

Министерство топлива и энергетики Российской Федерации
Российская Академия Наук

НИЦ ГПИ - Институт горного дела им. А.А. Скочинского

На правах рукописи

Екатерина Викторовна МУРОВА

РГБ 01

27 ОКТ 1998

**ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ШАХТЫ С
УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ ЕЕ ОСНОВНЫХ ЗВЕНЬЕВ
(НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ШАХТ ВОСТОЧНОГО
ДОНБАССА)**

Специальность 05.15.02 - «Подземная разработка месторождений
полезных ископаемых»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва
1998

Работа выполнена в лаборатории «Вскрытие и подготовка шахтных полей и совершенствование шахтного фонда» им. М.И. Устинова Института горного дела им. А.А. Скочинского.

Научный руководитель - проф., докт. техн. наук В.И. Ильин.

Официальные оппоненты:

проф., докт. техн. наук А.В. Стариков,
вед.н.с., канд. техн. наук Д.Т. Горбачев

Ведущее предприятие - Горный институт по проектированию предприятий угольной промышленности ЗАО «Гипроуголь», г. Новосибирск.

Автореферат разослан 2 октября 1998 года.

Защита диссертации состоится 4 ноября 1998 г.
в 10.00 на заседании диссертационного совета К.135.05.03. Института горного дела им. А.А. Скочинского.

С диссертацией можно ознакомиться в секретариате ученого совета института.

Отзывы в двух экземплярах просим направлять по адресу:
140004. Г. Люберцы Московской обл.,
НИЦ ГП - ИГД им. А.А. Скочинского.

Ученый секретарь
диссертационного совета
проф., докт. техн. наук

И.Г. Ищук

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований

Проведение экономических реформ на пути к рыночной экономике предусматривает реструктуризацию большинства отраслей промышленности страны, включая ТЭК, и сопровождается негативными тенденциями, что создает непосредственную угрозу энергетической безопасности России.

Реструктуризация угольной промышленности России имеет целью формирование конкурентоспособных стабильно работающих по принципу самофинансирования угольных предприятий, по техническому уровню соответствующих мировым стандартам.

В мировой практике созданы высокопроизводительные комплексы для очистных работ, способные обеспечить добычу от 5000 до 10000 т/сут. и более в одном очистном забое. Однако состояние инфраструктуры не только действующих шахт, но и недавно запроектированных шахт России не позволяет обеспечить эффективное применение высокопроизводительных средств добычи угля.

Достижение мировых стандартов угледобычи возможно на основе: совершенствования инфраструктуры шахты, базирующейся на всестороннем обосновании ее рациональной структуры с оценкой эффективности инвестиций, обеспечивающих строительство предприятия нового технического уровня и последующее его развитие для высокотехнологичной и эффективной отработки благоприятных участков месторождений, что и определяет актуальность работы.

В условиях реструктуризации угольной отрасли особую актуальность эта задача имеет для шахт Восточного Донбасса, где наряду с ликвидацией убыточных предприятий осуществляется проектирование и строительство новых высокопроизводительных шахт.

Диссертационная работа непосредственно связана с проводимыми в ННЦ ГП - ИГД им. А.А. Скочинского исследованиями по программе "Уголь России" (тема 01100217100, 1996 г.).

Цель диссертационной работы

Целью диссертационной работы является разработка методики обоснования и выбора рациональной инфраструктуры шахты нового технического уровня с оценкой надежности составляющих инфраструктуру элементов и эффективности инвестиций на примере проектируемых предприятий для отработки участков месторождений Восточного Донбасса с благоприятными горно-геологическими условиями.

Задачи исследования

• Формализация формирования исходного множества альтернативных вариантов инфраструктуры угольной шахты и выбора подмножества предпочтительных.

- Оценка надежности горных выработок как основных элементов инфраструктуры угледобывающих предприятий, обеспечивающих стабильно протекание процессов угледобычи.

- Обоснование и выбор рациональной инфраструктуры угледобывающего предприятия на основе интегральных критериев эффективности инвестиционных процессов в динамической постановке (применительно условиям участка «Кадамовский»).

Идея работы

Идея работы заключается в синтезе методов многокритериальности отношения предпочтения для формального обоснования и выбора рациональной инфраструктуры шахты с последующей оценкой надежности составляющих ее элементов и технологической оценкой инвестиций обеспечивающих строительство и развитие шахты нового технического уровня

Защищаемые положения

1. Методика формирования исходного множества альтернативных вариантов и выбора наиболее предпочтительных с учетом экономической оценки и принятой иерархии элементов инфраструктуры угольных шахт.

2. Установление закона распределения интенсивностей отказов восстановлений в системе подготовительных выработок и зависимость характеристик эксплуатационной надежности поддерживаемых подготовительных выработок от горнотехнических условий.

3. Модель управления состоянием системы поддерживаемых подготовительных выработок, обеспечивающая эксплуатационную надежность очистных работ.

4. Результаты оптимизации инфраструктуры шахты для условий шахт «Кадамовская-Западная» АО «Ростовуголь» по интегральным критериям эффективности инвестиционных проектов.

Научное значение и новизна работы

Разработана формализованная процедура формирования исходного множества альтернативных вариантов инфраструктуры шахты и последующего выбора наиболее предпочтительных.

Построена модель поддержания горных выработок как основного элемента инфраструктуры шахты и установлена количественная зависимость отказов и восстановлений вышедших из строя элементов и рам крепи в целом для достаточно длительного периода времени.

Разработана экономико-математическая модель задачи выбора оптимального варианта инфраструктуры шахты на основе интегральных критериев оценки инвестиций в динамической постановке.

Личный вклад автора

Личный вклад автора заключается в постановке задач и разработке методики исследований, научном обосновании выбора рациональной инфраструктуры шахты, сборе и статистической обработке данных, определению законов распределения случайных величин интенсивности

оступления и восстановления отказов крепи горных выработок, доказательстве равномерности использования для моделирования процесса поддержания его динамики средних, технолого-экономической оценке наиболее предпочтительных вариантов и выбора рациональной инфраструктуры шахты этого технического уровня.

