На правах рукописи

УДК 622.013.3

БЕЛЯЕВ Вячеслав Вячеславович

СИНТЕЗ И КОМПЛЕКСНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность: 25.00.21 - «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем»

Научный руководитель: проф., докт.техн.наук
Агафонов Валерий Владимирович

Москва 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ..... 4

ГЛАВА 1. ОБОБЩЕНИЕ И АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ 8

1.1. Анализ и аналитическая оценка общих подходов к синтезу и оптимизации технологических систем угольных шахт 8

1.2. Анализ проблем методологии формирования рациональных вариантов технологических схем угольных шахт 14

1.3. Цель, идея и комплекс основных задач исследований 22

ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ 23

2.1. Принципы и критерии модульного синтеза гибких технологических систем 23

2.2. Информационное обеспечение формирования рациональных вариантов технологических систем угольных шахт 37

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ И КОМПЛЕКСНОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ 52

3.1.Формирование интегральных оценочных коэффициентов эффективности отдельных элементов технологической системы шахты 52

3.2. Математическая модель выбора вариантов технологических систем угольных шахт 55

3.3. Алгоритм модульного синтеза прогрессивных функциональных структур угольных шахт 65

ГЛАВА 4. АППРОБАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ 71

4.1. Горно-геологические и горнотехнические условия эксплуатации поля шахты Талдинская-Западная 1 71

4.2. Горнотехническое обоснование парадигмы подземной отработки запасов 78
4.3. Экономическая эффективность вариантов отработки запасов 116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 136
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 139

ВВЕДЕНИЕ

Анализ проблем подземной угледобычи выявил низкую технологическую подготовку горного производства, что подтверждается рядом катастроф техногенного характера, высокими эксплуатационными затратами при добыче угля и сравнительно невысоким уровнем производительности труда по сравнению с развитыми угледобывающими странами (США, Австралия, Китай, ЮАР и др.). Обусловлено это устаревшим шахтным фондом, низкой интенсивностью ввода новых мощностей, малыми темпами реконструкции, технической модернизации и перевооружения. Вместе с тем, в последние десятилетия в угольную отрасль были внедрены ряд зарубежных высокотехнологичных составляющих угледобычи, таких как шахта-лава и основополагающие элементы многоштрековой подготовки.

Наряду с высокопроизводительной импортной горнодобывающей техникой они обусловили рост технико-экономической эффективности и позволили увеличить рост рентабельности производства.

Главным источником сдерживания данных положительных аспектов являются устаревшие пространственно-планировочные и проектные решения функциональных структур угольных шахт, которые продолжают использоваться проектными организациями до сих пор, что, в свою очередь, обусловлено низким уровнем методологического обеспечения обоснования проектных решений в целом.

Таким образом, с учетом вышеизложенного и учитывая основные аспекты развития угольной отрасли, изложенные в «Энергетической стратегии развития РФ на период до 2030 года» задача разработки процедуры формирования прогрессивных функциональных структур угледобывающих предприятий, реализующих подземный способ добычи, является актуальной.

Объекты исследований. Производственные структуры угольных шахт, функционирующие в условиях перманентной нестабильности угольного рынка и смены технических и технологических парадигм.

Предметом исследований являются тенденции, факторы, закономерности и методы проектирования технологических систем угольных шахт, влияющих на создание высокопродуктивных и эффективных угледобывающих предприятий.

Методы исследований. Для решения поставленных задач в диссертации были использованы методы структурно-функционального анализа, теории принятия решений, квалиметрии, экспертного прогнозирования, методы вариативного моделирования, методы системного анализа и синтеза и др.

Научные положения, выносимые на защиту:

- повышение технико-экономической эффективности функциональных структур угольных шахт в современных экономических условиях и перманентной нестабильности угольного рынка должно базироваться на закономерностях модификации и трансформации шахт в многофункциональные высокопродуктивные технологические структуры согласно последним достижениям научно-технического прогресса в области угледобычи;

- выбор и обоснование рациональных вариантов функциональных структур угольных шахт, в отличии от традиционных подходов, должны предусматривать учет их классификационной структуры и разработанный алгоритм синтеза на базе эвристического подхода;

- рациональные проектные решения по отработке запасов шахтных полей должны базироваться на методической основе формирования критерия оптимальности, учитывающим иерархию их технологической и экономической эффективности, а также интегрального совокупного критерия с учетом адаптации функциональной структуры к рыночной среде.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- предложена классификационная структура технологических систем угольных шахт, которая может быть реализована в любых совместимых сочетаниях элементов способов отработки запасов угольных месторождений, парадигм и технологических структур, использования различных типов горнодобывающего оборудования, технологического комплекса поверхности и т.п.;

- разработаны методологические основы и методика формирования функциональных структур угольных шахт на базе эвристического подхода;

- разработаны рекомендации по внедрению проектных решений функциональных структур угольных шахт, позволяющих оценить целесообразность вовлечения в отработку запасов.

Научное значение работы состоит в создании методики формирования адаптивных функциональных структур угольных шахт на базе эвристического подхода с учетом современной специфики их модификации и трансформации.

Практическая значимость исследований заключается в обосновании и формировании рекомендаций по выявлению устойчивых прогрессивных проектных решений функциональных структур угольных шахт с учетом максимальной адаптации (конкурентоспособности) к внешним условиям.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются:

- высокой информативностью о результатах производственно-хозяйственной деятельности шахт Кузбасса (более 50 шахт);

- корректным использованием и представительностью современных методов исследований (эвристический подход, методы теории принятия решений и квалиметрии, методы экспертного прогнозирования, вариативного моделирования и т.д.);

- адекватностью результатов формирования проектных решений технологических систем и их параметров.

Реализация выводов и рекомендаций. Разработанная методика формирования функциональных структур угольных шахт использована при разработке стратегии и программ развития шахтного фонда в ОАО «СУЭК-Кузбасс».

Апробация работы. Основные результаты диссертации, основополагающие методические положения и аспекты доводились до научной общественности на международных симпозиумах «Неделя горняка» (Горный институт при НИТУ МИСиС, г.Москва, 2007-2015гг), XV Международной научно-практической

конференции «Научное обозрение физико-математических и технических наук в XXI веке» (Москва, 2015г.), XII Международной научно-практической конференции «Современные концепции научных исследований» (Москва, 2015г), IX Международной научно-практической конференции «Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия» (Новосибирск, 2015г).

Публикации. Автором работы лично и в соавторстве опубликованы 9 научных статей (из них 5 – в различных изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ).

Структура работы. Диссертация включает общепринятые разделы (введение, четыре главы, заключение, список литературы из 90 наименований, содержит 35 таблиц и 39 рисунков).

ГЛАВА 1. ОБОБЩЕНИЕ И АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

1.1. Анализ и аналитическая оценка общих подходов к синтезу и оптимизации технологических систем угольных шахт

Анализ фундаментальных трудов и исследований русских и зарубежных ученых в следующих основополагающих областях и сферах применения послужил методической базой для формирования методологических основ диссертации:

- **технологии подземной разработки пластовых месторождений** (А.С. Бурчакова, А.Б.Ковальчука, Ю.А.Жежелевского, В.Г.Виткалова, Н.К.Капустина, В.Д.Ялевского, В.Н.Фрянова, Е.Д.Диколенко, А.Д.Рубана, Н.С.Крашкина, Г.С.Забурдяева, А.В.Ремезова и др.);

- **проектирования угольных шахт** (А.С.Малкина, В.М.Еремеева, М.И.Устинова, Л.А.Кафорина, В.А.Харченко, К.К.Кузнецова, Е.В.Петренко, А.Г.Саламатина, В.Н.Вылегжанина, Ю.Н.Кузнецова, В.В.Агафонова и др.);

- **формирования оптимальных стратегий развития и обновления горного производства** (А.С.Астахова, С.С.Резниченко, Я.В.Моссаковского, В.И.Ганицкого, М.Б.Воробьева, О.А.Байконурова, Г.Л.Краснянского, А.А.Петросова, В.П.Федорина, В.Н.Постникова, В.Н.Домрачева, Е.И.Рогова, А.В.Федаш и др.);

- **теории систем и системного анализа** (Н. Моргенштерна, Р. Акоффа, Н.Винера, С.Оптнера, С.Янга, К.Льюиса, Г.Тейла, Д. Кемени, В.Н.Волковой, Н.П.Федоренко, Ф.И.Перегудова и др.).

