектов.

Различают проектные расчеты производственной мощности шахты: 1) при строительстве новой шахты; 2) при работе действующей шахты (расширение, реконструкция, техническое перевооружение или поддержании производственной мощности).

1. При строительстве новой шахты. Производственной мощность рассчитывается на предпроектной (прединвестиционной) стадии организации инвестиционного процесса строительства шахты. Теоретически существует много методов, приведем основные: 1) *статистические* – на основе опыта работы шахт по горнотехническим возможностям (например, одновременному числу пластов в работе, допустимой депрессии шахты, нагрузке на очистной забой и др.) и технико-экономическим показателям (например, производительности труда, себестоимости угля и др.); 2) *аналитические*: 2.1) расчет мощности шахты исходя из геологических и организационно-технических возможностей, например, по А.С. Малкину; 2.2) решение системы алгебраических уравнений, в которые входят мощность шахты, размеры шахтного поля и стоимостная функция В. И. Голомолзин); 2.3) основаны на построении сложных экономико-математических моделей затрат в зависимости от добычи угля. Например, производственная мощность определяется исходя из минимума функции затрат посредством приравнивая нулю первой производной (П. З. Звягин); 3) *метод сравнения вариантов* – рассматриваются варианты производственной мощности в зависимости от экономических и основных параметров шахты при различной мощности и числа разрабатываемых пластов; 4) *комбинированный метод* – комбинация метода сравнения вариантов и аналитического (Л. Д. Шевяков).

При современном проектировании горных предприятий наибольшее применение получил комбинированный, аналитико-вариантный метод компьютерного моделирования и оптимизации затрат.

2. При работе действующей шахты производственная мощность зависит от фактически сложившихся мощностей (пропускной способности) основных звеньев технологической цепочки: очистные работы, подготовительные работы, под-

земный транспорт, вентиляция, околоствольный двор, подъем технологический комплекс на поверхности. При работе шахты в технологической цепочке возникают недостатки («узкие» места) в пропускной способности звеньев. Вопрос о целесообразности увеличения производственной мощности шахты до определенной величины зависит от сопоставления инвестиций, требуемых на перестройку «узких» мест, и получаемым экономическим эффектом. Установленная таким способом мощность шахты является оптимальной производственной мощностью действующего предприятия.

Вопросы:

1. Последовательность составления проекта шахты.
2. Обоснование и расчет проектной мощности шахты.

ЛЕКЦИЯ 11

Тема 6.2. Обоснование проектных показателей шахты (2 часа) – второй час.
Методы определения нагрузки на механизированный очистной забой. Определение длины очистного забоя (лавы).

2. Методы определения нагрузки на механизированные очистные забои.

Рассмотрим наиболее распространенный на пластах пологого и наклонного залегания способ механизации очистных работ с помощью фланговых узкозахватных комбайнов в системах разработки пласта длинными столбами.

Современная действующая методика расчета нагрузки на очистной механизированный забой включает известные методы расчета нагрузок на очистные механизированные забои и основана на следующем положении.

В соответствии со многими неопределенностями, сопровождающими фактическую работу очистного забоя при отработке запасов угля выемочного столба, нагрузка на очистной механизированный забой представляется в виде интервала возможных значений нагрузок, обеспечивающих в требуемые моменты времени в совокупности с другими очистными механизированными забоями выполнение производственной мощности шахты.

Среднесуточная нагрузка на очистной механизированный забой рассчитывается по нормативу, техническим возможностям и газовому фактору. Между вариантами данных расчетов нагрузки должно соблюдаться условие:

$$A_n \leq \underline{A_c} \leq (A_T; A_2), \text{ т/сут}$$

где A_n – нормативная нагрузка на очистной забой, т/сут; A_c – интервал проектных (плановых) нагрузок на очистной забой, т/сут; A_T – нагрузка на очистной забой по техническим возможностям комплекса, т/сут; A_2 – нагрузка на очистной забой по газовому фактору, т/сут.