Обоснованность и достоверность результатов исследований подтверждается:

- достаточностью объема использованной статистической информации, характеризующей состояние элементов инфраструктуры действующих шахт;
- корректным применением математических методов (теорий множеств, вероятности, надежности), апробированных при решении прикладных задач горного производства при достаточном объеме исследований, с высоким значением критериев достоверности и надежности решений на базе современной компьютерной техники и современных методов экономической теории;
- практическим использованием в ТЭП шахты "Кадамовская-Западная" результатов оптимизации инфраструктуры шахты;
- соответствием результатов исследований основным направлениям реструктуризации угольной промышленности России и региональным программам развития угольной отрасли.

Практическая ценность результатов исследований

Практическая ценность работы состоит в том, что реализация формальной процедуры обоснования и выбора рациональной инфраструктуры шахты позволяет обеспечить ее эффективную работу при нагрузке на единственный очистной забой до 5000т/сут с высокой среднемесячной производительности руда рабочего по добыче около 500т/мес., минимальную протяженность одерживаемых выработок, высокую эффективность инвестиций.

Апробация работы

Основное содержание работы и ее отдельные положения докладывались на научных семинарах ННЦ ГП - ИГД им. А.А. Скочинского.

Публикации

По результатам исследований опубликовано 3 печатных работы.

Структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, зложенных на 178 страницах машинописного текста, содержит 4/ таблиц, рисунков, списка литературы из 26 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Реструктуризация угольной промышленности России представляет собой комплекс взаимосвязанных мероприятий, направленных на преобразование производственной, организационной и технической структур отрасли с целью

повышения ее эффективности, адаптации к рыночным отношениям и на этой основе обеспечение стабильного развития угледобывающих регионов. Очевидно также, что реструктуризация угольной отрасли является составной частью проводимых в России взаимосвязанных рыночных реформ ее экономики.

Целью реструктуризации угольной отрасли является формирование конкурентоспособных угольных предприятий на базе перспективных и стабильно работающих на принципе самофинансирования шахт и разрезов, имеющих на своем балансе благоприятные и весьма благоприятные к отработке запасы. Таким образом, проектирование и строительство новых предприятий будет осуществляться только на благоприятных к отработке участках месторождений. До 2000 г. намечается ввести в эксплуатацию 11-12 млн. т/год мощностей новых угледобывающих предприятий.

Сложившийся тип угольной шахты, в т.ч. на месторождениях с условиями, благоприятными для применения средств комплексной механизации, характеризуется разветвленной сетью вскрывающих и подготовительных выработок (с протяженностью поддерживаемых выработок до 300 км), обеспечивающей многозабойную систему очистных забоев (до 12-18 одновременно действующих), с длиной лавы от 100 до 150-200 м, выемочного столба 1000-1500 м, с нагрузкой 1000-1500 т/сут., с коэффициентом машинного времени выемочного комбайна 0,2 - 0,3, низкой надежностью сети поддерживаемых выработок, высокими затратами на добычу угля, длительным сроком окупаемости (более 10-15 лет) инвестиций, высокой капиталоемкостью создания и воспроизводства мощностей.

В мировой практике (США, Канада, ЮАР, Австралия и др.) достигнуты стабильные и высокие показатели концентрации производства и производительности труда, на порядок превышающие достигнутые на лучших шахтах России.

Сложившийся к настоящему времени дефицит в поставках качественных энергетических углей на Юге и Западе России для тепловых электростанций может быть закрыт добычей с новых строящихся и проектируемых предприятий. Так, в Кузбассе и в Восточном Донбассе, на месторождениях с благоприятными горно-геологическими условиями, должны быть построены новые шахты, мощностью 1,5-3,0 млн.т в год, которые по своим технико-экономическим показателям соответствуют уровню предприятий мирового класса.

Анализ исследований, направленных на совершенствование инфраструктуры шахты, оценку надежности ее элементов и эффективности инвестиций показал следующее:

- недостаточно исследована морфология построения исходного множества вариантов инфраструктуры шахты, определяющая их топологию;
- имеющиеся исследования по оценке надежности элементов инфраструктуры шахты охватывают лишь ограниченный круг задач, не

увязывая эти показатели с эффективностью протекающих в них процессов;

- практически отсутствуют оценки инфраструктуры шахт на основе интегральных критериев эффективности инвестиционных проектов в динамической постановке.

Техническая целесообразность и экономическая эффективность инфраструктуры шахты достигаются за счет обоснования и выбора рационального сочетания ее элементов, в первую очередь, вертикальных, заклонных и горизонтальных выработок, соответствующего их расположения и оснащения.

Образующееся при простом переборе сочетаний элементов исходное множество вариантов инфраструктуры шахты не дает четкой картины их совместимости. Необходима система признаков, позволяющая объединить варианты в однородные группы, с учетом совместимости отдельных элементов в каждом варианте, что позволит сформировать исходное множество вариантов инфраструктуры шахты, отличающихся между собой хотя бы одним элементом.

В этой системе признаки схема и способ вскрытия выделены в самостоятельные уровни, а в качестве подуровней приняты вид капитальных выработок, количество горизонтов.

Следующими классификационными признаками выделены схема и способ подготовки шахтного поля с подразделением первого на подуровни, определяющие общий вид планировки горных работ, и второго - расположение выработки относительно пласта.

Пятым классификационным признаком выделена схема отработки.

Шестым классификационным признаком выделена система разработки, подразделяющейся на следующие подуровни: первый определяет схемные решения развития горных работ, второй - схему проветривания выемочного участка, третий - порядок отработки выемочного столба, четвертый - способ охраны и поддержания выемочных выработок.