По результатам анализа отмечено, что накопленный и сформированный методологический и методический потенциалы безусловно могут служить базисной основой для трансформации теоретических основ и разработки методики формирования и оптимизации функциональных структур угольных шахт.

Впервые достаточно полно и подробно метод комплексной оптимизации проектных решений, который позволяет выбрать из множества возможных сочетаний наиболее рациональные был предложен в работах А.С.Бурчакова, А.С.Малкина, М.И.Устинова, Л.А.Кафорина, Б.М.Воробьева и В.А.Харченко [1, 2, 3, 4, 5]. В основу этих подходов к оптимизации параметров шахт и выбору рациональных проектных решений были положены представления о производственно-технологических процессах с учетом структурных особенностей основных технологических подсистем и их сложных взаимосвязей. Проектные технологические решения представлялись в виде многоуровневого графа всех возможных вариантов. Для оценки элементов каждого уровня было привлечено 25 критериев, которые оценивались экспертами. Далее вводился стоимостной критерий, по количественной величине которого и производился выбор оптимального (рационального) варианта технологической схемы. Сложность реализации данного метода заключалась в многоразмерных экономико-математических моделях, и как следствие, в большой трудоемкости производимых расчетов.

Дальнейшее развитие эти исследования получили в виде метода поэтапного проектирования при использовании системного подхода, который позволил осуществлять процедуру моделирования технологических систем угольных шахт [6]. Совместное использование данных методов позволило утверждать о создании научных основ проектирования угольных шахт.

А.С.Бурчаковым, А.С.Малкиным, В.А.Харченко использован морфологический анализ возможных вариантов на основе теории принятия решений и экспертных оценок. В результате реализации процедуры морфологического анализа выбираются наиболее перспективные конструкции технологических схем.

Последовательное развитие этого направления связано с трудами Золотдинова Ю.О., Бограчева Ю.А., Попова М.В., Ливенцева В.В., Каблашова А.В., Петренко Л.С., Рожкова Л.Н., Плакиткина Ю.А., Жежелевского Ю.А., Бегезы Н.С., Березняка А.Т. и др.

Так в работе Золотдинова Ю.О.[7] автором разработана экономико-математическая модель оптимизации количественных параметров технологической схемы шахты на основе метода, синтезирующего следующие подходы к формированию оптимальных технологических схем угольных шахт: выбор рационального из множества возможных вариантов технологических схем и последовательное конструирование вариантов по уровням с последующей оптимизацией их количественных параметров. Основным недостатком данной работы являлась узкая область использования, которая была представлена только пластами тонкими и средней мощности пологого и наклонного залегания для условий Донецкого бассейна.

Ю.В. Бограчевым [8] предложен метод конструирования технологических схем выемочных участков по интегральному критерию, учитывающем качество технологических схем и их элементов. Система функциональных элементов этих схем была представлена 300 составляющими, объединенных в 42 уровня. Решение задачи предусматривает нахождение оптимального пути на графе и использование комплексного показателя уровня качества технологической схемы, который связан с экономическими показателями посредством коэффициентов весомости единичных показателей качества и учитывает безопасность ведения работ по добыче угля.

В работах Ливенцева В.В. и Попова М.В.[9] предлагается метод синтеза оптимальных технологических схем угледобычи, математическая модель которого формируется при использовании булевых переменных. За критерий оптимальности принят объем добычи выемочного участка. Набор средств механизации очистных работ, составляющих основу оптимальной технологической схемы, определяется путем простого перебора и сравнения вариантов, который и предопределяет основной недостаток данной работы.

А.В.Каблашовым [10] разработан метод конструирования технологических схем выемочных участков для шахт п/о «Гуковуголь», который позволяет в результате реализации различных связей и технологических ситуаций получить на выходе значения нагрузки на очистной забой и численность рабочих. В

качестве элементов для 14 сформированных вариантов автором приняты типы системы разработки, крепи, комбайна и вид транспорта по выемочным выработкам. Недостатком работы является отсутствие формализованной процедуры конструирования технологических схем.

В работах Л.С.Петренко [11,12,13,14] рассматриваются методы, являющиеся дальнейшим развитием оптимального конструирования технологических схем выемочных участков. Систематизация функциональных элементов включает пять основных подсистем: схема подготовки и система разработки, очистные работы, проведение и проветривание горных выработок, основной и вспомогательный транспорт. Для выбора на каждом из 36 уровней одного элемента установлено соответствие между различными элементами и получены оценки их значимости, включающие 19 качественных и количественных критериев. С помощью методов динамического программирования определяется оптимальный вариант технологической схемы. К сожалению, в работе содержится большое количество мультиколлинеарных критериев, что однозначно вызывает сомнение в правомерности их использования.

В работе [15] (автор Плакиткин Ю.А.) с учетом комплекса мероприятий, исключающих отрицательное влияние горно-геологических факторов, сформирована методика выделения адаптивных технических и технологических составляющих горного производства.

А.Т. Березняком [16] в результате выполненных исследований разработана методика определения рациональной качественной структуры и оптимальных количественных параметров топологической сети горных выработок при подготовке шахтопластов пологого и наклонного падения тонких и средней мощности Донецкого бассейна. Разработана экономико-математическая модель, которая учитывает все капитальные и эксплуатационные затраты на формирование топологической сети горных выработок. Входная качественная структура технологических решений представлена ориентированным графом: - оптимальный путь на графе с учетом условно-оптимальных оценок и булевых

переменных и формирует рациональную топологическую сеть горных выработок при подготовке шахтопластов.

Бегезой Н.С. и Жежелевским Ю.А.[17] разработан метод конструирования и выбора рациональной функциональной структуры угольной шахты. Постановка задачи формирования вариантов технологической схемы заключалась в следующем: определить такие наперед заданные качественные характеристики будущей технологической схемы, которые позволяют обеспечить минимум интегрального критерия эффективности с учетом ограничений горно-геологического и горнотехнического характера и выполнении условий совместимости элементов между собой.

В работе [18] (автор Кузьмич А.К.) изложены методологические основы создания шахт нового технико-экономического уровня, раскрыто содержание метода технологического моделирования шахт и системно-организационная схема создания угледобывающих предприятий. Предложены критерии оценки технологии шахт и заложены основные принципы их конструирования.

Описанию опыта разработки сложных технических систем в данной постановке на примере угольных шахт посвящена работа Бурчакова А.С., Малкина А.С., Устинова М.И. [19]. Речь идет о типовом проектировании, включающем систему мероприятий, обеспечивающим разработку и создание базы утвержденной и введенной в действие типовой проектной документации, предназначенной для многократного применения при проектировании угольных шахт, повторяющихся в строительстве, одинаковых по назначению и основным параметрам предприятий. В соответствии с этим проектирование шахт требует поэтапного подхода с прогнозированием тенденций изменения на шахте количественных и качественных параметров и характеристик.

Данные аспекты получили свое дальнейшее развитие в работах [20, 21], которые в свою основу для целей оптимизации заложили имитационное моделирование.

Нельзя не отметить труды Малкина А.С., Брука С.Е., Курносова А.М., Москвина В.Б., Адилова К.Н., Сагинова А.С., Митейко А.И. [22, 23, 24, 25],

А.С.Астахова, Е.М.Гитина, Э.И.Гойзмана, Курносова А.М., Рогова Е.И. [26, 27, 28, 29], которые заложили основы сетевого планирования, использования методов эвристики, теории графов и вероятностных методов.

Методы оптимизации, изложенные в работах [30, 31], основаны на комплексе технолого-математического и экономико-математического моделирования.

В этой связи также можно отметить работы [32], [33], которые несомненно отличаются новизной подхода к оптимизации количественных и качественных параметров угольных шахт. Следует констатировать, что данные исследования создали базисные условия для основополагающих предпосылок развития теоретических основ проектирования угледобывающих предприятий на современном соответствующем уровне.