Нормативная нагрузка на очистной забой (A_n) характеризует нижний предельный уровень нагрузки по отношению к проектной (плановой) нагрузке на очистной забой, являются критерием (показателем) напряженности производственного задания трудовому коллективу очистного участка.

Нагрузка по техническим и организационным возможностям комплекса (A_T), применяемого в очистном забое, вместе с расчетной нагрузкой по газовому фактору (A_2) являются верхними граничными пределами максимальной добычи исходя из технической способности совокупности машин комплекса, организации работ в забое и условий безопасности по газу.

Проектная (плановая) нагрузка на очистной забой (A_c) заключена в интервал возможных значений нагрузок, который задан нормативной нагрузкой (*минимум*) и нагрузкой (A_T ; A_2), которая определяется техническими и организационными возможностями выбранного механизированного комплекса или газовым фактором по условию проветривания (*максимум*).

Представленная действующая методика позволяет применить различные методы расчета нагрузки на механизированные очистные забои. Известны многочисленные методы расчета нагрузки на механизированные очистные забои по техническим, организационным и газовому факторам. Как правило, данные методы предлагают предельные верхние значения среднесуточной добычи по указанным факторам.

Одной из методик, прошедшей проверку практикой, является методика расчета нагрузок по отдельным составляющим элементам комплекса (комбайну, крепи, конвейеру) с увязкой во времени и пространстве их конструктивных и режимных параметров. Целью увязки параметров функциональных машин комплекса является согласование теоретической производительности комбайна с учетом возможной скорости подачи для конкретных для конкретных горно-геологических условий, а также скорости крепления забоя и производительности конвейера. Например, производительность очистного комбайна рассчитывается исходя из сопротивления угля резанию и удельных энергозатрат на выемку угля или по скорости подачи комбайна. Скорость крепления очистного забоя согласуется со скоростью подачи комбайна, производительность забойного конвейера зависит от производительности комбайна и т. д.

Определение длины очистного забоя (лавы). Длина лавы является элементом раскройки пластов в шахтном поле. Известны методы расчета длины лавы по техническим, организационным и экономическим факторам. В данных методах обеспечения эффективной вентиляции лавы является, как правило, ограничивающим условием. Алгоритм расчета длины лавы следующий:

- рассматриваются конкретные горно-геологические условия залегания пласта и ориентировочные параметры его раскройки;
- учитываются нормативные требования к разработке пласта;
- выполняются расчеты длины лавы по техническим, организационным и экономическим факторам в соответствии с известными методиками;

- в упрощенном варианте задачи: производится выбор значения из длин лавы по техническим, организационным и экономическим факторам. Приоритет в выборе длины лавы отдается экономическим критериям, например, достижению минимальных эксплуатационных затрат (себестоимости добычи) на 1 т угля при установленной производительности комплекса и безопасности работ (нормативное использование технических и организационных возможностей добычи угля, определяющих, в итоге, производительность труда);

- в усложненном варианте: задача рассматривается как оптимизационная – разрабатывается экономико-математическая модель, учитывающая технические, организационные и экономические факторы, граничные условия нормативных факторов, в том числе вентиляции, затем находится значение оптимальной длины лавы. Далее оптимальное значение длины лавы рассматривается при принятии решения по раскройке выемочного поля пласта.

Тема 6.3. Обоснование и выбор рациональных вариантов технологической схемы шахты (2 часа) – первый час. Алгоритм процесса оптимизации параметров шахты

Алгоритм процесса оптимизации параметров шахты. Разработаны эффективные методы предпочтительных и экономически выгодных вариантов. Данные методы позволяют решать трудоемкую задачу выделения возможных вариантов технологических схем сначала некоторой области рациональных, а затем из этой области – нескольких наиболее экономичных. Далее методом комплексной оптимизации определяют одну оптимальную технологическую схему и количественные параметры шахты для разработки технического проекта строительства или совершенствования шахты (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Последовательность процесса оптимизации параметров шахты