Классификационным признаком, связывающим коммуникации между элементами инфраструктуры, выделен транспорт. Для каждого элемента инфраструктуры характерен свой вид транспорта, обеспечивающий цикличное или в целом поточное транспортирование угля по выработкам шахты.

Формирование вариантов инфраструктуры с учетом совместимости их элементов, показывает, что исходное множество достаточно велико. Реализация каждого из них по комплексу критериев даже на компьютере весьма трудоемка и экономически нецелесообразна. В первую очередь необходимо выделить из исходного множества по определенным критериям предпочтительное подмножество вариантов, из которых по отношениям предпочтения предполагается выделить наиболее предпочтительные.

Поэтому задача формирования наиболее предпочтительного подмножества вариантов инфраструктуры шахты включает следующие этапы:

1. Формализация формирования исходного множества однородных групп вариантов инфраструктуры шахты, с учетом совместимости составляющих и элементов, удобного для осуществления полного перебора.

2. Разработка комплекса критериев, по которому должен оцениваться каждый вариант инфраструктуры шахты, и процедуры их оценки с целью выделения предпочтительного множества.

3. Построение формальной процедуры отношений предпочтения с целью выделения из предпочтительного множества вариантов инфраструктуры наиболее предпочтительных.

Схематически исходное множество возможных сочетаний элементов образующих варианты инфраструктуры шахты можно представить в вид матрицы, где на пересечении строк и столбцов находятся возможные сочетания значений подуровней элементов инфраструктуры шахты с учетом удельного веса каждого из них в целом уровне.

Для каждого уровня и подуровня сформулированы критерии и их групп в целом, по которым оценивается каждый вариант инфраструктуры. Группы критериев, по которым оцениваются варианты инфраструктуры шахты в целом представляет собой объединения критериев на каждом уровне, определяемые к 17 технико-экономических показателей. Таким образом, формальная оценка каждого альтернативного варианта инфраструктуры по специально разработанной количественной оценке в виде системы критериев, позволяя выбрать из них подмножество предпочтительных, имеющие более высокую оценку, а использование в дальнейшем процедуры отношения предпочтения позволяет выделить из подмножества наиболее предпочтительные применительно к условиям разработки пологого пласта мощностью до 2 м.

Реализация разработанного алгоритма позволила выделить из исходного множества подмножество предпочтительных, состоящее из 18 вариантов, из которых в последствии было выделено три с наибольшими оценками:

- одnogоризонтная схема вскрытия с центрально-фланговым расположением наклонных стволов и отдельными грузопотоками из очистных и подготовительных забоев, панельной схемой подготовки, с обратным порядком отработки столбов, лавами по простиранию, прямоточным (для негасовых шахт - возвратноточным) проветриванием, бесцеликовой охраной выемочных выработок и повторным их использованием;

- одnogоризонтная схема вскрытия с центрально-фланговым расположением вертикальных и наклонных стволов, капитальным квершлагом, панельной схемой подготовки, отработкой ярусов обратным ходом нисходящем порядке, в зависимости от газовой обстановки прямо- и возвратноточной схемой проветривания, бесцеликовой охраной выемочных выработок и повторным их использованием;

- одnogоризонтная схема вскрытия с фланговым расположением вертикальных стволов, капитальным квершлагом, погоризонтной схемой подготовки с отработкой столбов через один лавами по падению, прямо- и возвратноточным проветриванием, бесцеликовой охраной подготавливаю-

объём выработок и с проведением их вприсечку с выработанным оборудованием.

Эффективность инфраструктуры шахты определяется ее надежностью, которая в свою очередь зависит от надежности составляющих ее элементов.

Надежность крепи горных выработок, обеспечивая стабильность протекающих в инфраструктуре шахты производственных процессов, определяется деформацией ее конструктивных элементов, т.е. переходом рамы или из состояния, когда все ее элементы, включая межрамное пространство исправны, и пучение почвы отсутствует - в состояние, когда один из них деформирован и требует замены, ремонта или подрывки почвы. Таких конструктивных частей, однородных по своей структуре, из которых состоит элемент инфраструктуры (система) "Горная выработка" достаточно, почти бесконечно много, что говорит о целесообразности использования метода наработки средних для оценки его надежности.

Пусть имеется система S , состоящая из большого числа N однородных элементов, каждый из которых может случайным образом переходить из исправного состояния в неисправное. При этом предполагается, что потоки событий, переводящие каждый элемент из одного состояния в другое распределены по экспоненциальному закону с интенсивностями, произвольным образом зависящим от времени. Тогда процесс, протекающий в системе, будет марковский.

Статистическим анализом по данным материалов маркшейдерских делов шахт, граничащих с проектируемым угледобывающим предприятием "Адамовская-Западная" были установлены зависимости интенсивности деформаций элементов крепи различных типов выработок от времени, представленные на рис. 1, 2.

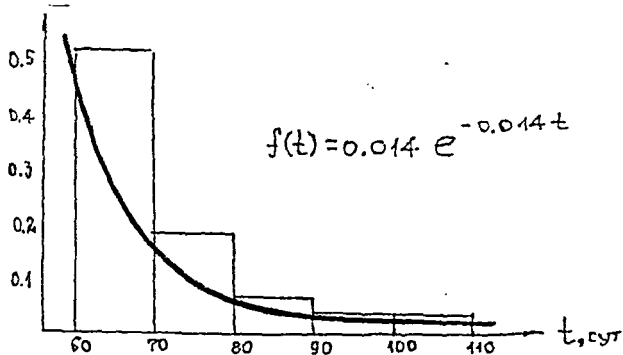


Рис. 1 Интенсивность отказа крепи вскрывающей выработки

Так, длительность времени безотказной работы отдельно взятой рамы крепи вскрывающей выработки (металлическая арочная крепь из спешпрофиля ВП-27, и сечением 18-23 м²) является показательным (как показано на рис. 1), плотностью распределения

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (1)$$

где λ - интенсивность выхода из строя элементов или рам крепи, ед/с. Колеблется в зависимости от вида элемента инфраструктуры от 0,01 до 0,5 более элемент/сут.