Современный период проектирования угледобывающих предприятий связан с использованием линейных и нелинейных дискретных экономико-математических моделей [34], [35], [36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], реализующих те или иные алгоритмы и модификации. Определенный интерес представляет работа В.В. Крюковой [47,48,49], результатом которой является имитационная иерархическая модель шахты.

Выполненные в последнее время исследования (Езерский Ю.М. [50], Кузнецов Ю.Н., Грошенкова О.В.[51], Ясюченя С.В [52], Федорин В.П.[53], Логинов А.К.[54], Заволокин Д.В. [55], Соснин В.В. [56], Агафонов В.В., Мельник В.В.[57] и др.) по вопросам синтеза технологических схем угольных шахт используют те или иные прикладные алгоритмы, приведенные выше.

Особый практический интерес представляют игровые проектные задачи в области неопределенности исходной горно-геологической и горнотехнической информации при проектировании новых шахт в неосвоенных геологопромышленных районах.

Использование нейронных сетей для отдельных задач проектирования прослеживается в работах [58, 59, 60, 61, 62].

Обобщающий вывод при анализе всех вышеприведенных работ сводится к учету задач совершенствования математического и методологического аппаратов решения оптимизационных задач, экономического обеспечения (критерий оптимальности, стоимостные показатели) и ряда других конкретных методических вопросов.

1.2. Анализ проблем методологии формирования рациональных вариантов технологических схем угольных шахт

Основные проблемы современной горной промышленности довольно широко освещены в трудах [63,64]. Все они в основном связаны с низким уровнем безопасности ведения подземных горных работ, низким уровнем автоматизации производственных процессов, низким ресурсом и недостаточной производительностью отечественного горнодобывающего оборудования, высокими эксплуатационными затратами, негативным воздействием на окружающую среду и т.д.

Как интерпретируют многочисленные исследователи, технологическая система угольной шахты состоит из отдельных взаимосвязанных подсистем (рис.1.1). Функциональная укрупненная структура технологической системы визуализирована рисунком 1.2.