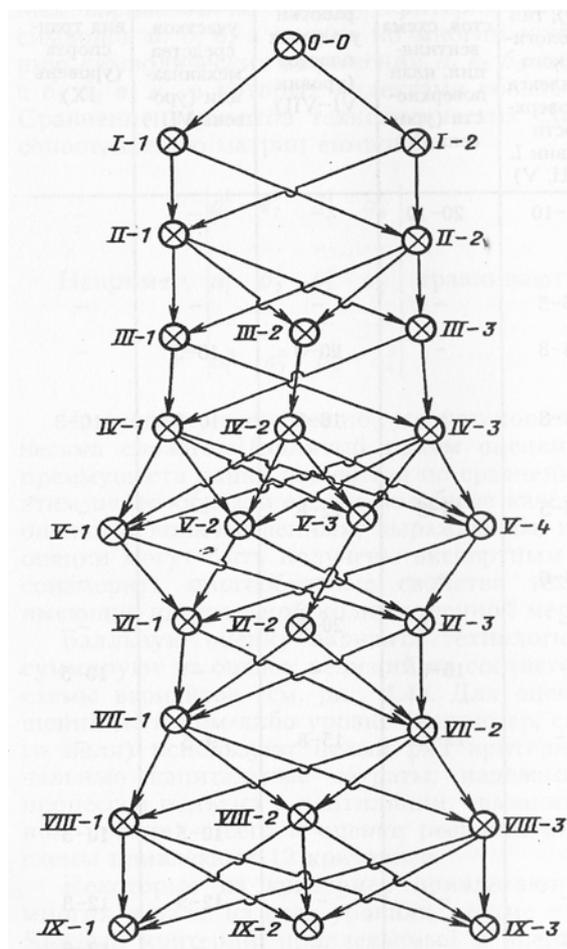


Рис. 6.2. Граф расчетных вариантов технологической схемы шахты

Ориентированный граф служит основой для составления специальной оценочной таблицы. Каждому уровню графа по каждому критерию оптимальности предписывают диапазон оценок, а в целом каждому варианту технологических элементов – конкретные балльные оценки.

Обобщенная сравнительная мера эффективности варианта решения на каждом из уровней технологической схемы представляет сумму балльных оценок по всем критериям.

Вопросы:

1. Методы определения нагрузки на механизированные очистные забои.
2. Определение длины очистного забоя (лавы).
3. Обоснование и выбор рациональных вариантов технологической схемы шахты.

ЛЕКЦИЯ 12

Продолжение темы 6.3. Обоснование и выбор рациональных вариантов технологической схемы шахты (1 час). Обоснование порядка отработки запасов шахтного поля. Управление запасами при отработке шахтного поля.

1. Обоснование порядка отработки запасов шахтного поля. При проектировании шахт и особенно в период их эксплуатации в наиболее сложных условиях осуществляется отработка запасов у границ шахтного поля. Важным фактором здесь является выбор порядка разработки пластов в шахтном поле. Альтернативность обратного порядка отработки запасов по отношению к прямому признавалась лишь теоретически. При небольшой глубине разработки месторождения из-за меньшей протяженности выработок прямой порядок разработки был выгоднее. С переходом на большую глубину горных работ, раскройкой месторождений на шахтные поля больших размеров (4-8 км), увеличением срока службы чрезмерно возросла протяженность поддерживаемых выработок, снизилась надежность транспорта и вентиляции, повысилась аварийность. В таких условиях обратный порядок снижает вероятность "старения" технологической схемы благодаря планомерному погашению отслуживший свой срок подготовительных выработок.

2. Управление запасами при отработке шахтного поля. Управление запасами угля является важнейшей задачей планирования и управления горными работами на шахте. Для стабильной работы необходимо поддерживать в шахтном поле оптимальное соотношение запасов угля разной степени готовности: достаточные объемы промышленных, вскрытых, подготовленных и готовых к выемке.

На относительные пропорции основных категорий готовности запасов влияют разные технологические факторы: порядок отработки запасов, темпы проходческих и очистных работ, угленасыщенность месторождения, газоносность и нарушенность запасов, стоимость горных работ по вскрытию, подготовке частей шахтного поля, стоимость поддержания горных выработок и др.