Принятое предположение об экспоненциальности эмпирического распределения времени безотказной работы 1 рамы крепи вскрывающей выработки не противоречит критерию " χ^2 - Пирсона".

Исследование времени восстановления отказа приведенной вып элементов рамы крепи по фактическим статистическим данным граничных объектов исследований шахт показывают, (рис. 2), что и это время так распределено по показательному закону с плотностью

$$f(t) = \mu e^{-\mu t} \quad (2)$$

где μ - интенсивность восстановления (ремонта) элемента или рам крепи, рам/сутки.

Отсюда правомерно считать, что потоки событий, переводящие рам крепи из исправного состояния в неисправное, распределены по показательному закону, а сам процесс поддержания выработки представляемый в виде непрерывного потока отказов и восстановлений крепи - марковским.

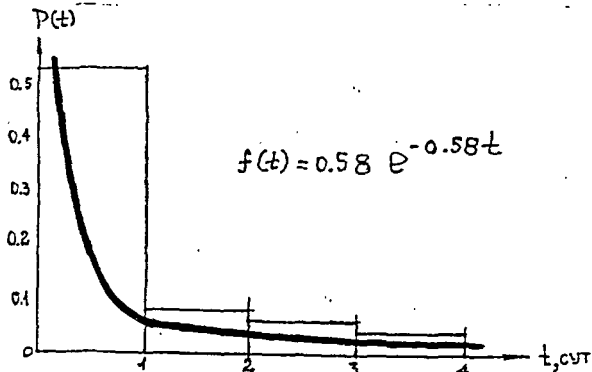


Рис. 2 Интенсивность восстановления рамы крепи вскрывающей выработки

Случайная величина $X_k(t)$ представляет количество рам креп находящихся в момент t в состоянии E_k , т.е. численность состояния E_k систем в момент t . Очевидно, для любого момента t сумма численностей все состояний равна общей численности элементов:

$$\sum_{k=1}^n X_k(t) = N. \quad (3)$$

Для любого t $X_k(t)$ представляет случайную величину, а вообще, при меняющемся t - случайную функцию времени.

Чтобы установить характеристики случайной величины $X_k(t)$ для любого t , необходимо установить значения интенсивностей переводящие элементы

у крепи в целом из исправного состояния E_0 в неисправное E_i и наоборот, чем каждая рама может быть в любом из n ($i=1, n$) возможных состояний.

В вскрывающих и подготовительных выработках при смещении плавающих пород возможны следующие характерные деформации элементов или, определяющие переход выработки их одного состояния в другое и требующие немедленного ремонта: деформирован верхняк; левый, правый или боковых элемента; деформировано межрамное пространство; поддутие швы в результате пучения пород.

Переходы из одного состояния в другое характеризуются показателями интенсивности отказов λ_i и восстановлений μ_j (с интенсивностями соответственно б, в, з, р). Значения интенсивностей отказов определяется по результатам обработки данных натуральных наблюдений, а интенсивностей восстановлений - по соответствующим нормативным документам.

Граф возможных состояний рамы крепи наклонного ствола, капитального ершлага или сборного конвейерного штрека, показан на рис.3.

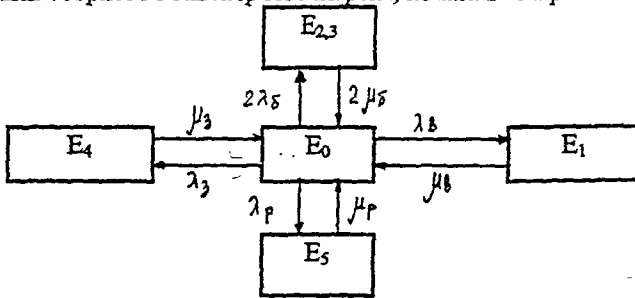


Рис. 3. Граф возможных состояний рамы крепи вскрывающей и подготовительной выработки.

Построив граф возможных состояний рамы крепи выработки и используя лемоническое правило, предложенное проф. Е.С. Вентцель, можно составить систему линейно-разностных дифференциальных уравнений. При этом искомыми переменными являются средние численности состояний $m_i(t)$, получаемые из уравнений динамики средних.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dm_0}{dt} = \mu_8 m_1(t) + \mu_p m_5(t) + \mu_3 m_4(t) + \mu_5 m_{2,3}(t) - \lambda_8 m_0(t) - \lambda_p m_0(t) - \\ - \lambda_3 m_0(t) - 2\lambda_5 m_0(t); \\ \frac{dm_1}{dt} = \mu_8 m_1(t) - \lambda_8 m_0(t); \\ \frac{dm_5}{dt} = \mu_p m_5(t) - \lambda_p m_0(t); \\ \frac{dm_4}{dt} = \mu_3 m_4(t) - \lambda_3 m_0(t); \\ \frac{dm_{2,3}}{dt} = \mu_5 m_{2,3}(t) - 2\lambda_5 m_0(t). \end{array} \right. \quad (4)$$

Аналитическое решение данной системы уравнений с целью определения средних численностей состояний m , при заданных начальных условиях и ограничениях, целесообразно на компьютере с использованием типовых программ, использующих метод Рунге-Кутты.

На рис.4 показаны полученные зависимости численностей средних состояний от интенсивностей поступления отказов и их восстановлений для различной длины выработки, где приводится количество элементов крепи не соответствующих требованиям ПБ, а также рам крепи с подлежащими ремонту межрамным пространством или подрывкой почвы.