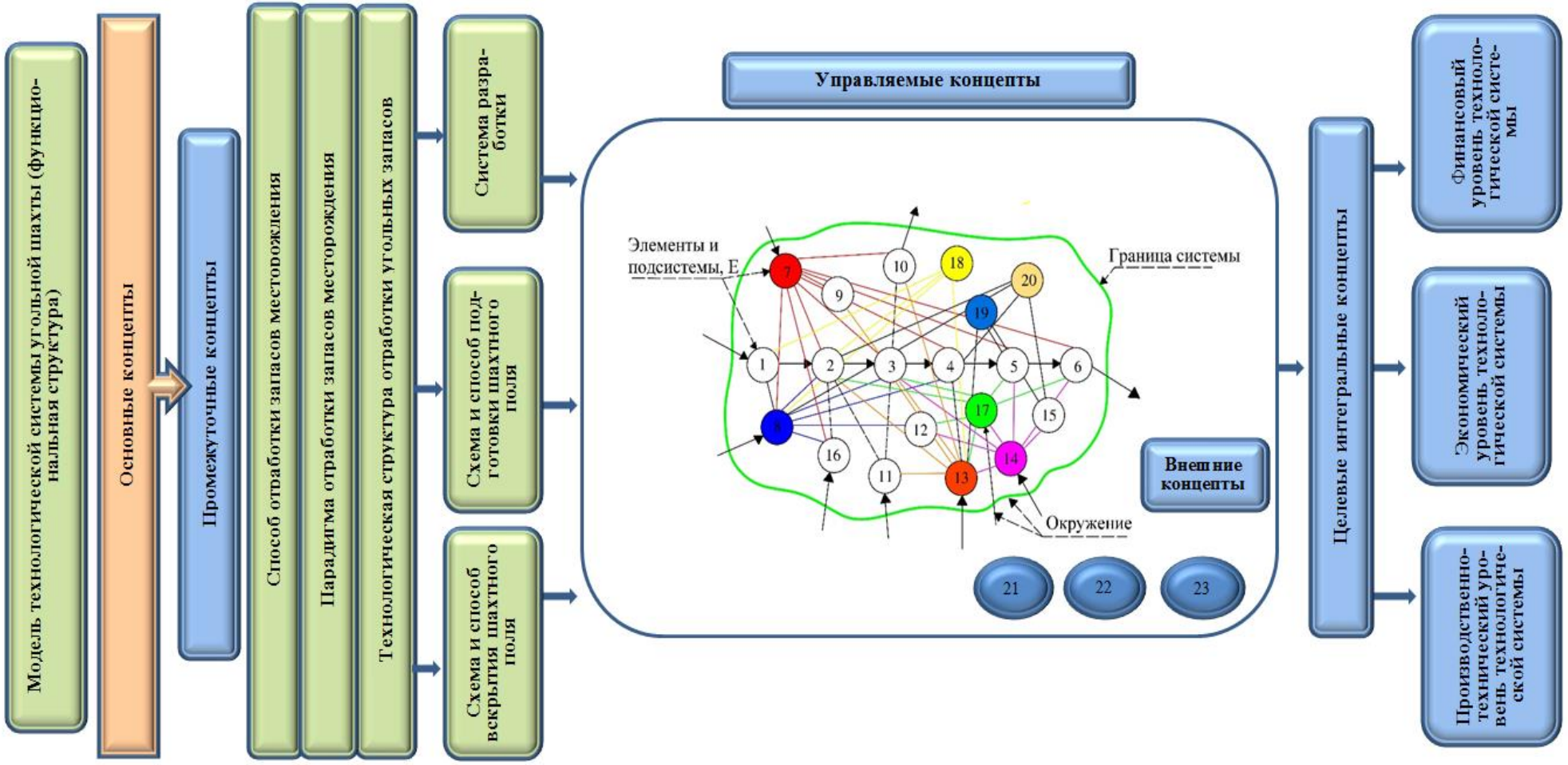


Рис.1.1. Модель системы подземной угледобычи

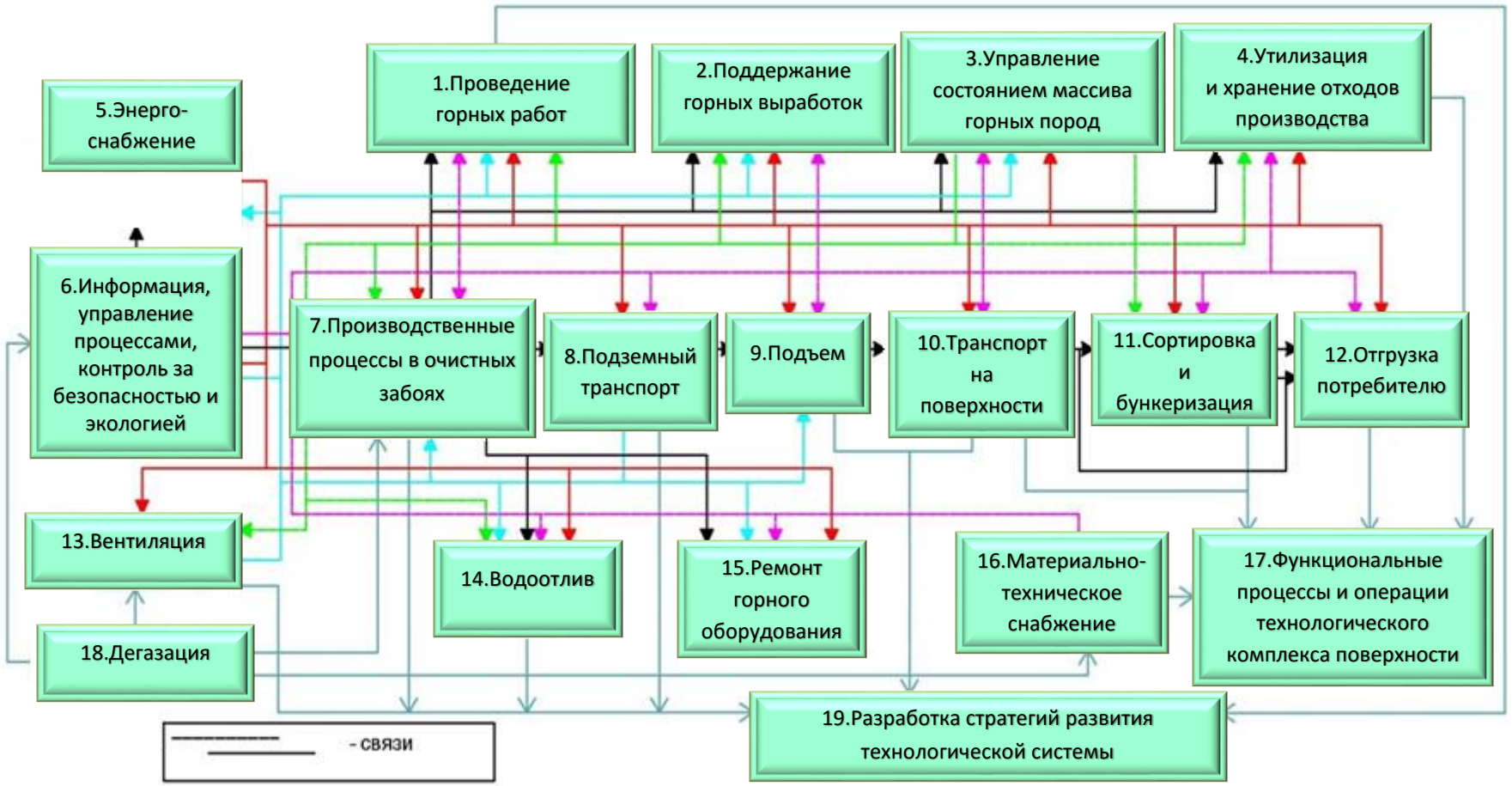


Рис. 1.2. Схема функциональной укрупненной структуры технологической системы угольной шахты

Основные принципиальные процедуры проектирования функциональной структуры шахты при этом подразделяются на составляющие *синтеза, анализа и «черного ящика».*

Первая составляющая заключается в формировании функциональной структуры технологической системы угольной шахты, которая удовлетворяет производственным и экономическим требованиям при соблюдении пожарной и экологической безопасности при заданном характере функционирования.

Задача *анализа* – определение качества функционирования технологической системы при заданной функциональной структуре.

Задача *«черного ящика»* – известны тенденции и закономерности смены парадигм и трансформации технологических систем угольных шахт: - требуется определить наиболее эффективную функциональную структуру и возможности ее функционирования в конкурентной среде (рис.1.3).

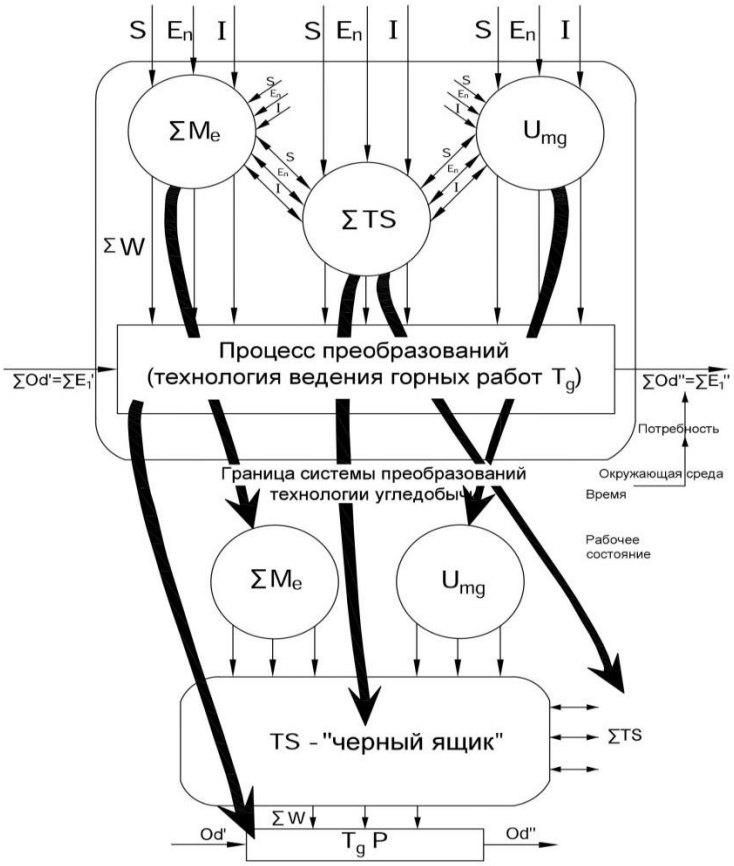


Рис. 1.3. Модель преобразования и трансформации технологии угледобычи

Составные функциональные структурные элементы технологической системы (*Umg*) представляют как качественные *E*, так и количественные составляющие *S*. К качественным можно отнести схемы вскрытия, подготовки, системы разработки, схемы транспорта-подъема, вентиляции, водоотлива, энергоснабжения и др., к количественным – производственную мощность шахты, нагрузку на очистной забой, длину лавы, длину выемочного столба и др.

У технологической системы шахты есть основные концепты - вход (*In*) и выход (*Ou*), которые отображают связь: – внешнее отношение *окружающая среда - система*. В качестве входной величины могут выступать: - *действие* (передвижка секций механизированной крепи, обрушение кровли и др.), *связь* (время), *отношение или параметр* состояния линейного объекта - *операнд* (суточное подвигание очистного забоя).

В качестве выходной величины может выступать как *действие,* так и *связь* между элементами технологической системы (объем добытого полезного ископаемого, себестоимость добычи и др.).

Следует отметить, что входные и выходные величины являются элементами векторного (аффинова) пространства и предопределяют связи технологической системы угольной шахты с внешней средой функционирования: материальные (*S*), энергетические (*En*) и информационные (*I*).

Состояние операнда в математической форме выглядит следующим образом:

$$O'_d = \begin{pmatrix} E_1^1 \\ E_2^1 \\ . \\ . \\ E_n^1 \end{pmatrix};\ O''_d = \begin{pmatrix} E_1^2 \\ E_2^2 \\ . \\ . \\ E_n^2 \end{pmatrix} \qquad (1.1)$$

Процесс трансформации и преобразований технологических систем угольных шахт представляет собой совокупность операций *O,* которые реализуют сложившиеся тенденции и закономерности, а также

функциональные связи под воздействием *S, En, I.* На рис.1.4 представлена логическая модель процесса трансформации и преобразований.

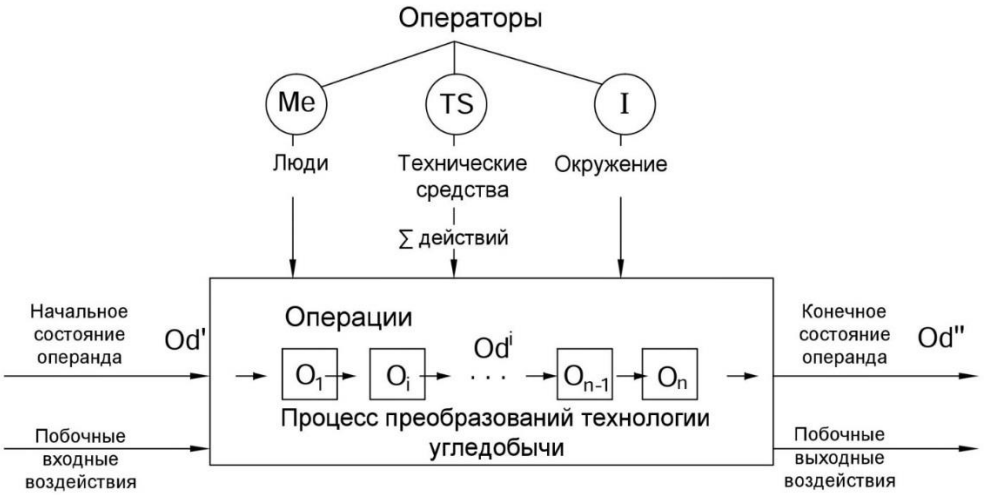


Рис.1.4. Модель процесса преобразований и трансформации технологических систем угольных шахт

Концептуальная модель системы трансформации и преобразований технологических систем угольных шахт приведена на рис.1.5: - конечная цель достигается целенаправленными воздействиями *W* материального(*S*), энергетического(*En*) и информационного(*I*) концептов; осуществляется людскими ресурсами *ΣMe,* техническими системами *ΣTS* и окружением (*Инд*).