Общим принципом правильного ведения подготовительных работ по категориям подготовленности является сохранение равенства продолжительности отработки и подготовки выемочных полей. Расчет соотношения очистных и подготовительных работ должен рассматриваться как оптимизационный процесс.

Тема 6.4. Проектирование технологических подсистем предприятия (1 час). *Проектирование схемы и параметров вентиляции шахты. Проектирование систем подземного транспорта. Проектирование и оценка системы безопасности на шахтах*

1. Проектирование схемы и параметров вентиляции шахты. Проектирование вентиляции угольных шахт выполняется, как правило, в два этапа. На первом этапе выбираются наиболее рациональная схема вентиляции шахты и ее основные параметры: расходы воздуха по основным выработкам и шахте в целом, депрессия шахты, способ проветривания, типоразмеры вентиляторов главного проветривания. На первом этапе рациональная схема вентиляции шахты выбирается в результате экономического сравнения вариантов. На втором этапе принятая схема вентиляции шахты детализируется: определяются места установки и характеристики вентиляционных сооружений, предназначенных для регулирования распределения шахтного воздуха по выработкам, рассчитываются и выбираются

калориферы, средства проветривания подготовительных забоев; уточняются расходы воздуха по выработкам; уточняются величина депрессии и режим работы вентиляторов главного проветривания.

2. Проектирование систем подземного транспорта. При проектировании систем подземного транспорта их необходимо рассматривать как совокупность взаимосвязанных технологических схем и средств транспорта основного и вспомогательного грузопотоков, обеспечивающих поточную технологию работы системы при минимальном числе ступеней в схемах транспорта.

Методология проектирования систем подземного транспорта сводится к решению комплекса информационно взаимосвязанных задач, решаемых в такой последовательности: 1) расчет грузопотоков основного и вспомогательного транспорта; 2) назначение рациональных вариантов по типам и видам основного и вспомогательного транспорта для каждого звена транспортной схемы; 3) расчет аккумулялирующих емкостей в узлах сопряжения транспортных звеньев; 4) расчет основных параметров и выбор типоразмеров средств основного и вспомогательного транспорта; 5) оптимальная компоновка схем подземного транспорта; 6) анализ вариантных расчетов; 7) расчет технико-экономических показателей систем подземного транспорта.

Вопросы:

1. Обоснование порядка отработки запасов шахтного поля.
2. Управление запасами при отработке шахтного поля.
3. Последовательность проектирования схемы и параметров вентиляции шахты.
4. Последовательность проектирования систем подземного транспорта шахты.

ЛЕКЦИЯ 13

Тема 6.4. Проектирование технологических подсистем предприятия (1 час). Проектирование и оценка системы безопасности на шахтах

3. Проектирование и оценка системы безопасности на шахтах. Шахта является опасным производственным объектом, потенциально опасной технической системой, в которой выполняются многочисленные потенциально опасные процессы. В процессе эксплуатации такие опасные системы способны причинить вред причинить вред жизни или здоровью работников, объектам производства или окружающей среде.

В теории безопасности и ряде стандартов при формировании критерия вида состояния (опасное или безопасное) используется понятие "ущерб", который характеризует потерю здоровья или жизни людей, убытки или непредвиденные расходы, урон или вред, который наносится объектам или среде. Безопасным является состояние, в котором ущерб не превышает приемлемого значения. Такой ущерб называется приемлемым ущербом. В случае, когда ущерб превышает приемлемое значение, система находится в опасном состоянии.

Приемлемое значение ущерба устанавливается в нормативно-технической документации, на определённый период времени в зависимости от состояния (экономического, социального, культурного и т. п.) общества. Таким образом, опасное и безопасное состояния различаются уровнем ущерба, который наносится технической системой работникам, материальным объектам или окружающей среде.