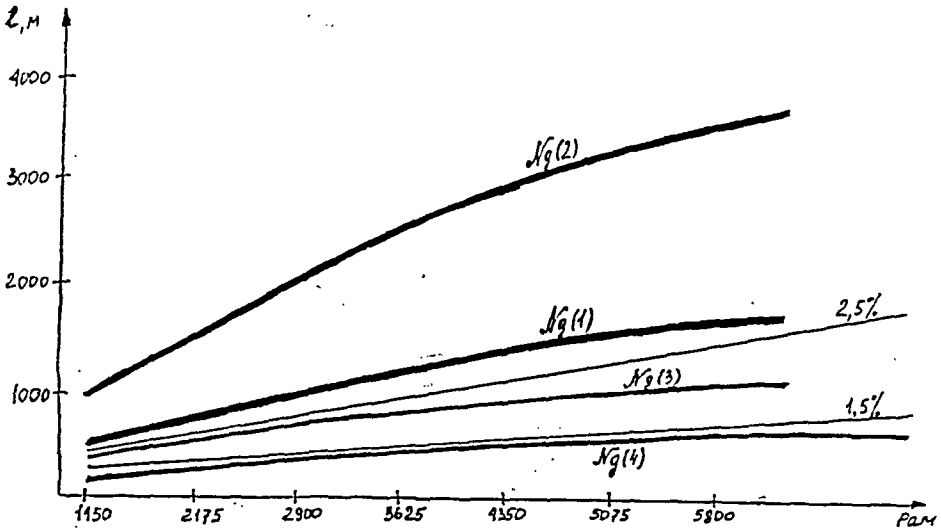


Рис. 4. Зависимости средних численностей состояний рам крепи вскрывающей выработки от ее длины

Так изменение любой из интенсивностей λ в 2 раза приводит к увеличению числа вышедших из строя элементов и рам крепи в 4 и более раз. В обоих случаях кривые $Ng(1)$ и $Ng(2)$ выходят за пределы уровня дефектности, установленные как для транспортных, так и для вентиляционных стволов. Чтобы процесс поддержания, протекающий в выработке соответствовал требованиям ПБ и установленному уровню дефектности, необходимо увеличить интенсивность восстановления, как показано на графике кривой $Ng(3)$, где μ увеличено вдвое, что позволяет соответствовать уровню дефектности для вентиляционных наклонных стволов, и только лишь при увеличении интенсивности ремонтных работ втрое по сравнению с базовой $Ng(1)$ удастся вписаться в уровень дефектности для транспортных наклонных стволов $Ng(4)$.

Коэффициент надежности, определяющий готовность выработки к выполнению предназначенных ей технологических функций, также зависит от изменения величины интенсивности ремонта элементов и рам крепи, как

азано на рис.5. Увеличение интенсивностей ремонта вдвое дает прирост коэффициента на 0,09, а втрое еще 0,03.

Граф состояний рамы крепи подготовительной выработки имеет логичный вид со вскрывающей, и различается только большей интенсивностью поступления отказов. При соответствующих значениях интенсивностей и системе динамики средних были получены результаты процесса поддержания подготовительной выработки. Также был составлен граф возможных состояний рамы крепи выемочных выработок, на котором был моделирован процесс их поддержания и получены количественные оценки того процесса для различных параметров наклонных конвейерного и тилационного ходков.

н

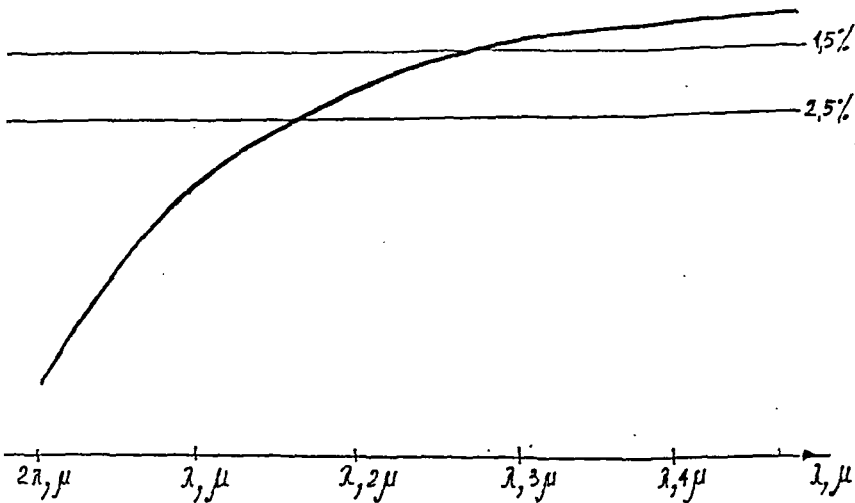


Рис. 5. Зависимость коэффициента надежности вскрывающей выработки от интенсивностей восстановления и отказов

Результаты моделирования так же показывают, что надежность вскрывающих выработок выше, чем подготовительных, а тем более выемочных. Это связано с применением более надежных, но дорогостоящих видов крепи и воздействием влияния очистных работ. Следствием этого является минимальный уровень интенсивностей отказов и дефектности вскрывающих выработок, а также значительные затраты на их поддержание в соответствии с ПБ.

Определение экономической эффективности инвестиционного проекта наиболее предпочтительных вариантов инфраструктуры шахты является одним из наиболее ответственных этапов исследований. Он включает комплексный анализ и интегральную оценку всей технической и финансовой информации с помощью системы показателей: чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, потоки денежных средств, срок окупаемости инвестиций. При этом расходы и доходы разнесены во времени,

приводят (дисконтируют) к одному базовому моменту времени, которым обычно являются дата начала реализации проекта, начала производства продукции или другая условная дата.

В диссертационной работе целью проекта является организация производства и добычи высококачественных энергетических углей на Кадамовском участке Восточного Донбасса.

Размеры шахтного поля шахты «Кадамовская-Западная» по простиранию пласта 7,5 км, вкрест простирания – 1,6 – 4,5 км, площадь – 23 м². К отработке предусматривается пласт i_{1/2} мощностью от 1,3 до 2,45 м с углом падения от 3° до 15°. Промышленные запасы угля по пласту i_{1/2} оцениваются в 36661 тыс. т (по угольным пачкам) и в 46600 тыс. т добываемого угля (с учетом засорения породой прослоек, кровли, почвы и от проходки всех выработок).