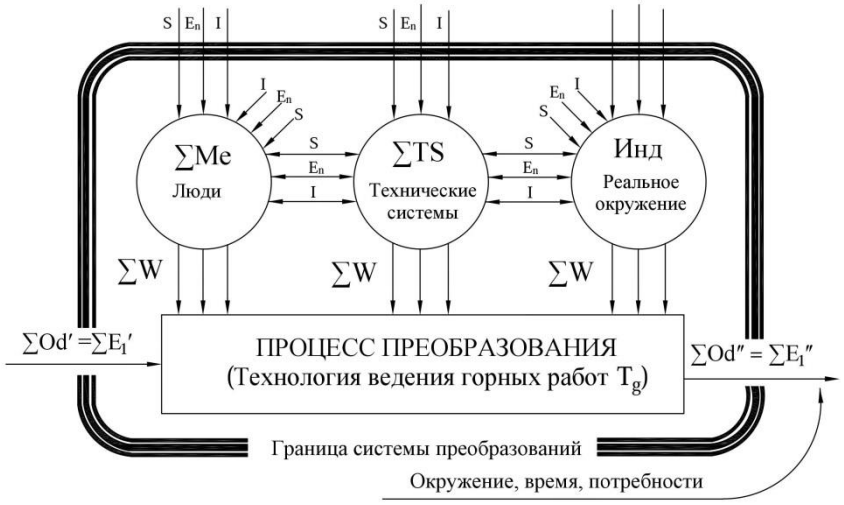


Рис.1.5. Модель системы преобразований и трансформации технологических систем угольных шахт

При такой интерпретации модели реализуются следующие аспекты:

1. По результатам оценки состояния шахтного фонда выбирается объект преобразований, причем состояние (Od'') является целью преобразования.

2. Трансформация технологической системы шахты с другим качеством функционирования $Od' \rightarrow Od''$ называется преобразованием.

3. Этот процесс вызван либо неудовлетворительным состоянием технологической системы Od', либо потребностью народного хозяйства в Od'', данная итерация выполняется на базе определенного научно-методического обеспечения.

4. Суммарный вектор воздействия ΣW для реализации преобразования ($Od' \rightarrow Od''$) слагается из частных составляющих ΣWe, реализующих только свое направление улучшения качества функционирования технологической системы шахты

$$W = \begin{pmatrix} T_e W_1 \\ T_e W_2 \\ . \\ . \\ T_e W_i \\ . \\ . \\ T_e W_n \end{pmatrix} \text{ или } Od'' - Od' = f(W) \qquad (1.2)$$

Ключевым моментом в процессе преобразования технологических систем являются технологические процессы (выемка угля, передвижка забойного конвейера, крепление кровли очистного забоя и др.). Модель технологического процесса (TeP) представлена на рис.1.6.

Исходя из вышеизложенного следует констатировать, что технология ведения горных работ является саморазвивающейся системой, которая представляет из себя комплекс взаимосвязанных пространственно-планировочных решений, горнодобывающей техники и социально-экономических требований к труду.

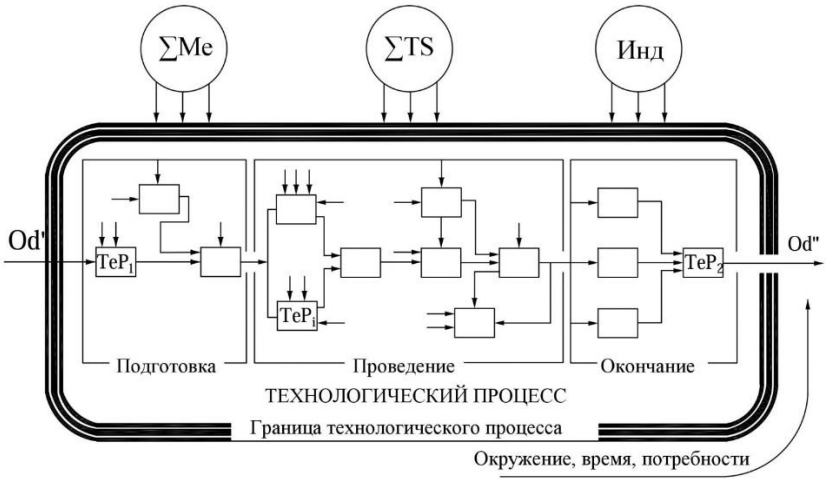


Рис.1.6. Структура модели технологического процесса

Эффективность её функционирования во многом определяется оптимальными количественными и качественными параметрами, способностью быстро адаптироваться к изменяющимся горно-геологическим и горнотехническим условиям, трансферту зарубежных технологий угледобычи и горнодобывающей техники с обязательным выделением стратегической базовой подсистемы, в качестве которой выступает выемочный участок. В силу того, что в обязательном порядке существует некая неопределенность в процессе развития техники и технологии угледобычи, существует и определенная степень адаптивности технологических систем угольных шахт с учетом прогнозной карты изменений этих представлений.

Взаимодействие основных факторов горного производства и стоимостных параметров, существующего налогового и макроэкономического окружения при этом позволяет создавать множество комбинаций при конструировании и формировании функциональных структур технологических систем угольных шахт даже с учетом высокой степени стохастичности.

В связи с этим основным и базовым направлением является разработка и внедрение гибких и адаптивных инновационных технологических процессов, составляющих основу технологии угледобычи с возможностью быстрого реагирования на происходящие изменения.

1.3. Цель, идея и комплекс основных задач исследований

Цель диссертации сформулирована как разработка процедуры и методики синтеза, рациональных вариантов и комплексной оптимизации функциональных структур угольных шахт с учетом последних достижений научно-технического прогресса.

Основная идея работы состоит в использовании эвристико-эволюционного подхода к оптимизации и синтезу технологических систем угольных шахт, включая систему основных пространственно-планировочных решений и взаимоувязанных элементов основных технологических подсистем.

Для достижения поставленной цели в диссертации необходимо рассмотреть и реализовать следующий комплекс задач:

- анализ опыта проектирования и аналитическая оценка общих подходов к синтезу и оптимизации технологических систем угольных шахт;

- системное представление и моделирование классификационной иерархической структуры технологических систем угольных шахт и осуществление ее декомпозиции с учетом эвристического подхода;

- разработка методологических основ инвариантных моделей поиска проектных технологических решений (эвристический алгоритм синтеза технологических систем на основе обобщенной схемы);

- формирование процедуры принятия решений и ее структуры для синтеза технологических систем угольных шахт (разработка методики формирования рациональных вариантов);

- формирование оценочной процедуры результатов формирования и комплексной оптимизации функциональной структуры, математической модели и алгоритма ее реализации применительно к объектам исследований;

- произвести оценку результатов верификации метода.

ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

2.1. Принципы и критерии модульного синтеза гибких технологических систем

Технология добычи угля подземным способом представляет собой сложную динамическую развивающуюся систему с иерархической функциональной структурой, которая должна гибко и адаптивно приспосабливаться к изменяющимся в сторону негативного воздействия горно-геологическим условиям эксплуатации (рост глубины разработки, газообильности, температуры вмещающих пород и т.д.). В связи с этим высокие требования должны предъявляться к качеству процедуры формирования облика будущей высокоэффективной и прогрессивной шахты, что в прогностическом аспекте подразумевает анализ любого множества вариантов функциональной структуры и выбор оптимального с помощью определенных оптимизационных процедур. В данной работе задача комплексной оптимизации функциональной структуры технологической системы угольной шахты, основных параметров и горнодобывающего оборудования подземной угледобычи, включая систему основных пространственно-планировочных решений и взаимоувязанных элементов основных технологических подсистем решалась на базе эвристического подхода[65,66].