Безопасность является сложным свойством, которое включает ряд свойств, в том числе: газобезопасность, электробезопасность, пожаробезопасность, взрывобезопасность, безопасность при проявлении горных динамических явлений и т. д. Свойство "безопасность" технических систем являются самостоятельным свойством, входящими в понятие "качество объекта".

Переход системы из безопасного состояния в опасное состояние происходит в результате опасного события, которое иногда называется происшествием. Опасное событие наступает при превышении ущерба приемлемого значения. Обратный переход технической системы из опасного состояния в безопасное состояние осуществляется путём восстановления безопасного состояния. Опасное событие имеет вероятностный характер. Оно происходит при реализации угрозы наступления опасного события (угрозы безопасному состоянию).

Угроза безопасному состоянию (угроза безопасности) представляет собой событие, которое предшествует опасному событию (предвестник опасного события). При появлении угрозы опасное событие может произойти или не произойти. Угроза безопасности возникает при выходе определённых (критических) параметров за установленные границы, при наличии ошибок работников, отказов критических элементов, ошибок в программном обеспечении и т.п. Перечень этих параметров, критических элементов и ошибок устанавливается для конкретной ТС, исходя из анализа процесса функционирования, этапа жизненного цикла, условий эксплуатации и квалификации обслуживающего персонала.

Общее представление оценки безопасности системы с позиции вероятностной (риска осуществления опасного события) и стоимостной (ущерба) следующая: общий риск равен сумме рисков (сумме произведение вероятностей на ущербы). Данные понятия (опасное и безопасное состояния, опасное событие, угроза безопасности) позволяют использовать для оценивания безопасности ТС такие показатели, которые имеют понятный физический смысл и пригодны для практического решения задач по обоснованию и обеспечению заданных требований по безопасности при разработке потенциально опасных технических систем и средств защиты от возможных угроз.

Шахтная сложная система безопасности включает несколько взаимосвязанных подсистем, которые обязаны контролировать отдельные производственные процессы, средства механизации, работы людей. Особое место на шахте отведено системе газовой безопасности. На ее примере рассмотрим процесс проектирования:

1. Проектируют и поддерживают комплекс мер, общий режим всех действий, не допускающий образования газовой среды, взрывоопасной среды.
2. Проектируют конструктивные элементы оборудования, машин, механизмов и поддерживают условия работы, исключая появление открытого огня.

3. Проектируют и создают в соответствующих горных выработках технологической схемы шахты специальные заградительные устройства, препятствующие распространению аварийных процессов – пожаров, взрывов, загазовывания, обрушения пород и т.д.

4. Предусматривают правила и нормы поведения в шахте всех без исключения работников, категорически исключающие возможность инициирования открытого огня какими-либо их действиями.

Таким образом, создается несколько рубежей в системе безопасности, которая направлена на исключение формирования в шахте взрывоопасной газовой среды и открытого огня (икры), локализацию возможных маловероятных взрывов, возгораний и т.д.

Все рубежи безопасности должны работать вместе, одновременно, обеспечивая многократную надежность против случайностей и стихии.

Тема 7. Обоснование структур механизации горных работ (1 час). *Принципы выбора прогрессивных средств механизации горных работ. Проектирование механизации подготовительных и очистных работ*

1. Принципы выбора прогрессивных средств механизации горных работ.

Проект шахты должен предусматривать применение прогрессивного безопасного и производительного оборудования, машин и средств автоматизации.

Вопросы механизации производственных процессов связаны со схемами вскрытия и подготовки месторождения, системой разработки пластов. Необходимо взаимоувязывать механизацию всех производственных процессов и операций.

При выборе комплексов оборудования необходимо руководствоваться требованиями нормативных документов. Техничко-экономическая оценка машин и комплексов оборудования должна осуществляться совместно с технологией горных работ. В качестве критерия оценки принимаются показатели доходов от добычи угля.

2. Проектирование механизации подготовительных и очистных работ.