Угли относятся к марке А (группа 3А) и могут быть использованы в качестве энергетического топлива.

Породы кровли пласта характеризуются как устойчивые, за исключением локальных участков, где будет проявляться ложная кровля. Непосредственная почва представлена преимущественно сланцами песчаными или глинистыми. Основная почва представлена сланцем песчаным и песчанником.

Содержание метана колеблется от 0,01 до 1,18 м³/т.с.б.м. Пласт не удароопасный. Угольная пыль не взрывчатая. Уголь не склонен к самовозгоранию.

Гидрогеологические условия ожидаются несложные. Ожидаемый приток подземных вод в шахту: нормальный – 200 м³/час, максимальный кратковременный в весенний период – 250 м³/час.

Добыча на шахте «Кадамовская-Западная» будет вестись с использованием высокопроизводительного очистного комплекса КМ 138ТП (изготовитель Юргинский завод ВПК) с нагрузкой 5000 т/сут и проходка горных выработок австрийскими проходческими комбайнами. Получаемая прибыль пойдет на погашение заемных средств и на дальнейшее развитие шахты.

Состояние рынка энергетических углей в данном регионе в настоящее время достаточно благоприятно для успешного развития этого производства и основано на следующих предпосылках:

- незакрытый спрос на энергетические угли, согласно информации БИКИ, составил в 1997 году более 11.5 млн. тонн, что позволяет гарантировано развивать данное производство;
- юг России и Европы являются крупнейшими потребителями угольной продукции с динамичным ростом потребления;
- высокая конкурентоспособность антрацитовых углей Кадамовского участка Восточного Донбасса.

Сметная стоимость строительства по первому варианту в ценах 1995 г. составляет 89.5 млн. руб. в т.ч. СМР-59 млн. руб. Кроме того, затраты на приобретение импортного оборудования - 2.37 млн. долларов США. Полная себестоимость добычи угля в тех же ценах - 52.7 тыс. руб. при средней цене реализации -146.1 тыс. руб.

Общий объем инвестиций, обеспечивающий выполнение строительно-монтажных работ, приобретение очистного, проходческого и транспортного оборудования, составляет с учетом НДС и СН 716728 млн. руб., в том числе собственные средства АО «Ростовуголь» подлежащие возврату 247596 млн. руб. (35%). Ипотечные затраты и капитализируемые инвестиции, принимаемые на баланс шахты составляют 634863 млн. руб., где доля собственных средств АО «Ростовуголь» возрастает до 39%.

Программа продаж определена исходя из направлений использования продукции шахты в соответствии с «Ходатайством о намерениях по строительству шахты «Кадамовская-Западная» АО «Ростовуголь» от 14.12.1995г: коммунально-товые и энергетические нужды. Объемы продаж и доход от реализации составляют соответственно 1498.4 тыс. т и 218899 млн. руб.

Налоги и платежи за счет результатов финансовой деятельности рассчитаны в соответствии с действующей в 1995 г. нормативной базой, а подоходный налог с том льгот по налогообложению прибыли, направляемой на капитальное строительство. Полученный по проекту уровень себестоимости значительно ниже, чем аналогичных шахтах, а уровень рентабельности возрастает с 4-го по 6 год жизни проекта от 47 до 114%.

В мировой практике для оценки инвестиционных проектов используются критерии эффективности: Net Present Value (NPV) - чистая современная стоимость, Internal Rate Return (IRR) - чистый дисконтированный доход, срок окупаемости инвестиций и др., которые основаны на использовании дисконтированного потока (Discounted Cash Flow) инвестиций, текущих расходов и результатов реализации проектов.

Основные показатели эффективности инвестиций, вкладываемых в строительство и развитие шахты «Кадамовская-Западная», приведены в табл.1.

Таблица 1

Основные показатели эффективности инвестиций

Наименование показателей	Единица измерения	Значения показателей
Капитальные затраты, принятые к коммерческой оценке, всего	млн. руб.	522521
в том числе: - строительный период;	млн. руб.	338974
- период эксплуатации;		183547
Потребность в оборотном капитале за период жизни проекта	млн. руб.	29330

Продолжение табл. 1

Общие инвестиционные издержки с учетом потребности в оборотном капитале	млн. руб.	551851
Текущая стоимость общих инвестиционных издержек	млн. руб.	393300
Чистая текущая стоимость проекта	млн. руб.	187710
Внутренняя норма доходности	%	21.3
Индекс доходности(рентабельность инвестиций)	%	1.48
Срок окупаемости инвестиций: - с начала получения прибыли.	лет	6.5

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) или чистая современная стоимость (NPV) рассчитывалась как сумма текущих эффектов за весь период жизни проекта, приведенная к начальному шагу путем их умножения на коэффициент дисконтирования α_t :

$$\mathcal{E}_{\text{нпт}} = \text{ЧДД} = \sum_{t=0}^t \alpha_t \mathcal{E}_t \quad (5)$$

где, \mathcal{E}_t - эффект достигаемый на t-ом шаге, млн. руб.

α_t - коэффициент приведения одновременных затрат, доли ед.

Внутренняя норма доходности (ВНД) представляет норму дисконта, при которой суммарный интегральный эффект проекта (ЧДД) становится равным 0, т.е. если весь проект выполняется только за счет заемных средств, то ВНД равна максимальному проценту, под который можно взять этот заем с тем, чтобы суметь расплатиться из доходов от реализации проекта за время, равное горизонту жизни проекта.

$$\text{IRR} = \sum_{t=0}^T \frac{\mathcal{E}_t}{(1+E_{\text{вн}})^t} - \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1+E_{\text{вн}})^t} = 0. \quad (6)$$

Если расчет ЧДД инвестиционного проекта дает ответ на вопрос, является он эффективным при некоторой заданной норме дисконта ($E_{\text{вн}}$), то ВНД проекта определяется в процессе расчета и затем сравнивается с требуемой инвестором нормой прибыли на вкладываемый капитал. Решение уравнения (6) методом итерации дает значение внутренней нормы доходности проекта и организации угледобычи на шахте "Кадамовская-Западная" равное 21.3%.