При этом подразумевается, что комплексная оптимизация технологических систем угольных шахт – это совместное решение задач выбора оптимальной пространственно-планировочной топологии сети горных выработок, оптимальных параметров функциональной структуры и оптимального горнодобывающего оборудования.

Сущность используемого метода оптимизации состоит в следующем:

- решаются следующие задачи:

1. Определение перечня исходных данных для синтеза проектных решений прогрессивных технологических систем угольных шахт.

2. Обоснование и выбор оптимальных пространственно-планировочных решений.

3. Обоснование основных параметров функциональной структуры угольных шахт.

4. Выбор оптимального горнодобывающего оборудования.

Схематизация процесса задач синтеза технологических систем угольных шахт и взаимодействие основных ее подсистем, т.е. схема предлагаемой общей стратегии решения задач проектирования технологических систем с учетом адаптации к угольным шахтам [67] приведена на рис.2.1.

Проведенный анализ внутренней структуры логико-информационной модели выявил, что обеспечивающая часть проектирующей системы должна в обязательном порядке включать методологическое, методическое, технологическое, техническое, лингвистическое, информационное и программное обеспечение. Связано это и с тем, что для угледобывающих предприятий число альтернативных вариантов может достигать нескольких тысяч, те же тенденции присущи и процедуре выбора оптимального горнодобывающего оборудования одного вида (размах вариации 3-30). Анализ выполненных работ в данной области показал, что наиболее целесообразным и эффективным в этой ситуации является использование методов экспертного анализа, позволяющих с помощью целевой функции ранжировать их, что однозначно снижает размерность поставленной задачи и объем необходимых вычислений.

Процесс проектирования в данной постановке предлагается начинать с синтеза пространственно-планировочной топологии сети горных выработок технологических систем угольных шахт.

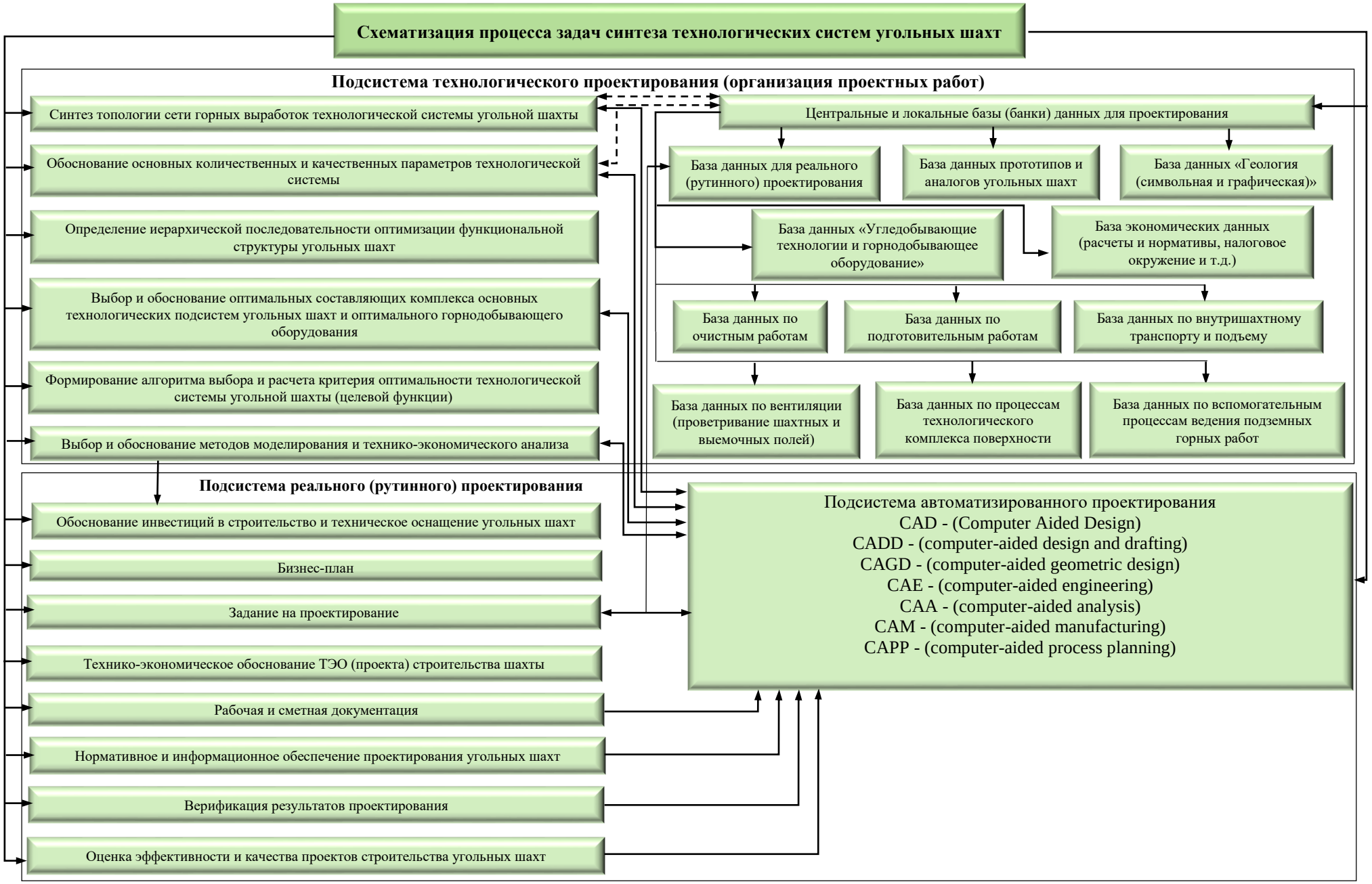


Рис.2.1. Логико-информационная модель проектирования технологических систем угольных шахт

Данный аспект реализовывается на основе гипотетической обобщенной технологической схемы и с помощью эвристического алгоритма синтеза топологии (ЭАСТ) [67]. Этот алгоритм соответствует интегрально-эвристической оптимизации топологии, параметров и элементов. Он включает следующие составляющие:

- иерархическое построение баз знаний и данных в виде информативного дерева;

- разработка объектно-ориентированной структуры, стратегии и процедуры определения оптимальных решений по синтезу альтернативных вариантов технологических систем угольных шахт;

- логическое структурирование проблемы создания эффективных технологических систем угольных шахт с иерархическими уровнями;

- типизация проектных решений на базе унификации объемно-планировочных, технологических и технических решений;

- выделение элементов-таксонов вариантов технологических подсистем угольных шахт;

- разработка модульных составляющих функциональных структур угольных шахт;

- выделение конструктивных составляющих функциональных структур угольных шахт;

- выделение условий оптимального сочетания элементов технологической системы (обеспечение сопоставимости и адаптивности);

- выбор целевой функции критерия оптимальности;

- синтез интегрированных решений оптимального сочетания структур элементов;

- проверка вариабельности синтезированных функциональных структур угольных шахт.

Для синтеза функциональной структуры угольной шахты вводятся понятия «потоковая матрица смежности функциональной структуры» и соответствующих алгоритмов перебора составляющих модели, что

предполагает проведение технико-экономического анализа при текущих топологии системы, параметрах и наборе элементов. Далее идет варьирование переменными до момента совпадения топологии технологической системы с оптимальными параметрами и оборудованием.

Сложная пространственная система горных выработок, увязанная с основными технологическими подсистемами угольных шахт является наиболее консервативной частью технологической системы, поэтому одной из самых сложных проблем является синтез топологии технологической системы на основе обобщенной. На рис.2.4 главы 2 представлена гипотетическая схема угледобычи с максимально возможным количеством технологических составляющих.

Основополагающие методологические и методические принципы поставленной задачи довольно подробны описаны в вышеприведенных работах [65,66,67]. На рис.2.2 приведено несколько узлов графа, изоморфного топологии технологической системы. В целях минимизации объема обрабатываемой информации рациональнее использовать потоковую матрицу смежности [68,69]. Образцы примерных матриц описательного характера применительно к обобщенной и конкретному варианту технологической системы приведены в табл.2.1, 2.2.

Пространственно-планировочная топология сети горных выработок описывается в общем виде графом, определяющим топологию сети горных выработок в начальный момент моделирования, наборами предикатов, определяющих логику увеличения либо уменьшения топологической сети горных выработок и финальным графом, определяющим топологию сети горных выработок по окончании моделирования.