Выбор средств механизации проходческих и очистных работ должен осуществляться с учетом горно-геологических условий месторождения, принимаемых систем разработки, способов проведения горных выработок (буровзрывные, комбайновые), типа выработок (горизонтальные, вертикальные, наклонные, камерные), их размеров (сечения и протяженности), формы, вида их крепления, достигнутых скоростей проходки выработок и интенсивности очистных работ, требований безопасности работ.

Вопросы:

1. Проектирование и оценка системы безопасности на шахтах.
1. Принципы выбора прогрессивных средств механизации горных работ.
2. Проектирование механизации подготовительных и очистных работ.

ЛЕКЦИЯ 14

Тема 8. Основные принципы автоматизированного проектирования предприятий (1 час). *Цели создания системы автоматизированного проектирования горных предприятий (САПР). Методология автоматизированного решения задач при проектировании. Основные компоненты обеспечения САПР. Экономическая эффективность применения САПР*

САПР – это организационно-техническая система, состоящая из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимосвязанного с подразделениями проектной организации и выполняющая автоматизированное проектирование.

Основными структурными звеньями САПР являются подсистемы, обладающие всеми свойствами систем. Подсистема – это выделенная по некоторым признакам часть САПР, обеспечивающая получение законченных проектных решений и соответствующих проектных документов. Шахта является сложной системой. В основу САПР заложены принципы теории систем:

- включения (подсистема учитывает требования системы);
- системного единства (на всех стадиях создания, функционирования и развития ее целостность обеспечивается связями между компонентами);
- совместимости (обеспечиваются структурные связи между подсистемами и сохраняется открытая структура системы в целом);
- комплексности (связность решений по отдельным подсистемам и в целом по объекту на всех этапах проектирования).

Данные принципы осуществляются в подсистемах графического отображения объектов проектирования; документирования; информационного поиска, численного анализа, оптимизации и т. д.

Функциональное назначение САПР заключается в осуществлении автоматизированного проектирования на всех или на отдельных стадиях проектирования объектов и их составляющих частей на основе применения моделей, автоматизированных проектных процедур и средств вычислительной техники. Автоматизированное проектирование заключается в преобразовании описаний объекта проектирования и представления описаний на различных языках осуществляются путем взаимодействия человека и ЭВМ. Место и роль человека в САПР – это реализация функций советчика-проектировщика по ходу выполнения программы и эксперта по выданным результатам.

Основная цель создания и функционирования САПР заключается в повышении качества и технико-экономического уровня проектируемых объектов.

Для достижения целей создания САПР предусматривается:

- совершенствование технологии и организации проектирования на основе математических методов и средств вычислительной техники;
- использование методов многовариантного проектирования;
- создание единых банков данных, обеспечивающих автоматизацию процессов поиска, обработки и выдачи данных;
- унификация и стандартизация компонентов методического, информационного, программного и организационного обеспечений проектирования.

Методологическая основа САПР уголь ориентирована на комплексное проектирование новых и реконструируемых предприятий как сложных динамических систем, характеризующихся влиянием большого числа факторов.

Эффект создания и функционирования САПР создается:

1) при проектировании – в повышении эффективности проектных решений, сокращении сроков проектирования, улучшении качества проектно-сметной документации, повышении производительности труда;

2) при строительстве и эксплуатации предприятий – в снижении его стоимости, улучшении качества строительства, повышении производительности труда, снижении эксплуатационных расходов, увеличении объема и улучшении качества продукции.

Вопросы:

1. Основные принципы автоматизированного проектирования (САПР) шахт.

ЛЕКЦИЯ 15

Тема 9. Оценка эффективности и качества проектных решений (2 часа). *Измерение эффективности и качества проектов. Интегральная оценка качества проектов шахт.*

1. Измерение эффективности и качества проектов. Многоцелевая направленность проектирования, многомерность эффективности проектов сложных систем приводят к их комплексной оценке технико-экономического качества с помощью критериев оптимальности. Критерий оптимальности предназначен для выявления наиболее экономичных вариантов для выполнения проекта шахты, с помощью перечня показателей сделать обобщенную оценку эффективности, оценку его качества. Под технико-экономическим качеством проекта шахты понимают степень соответствия его параметров, показателей, принятой технологии, средств механизации производства, производственных процессов, форм организации труда и системы управления, мер безопасности наивысшим достижениям.