Таким образом, окончательно установлена достаточная эффективность проекта строительства шахты с инфраструктурой 1-го варианта наиболее предпочтительного множества, где внутренняя норма доходности превышает барьерную ставку на предложенные кредиты на 8.3% и дает инвестору достаточные гарантии по их выплате.

Проведенные расчеты по определению инвестиционных издержек по 2-у и 3-му вариантам из наиболее предпочтительных инфраструктур шахты оказали следующее. При прочих равных условиях инвестиционные издержки 1-го варианта превышают 1-й на 12.3%. Прежде всего по статьям «Машины и буродование», «Производственные здания и сооружения» и составляет на период строительства 804885,5 млн. руб. (в ценах 1995 года).

Более значительны инвестиции в 3-й вариант инфраструктуры шахты, где они составляют 994818,5 млн.руб. или превышают 1-й вариант на 38.8% по тем же статьям.

Причинами роста инвестиционных издержек по 2-му и 3-му вариантам, являются большая стоимость машин и оборудования для вертикальных объемов, также как и стоимость проведения вертикальных вскрывающих выработок по сравнению с наклонными.

Аналогично для 2-го и 3-го вариантов были просчитаны показатели эффективности вкладываемых инвестиций, а сравнения с вариантом 1 показаны а рис.6.

Данные показывают, что при определенном доходе от реализации родукции (рис. 6а), чистый доход при 1-м варианте превышает 2-й на 19, а 3-й а 32 млрд.руб. за период жизни проекта. Себестоимость производимой родукции не различается столь значительно, как чистый доход за период жизни проекта, а налоги, практически, мало изменяются, следуя небольшому осту доходов за указанный период.

Потоки денежных средств показаны на рис.6б, где тенденция оложительного сальдо, накопленных свободных денежных средств охраняется на весь период жизни проекта и говорит о его достаточной ривлекательности. При этом уровень, остающихся в распоряжении шахты, енежных средств по первому варианту на более чем 12 млрд. руб. больше, чем о второму варианту, и до 28 млрд. руб. по третьему.

Чистая текущая стоимость доходов проекта определяется приведением, о принятой ставке дисконтирования, ежегодных доходов к временной точке ачала строительства. Протекание во времени данного процесса показано на ис. 6в, где после завершения переходного процесса (строительство шахты) аступает стабилизация и при этом чистые текущие доходы по первому арианту превышают как второй, так и третий варианты инфраструктуры ольных шахт.

Срок окупаемости вложенных в строительство шахты инвестиций пределяется по точке пересечения кривой накопленного чистого текущего охода с осью абсцисс (рис. 6г). Срок окупаемости второго варианта на 5, а ретьего на 13 месяцев выше, чем по первому варианту.

Из изложенного можно сделать однозначное заключение, что из трех аиболее предпочтительных вариантов инфраструктуры шахты нового ехнического уровня наиболее эффективен первый вариант, который и принят к аработке ЗАО «Типроуголь», обеспечивая высокую конкурентоспособность родукции шахты «Кадамовская-Западная» на рынке энергетических углей.

Сравнительный анализ предпочтительного множества вариантов

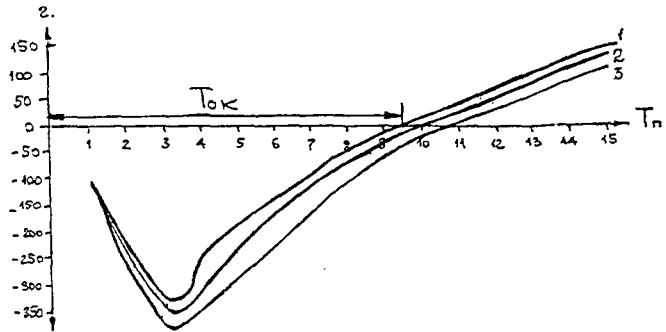
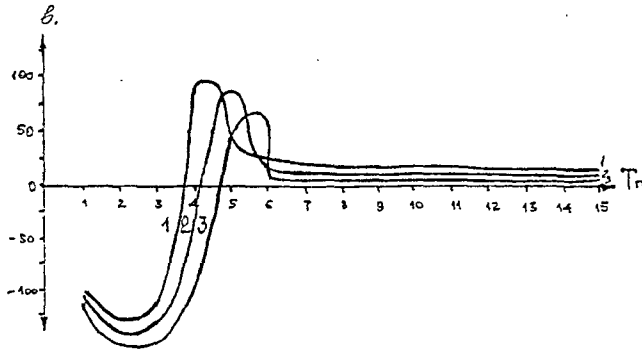
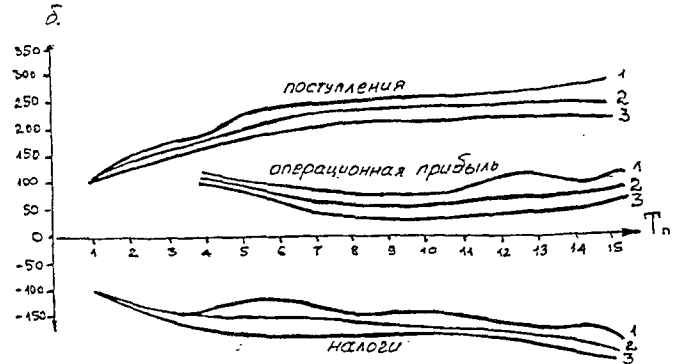
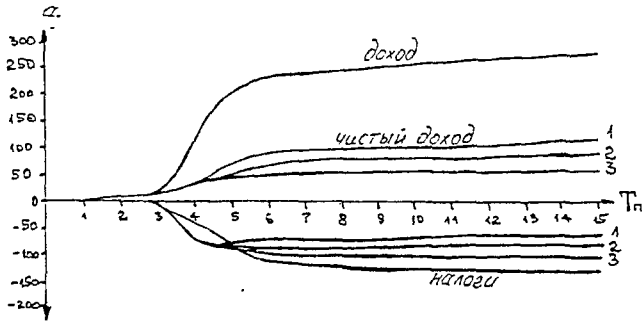


Рис. 6.