Взаимодействие между блоком моделирования трансформации исходных данных, ограничивающих условий и блоком имитации трансформации технологических систем угольных шахт осуществляется с помощью контура обратной связи. Основные базовые составляющие описанной процедуры представлены ниже.

Остов графа - это подграф данного графа, содержащий все его вершины и являющийся деревом.

Матрица смежности графа - это квадратная матрица (по числу вершин графа) где, каждый элемент матрицы (на пересечении i- столбца и j-ряда) есть состояния связи между вершинами i и j. Элемент матрицы равен 1 если i-вершина графа, соединена с j-вершиной графа. Во всех других случаях, в том числе когда $i = j$, значение элемента матрицы равно 0.

Предполагается, что $D = (V, \mathrm{X})$ – является **орграфом**,

где $V = \{v1,\ v2, \dots, vn\},\ X = \{x1,\ x2, \dots,\ xm\}$.

Определение. В этом случае ***матрицу смежности*** *данного орграфа D будет представлять квадратная матрица* $A(D) = [aij]$ *с порядком* n*, причем*

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } (v_i, v_j) \in X; \\ 0, \text{если } (v_i, v_j) \notin X \end{cases}$$

Определение. В свою очередь ***матрицу инцидентности данного*** *орграфа D будет представлять* $(n\tau m)$ – *матрица* $B(D) = [b_{ij}]$, *причем*

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если вершина } v_i \text{ является концом дуги } x_j; \\ -1, \text{если вершина } v_i \text{ является началом дуги } x_j; \\ 0, \text{если вершина } v_i \text{ не инцидентна дуге } x_j. \end{cases}$$

Рационально дополнительно рассмотреть матрицу смежности и матрицу инцидентности для графов неориентированных. Предполагается $G = (V,\ X)$ – граф,

где $V = \{v1,\ v2, \dots, vn\},\ X = \{x1,\ x2, \dots,\ xm\}$.

Определение. В этом случае ***матрицу смежности*** *графа* G *будет представлять квадратная матрица* $A(G) = [a_{ij}]$ *порядка* n, *причем*

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } (v_i, v_j) \in X; \\ 0, \text{если } (v_i, v_j) \notin X \end{cases}$$

Определение. В свою очередь ***матрицу инцидентности*** *графа* G *будет представлять* $(n\tau m)$ *–матрица* $B(G) = [b_{ij}]$, *причем*

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если вершина } v_i \text{ инцидентно ребру } x_j; \\ 0, \text{если вершина } v_i \text{ не инцидентна ребру } x_j. \end{cases}$$

Анализируя матрицу смежности по определенной процедуре формализуются локальные степени, соответствующие определенным вершинам графа: в этом случае алгебраическая сумма элементов матрицы ориентированной по строке соответствует локальной степени определенной вершины графа.

Формализация процедуры перестроения матрицы смежности в компакт-вектор

Процедура построчной нумерации ячеек матрицы смежности формирует массив (3). Адресная матрица смежности (4) сформирована путем замены нулями элементов массива, соответствующих нулевым значениям матрицы смежности.

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 \\ 17 & 18 & 19 & 20 & 21 & 22 & 23 & 24 \\ 25 & 26 & 27 & 28 & 29 & 30 & 31 & 32 \\ 33 & 34 & 35 & 36 & 37 & 38 & 39 & 40 \\ 41 & 42 & 43 & 44 & 45 & 46 & 47 & 48 \\ 49 & 50 & 51 & 52 & 53 & 54 & 55 & 56 \\ 57 & 58 & 59 & 60 & 61 & 62 & 63 & 64 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$S_a = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 9 & 0 & 11 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 20 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 29 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 34 & 0 & 0 & 0 & 38 & 0 & 0 \\ 41 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 47 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 53 & 0 & 0 & 56 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 62 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

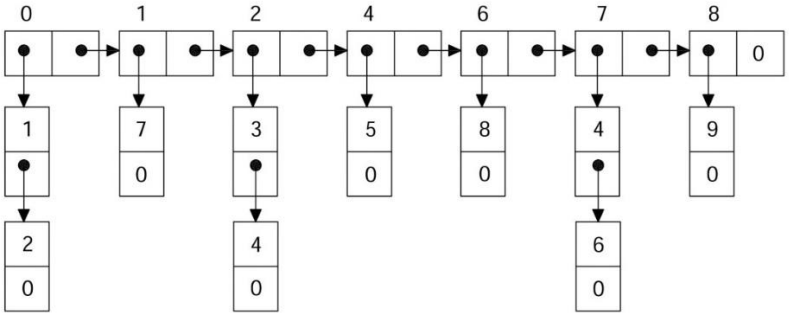
Компакт вектор s формируется только из ненулевых значений элементов с учетом пробелов

$$s = 2\ 3\ 9\ 11\ 20\ 29\ 34\ 38\ 41\ 47\ 53\ 56\ 62$$

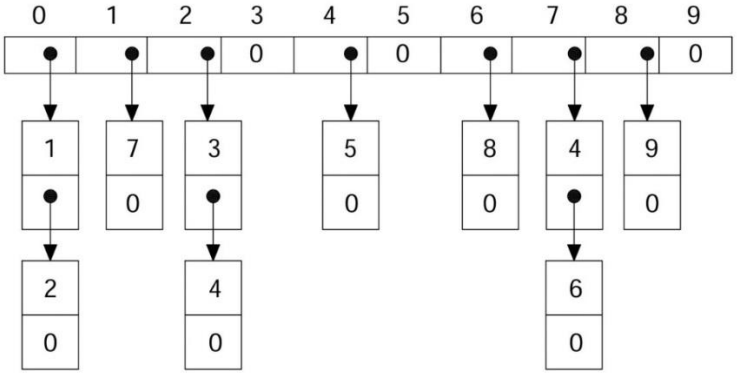
Процедура формирования списков смежности

Особенной отличительной способностью этой процедуры является возможность работы с динамически изменяющейся информацией.

В этом случае граф формализованно строится в виде списка элементов, соответствующих вершинам графа, причем из них обязательно должны выходить дуги. В этом случае элемент выступает указателем списка вершин, смежных с соответствующей вершиной.



Предполагается, что множество вершин не будет изменяться, в этом случае граф однозначно отождествляется с одномерным массивом с числом элементов, равным числу вершин. Для данного графа адаптивный **массив списков смежности** выстраивается в следующей последовательности, причем данному графу присуща изоморфность:



Это позволяет задать граф списком дуг, перевести его в матрицу смежности и решать задачу, используя матричное представление.

С учетом вышеизложенного укрупненный эвристический алгоритм процедуры синтеза технологических систем угольных шахт представлен на рисунке 2.3.

Как указывалось выше, в каждом альтернативном варианте технологической системы угольной шахты возможно использование различных наборов горношахтного оборудования.

Исходя из этого на выходе блока формирования вариантов технологических систем формируются индексно-числовые множества, определяющие возможно реализуемые технологические системы и параметры отработки запасов участка месторождения:

$$B_j = \{J;\ Г(J);\ Q(J)\ /J \in J(j);\ Г(J) \in Г;\ Q(J) \in Q\},$$

где B_j - индекс варианта технологической системы угольной шахты,

J- индекс типа технологической системы;

$J(j)$ – множество индексов технологических систем, совместимых с горно-геологическими и горнотехническими условиями разработки j-того участка месторождения;

$Г(J)$ – технологические и технические параметры технологической системы;

$Г_j$ – множество действительных чисел, определяющих диапазон варьирования технологических и технических параметров технологической системы;

$Q(J)$ – вариант набора горнодобывающего оборудования;

Q_j – индексное множество наборов горнодобывающего оборудования, которое можно использовать при реализации j-ой технологической системы.

Матрица смежности используется для синтеза конкретных технологических систем на основе обобщенной (табл. 2.1). Максимальное число элементов схемы приведено в табл.2.3. На рис.2.4 приведена блок-схема комплексной оптимизации функциональной структуры технологической системы.