В комплекс производственно-технических показателей и параметров шахты включают всего наиболее общие показатели концентрации производства и работ, механизации и надежности.

2. Интегральная оценка качества проектов шахт. Под качеством проектных решений (проекта) строительства шахты понимают степень соответствия его показателей, параметров, принятой технологии, средств механизации, производственных процессов, форм организации труда и системы управления, мер безопасности наивысшим достижениям, принятых за эталон. Для всесторонней (интегральной) оценки качества проектных решений (проекта) привлекают большое число разнообразных технологических, организационных, экономических и эксплуатационных показателей-критериев. Данная задача оценки качества относится

к теории принятия решений, а именно, к оптимизационным методам многокритериальной оценки и обоснования сложных решений.

Известно много математических методик простого и сложного вычисления интегрального показателя оценки качества объекта. Например, относительно простое вычисление интегрального показателя сводится к следующему алгоритму: 1. Устанавливаются частные показатели-критерии из числа выбранных показателей (для проекта шахты: совокупность технологических, организационных, экономических и эксплуатационных показателей). 2. Выполняется сравнение показателей разработанного объекта с наилучшими (эталоны). 3. Принимается математический прием для вычисления интегрального критерия, например, используется простая функция в виде средней геометрической или арифметической.

Вопросы:

1. Интегральная оценка качества проектов шахт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малкин А. С. Проектирование шахт: учеб. для вузов / А. С. Малкин [и др.]; под ред. Л. А. Пучкова. – 4-е изд. – М.: Изд-во Акад. горн. наук, 2000. – 375 с.
2. Шестаков В. А. Проектирование горных предприятий: учеб. для вузов. – 3-е изд. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2003. – 795 с.
3. Митейко А. И. Создание и ввод в действие системы автоматизированного проектирования (САПР-уголь): учеб. пособие. – М.: Изд-во ИПК Минуглепрома СССР, 1985. – 155 с.
4. Эталоны ТЭО строительства предприятий по добыче и обогащению угля: в 2 т. / под науч. рук. Г. Л. Краснянского, В. М. Еремеева. – М.: Изд-во Акад. горн. наук, 1998. – Т. I. – 238 с.; Т. II. – 271 с.
5. Проектирование угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик / В. М. Еремеев [и др.]. – М., 2000. – 312 с.
6. Вылегжанин В. Н. Проектирование шахт: учеб. пособие / В. Н. Вылегжанин, В. П. Мазикин, В. Н. Хомченко; под ред. В. Н. Вылегжанина. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2000. – 112 с.
7. Ялевский В. Д. Модульные горнотехнические структуры вскрытия и подготовки шахтных полей Кузбасса (Теория. Опыт. Проекты) / В. Д. Ялевский, В. А. Федорин. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2000. – 224 с.
8. Способы вскрытия, подготовки и системы разработки шахтных полей / под ред. Б. Ф. Братченко. – М.: Недра, 1985. – 408 с.
9. Егоров П. В. Проектирование угольных шахт: учеб. пособие / П. В. Егоров, А. Н. Супруненко, А. И. Набоков; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2005. – 221 с.
10. Егоров П. В. Основы горного дела: учеб. для вузов / П. В. Егоров [и др.]. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2000. – 217 с.
11. Егоров П. В. Практикум по подземной разработке пластовых месторождений / П. В. Егоров [и др.]. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 1995. – 217 с.

12. Михеев О. В. Подземная разработка пластовых месторождений. Теоретические и методические основы проведения практических занятий: учеб. пособие. / 2-е изд., перераб. и доп. / О. В. Михеев [и др.]. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2001. – 487 с.

13. Скукин В. А. Экономика горного производства и менеджмент: учеб. пособие / В. А. Скукин, А. Н. Супруненко, Л. С. Скрынник; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2007. – 478 с.