Графики зависимости показателей эффективности инвестиционного проекта от ликвидности АВО

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных автором исследований в диссертационной работе предложено новое решение актуальной научной и практической задачи основания и выбора рациональной инфраструктуры шахты с учетом дежности сети выработок, базирующееся на предложенных методах деления наиболее предпочтительных вариантов, динамики средних и оценки фективности инвестиционных проектов по интегральным критериям, яющее существенное значение для повышения эффективности угольного оизводства в рыночных условиях.

Основные выводы, научные и практические результаты работы ключаются в следующем:

1. Выявлена структура и принята иерархия уровней признаков элементов фраструктуры угольных шахт для формального конструирования исходного ожества вариантов.

2. Разработан алгоритм выделения из исходного множества ьтернативных решений по инфраструктуре угольной шахты едпочтительных вариантов на многокритериальной основе и сокращения ого множества по отношениям предпочтения.

3. Доказана правомерность и целесообразность использования для еделирования процесса поддержания горной выработки как составного емента инфраструктуры угольной шахты метода динамики средних.

4. Установлены законы распределения интенсивностей отказов и естановлений в системе подготовительных выработок и зависимости сплуатационной надежности поддерживаемых подготовительных выработок горно-технических условий.

5. По результатам обработки натуральных наблюдений разработаны модели ддержания вскрывающих, подготовительных и выемочных выработок, зволяющие устанавливать характеристики их надежности в любой момент емени. Получены конкретные количественные зависимости процесса ддержания вскрывающих, подготавливающих и выемочных выработок с рокрой вариацией исходных данных, начальных условий и имеющихся раничений.

6. Для условий шахты "Кадамовская-Западная" реализация зработанного алгоритма и оценка вариантов, позволила выделить три рианта инфраструктуры шахты с наиболее высокими оценками:

- одноризонтная схема вскрытия с центрально-фланговым сположением наклонных стволов, что позволило разделить грузопотоки из истных и подготовительных забоев, панельной схемой подготовки, с ратным порядком отработки столбов, лавами по простиранию, прямоточным юветриванием (для негазовых шахт - возвратноточным), беспеликовой раной выемочных выработок и повторным их использованием;

- одnogоризонтная схема вскрытия с центрально-фланговым расположением вертикальных и наклонных стволов, капитальным квершлагом панельной схемой подготовки, обработкой ярусов обратным ходом нисходящем порядке возвратноточной (прямоточной) схемой проветривания бесцеликовой схемой охраной выемочных выработок и повторным и использованием;

- одnogоризонтная схема вскрытия с фланговым расположением вертикальных стволов, капитальным квершлагом, погоризонтной схемой подготовки с обработкой столбов через один - лавами по падению возвратноточным проветриванием (а для газовых шахт прямоточным), охраной подготавливающих столбов выработок путем проведения их вприсечку выработанным пространством.

7. Выполнена экономическая оценка эффективности инвестиционных вложений в строительство шахты «Кадамовская-Западная» АО «Ростовуголь» различными вариантами инфраструктуры по интегральным критериям динамической постановке с последующей оценкой устойчивости проекта.

8. В результате проделанной работы наиболее целесообразная рациональная инфраструктура шахты «Кадамовская - Западная» базируется в одnogоризонтной схеме вскрытия с центрально-фланговым расположением наклонных стволов с разделением грузопотоков из очистных забоев на центральные, а из подготовительных - на фланговые, с погоризонтной схемой подготовки, обратным порядком обработки столбов лавами по простиранию возвратноточным проветриванием, бесцеликовой схемой охраны выемочных выработок и повторным их использованием, которая по инвестиционным издержкам на 12-38 % ниже, чем по 2-му и 3-му наиболее предпочтительным вариантам. Чистый дисконтированный доход по 1-му варианту значительно выше, а срок окупаемости на 5 и 13 месяцев меньше, чем по другим вариантам.

9. Проведенная экономическая оценка свидетельствует о достаточной высокой эффективности проекта: доход за период оценки почти на 50% превысил инвестированный капитал, внутренняя норма доходности в 1.6 раз выше принятой в проекте нормы прибыли на капитал и соответствует требованиям зарубежных инвестиционных фондов к доходности инвестиций высоким уровнем риска. Срок окупаемости капитальных затрат (с начала получения прибыли) в 1.5 раза ниже, сложившегося в угольной промышленности.

10. Выбранный оптимальный вариант инфраструктуры шахты "Кадамовская-Западная" является устойчивым, независимым от колебаний спроса и цен на продукцию.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в следующих работах автора:

1. Мурова Е.В. О целесообразности выбора рациональной инфраструктуры шахты при высокой концентрации работ на месторождениях

запоприятными условиями. Научные сообщения Института горного дела им. А. А. Скочинского. Выпуск 304.-М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1997 г.

2. Мурова Е.В. Надежность инфраструктуры угольной шахты. епонирована в МГТУ 15.07.98, справка № 136.-М.:МГТУ, 1998 г.

3. Пешков И.С., Мурова Е.В. Оценка инвестиционных проектов горительства шахты “Кадамовская-Западная” АО “Ростовуголь”. епонирована в МГТУ 15.07.98, справка № 135.-М.:МГТУ, 1998 г.