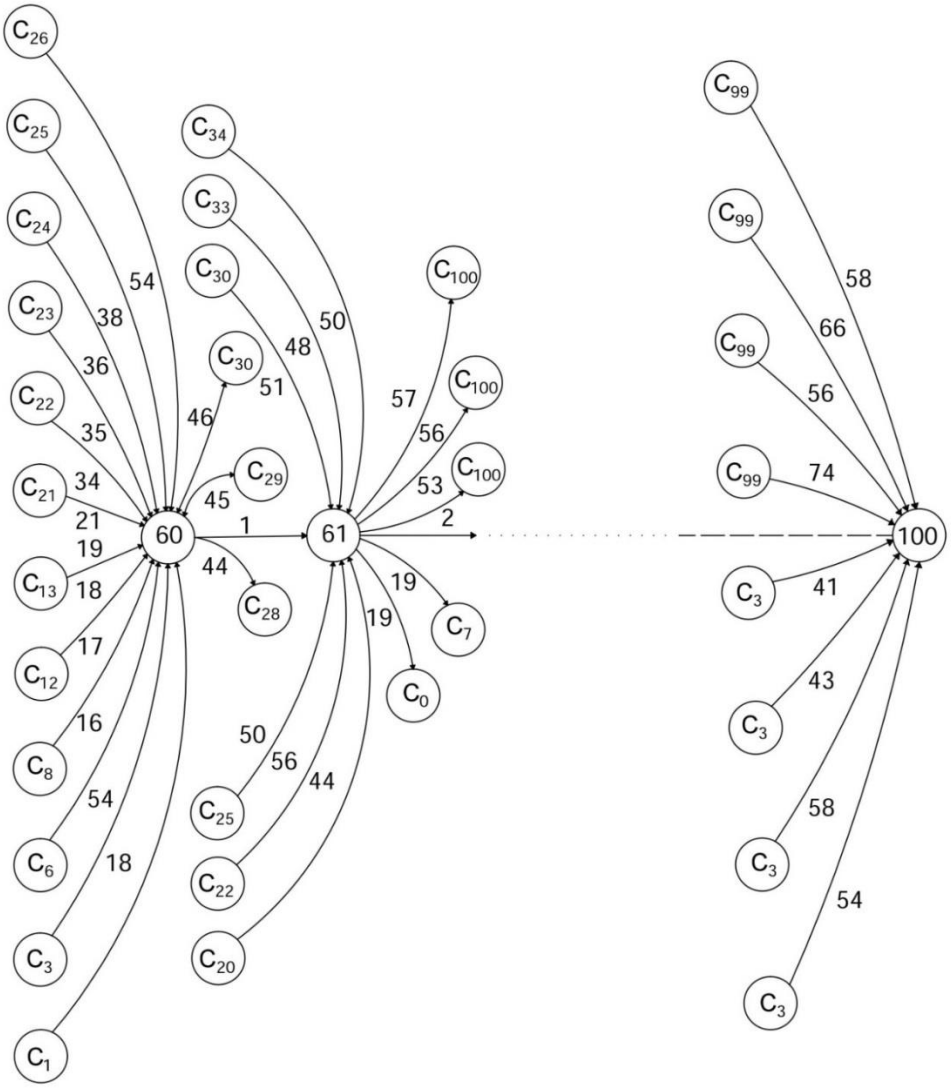


Рис.2.2. Фрагмент упрощенного изображения графа

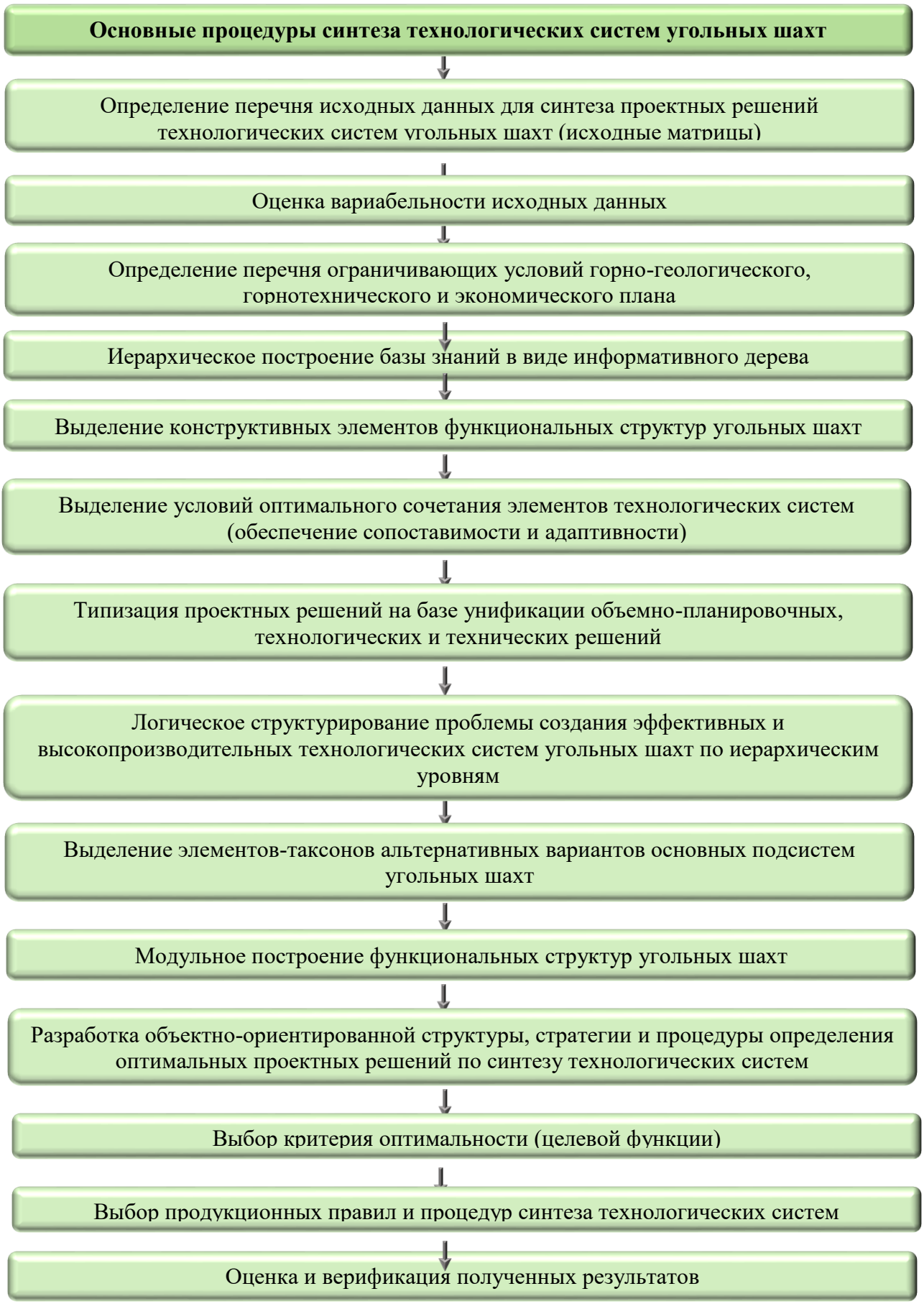


Рис.2.3. Укрупненный эвристический алгоритм процедуры синтеза технологических систем угольных шахт

Таблица 2.1. Матрица описательного характера

Из/в	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	124
0		1																																	
1			2																																-32
2				3																															47
3					4																														
4						5																					36								
5							6																												
6								7																		22									
7									8																										56
8										9																			14						
9					10						10													25					15						
10	16											11										8							16						
11													12																17						
12														13																					
13															14																				
14																15						12		30											
15																	16																		
16					15													17																	
17	19																		18		16		33						37						
18																				19									38						
19																					20								39						
20	22				20																	21							40						
21							32																22												
22		27																						23											37
23							33																		24	48									
24																										25									54
25																											26								42
26																												27							
27		42/40																											28						
28							32																							29					
29																															30				
30				48					42	42								43	43	43	43											31			
31											45	45																					32		
32			42											46	46	46			46	46	46													33	
33																																			124
124																																			

*Примечание: из C_{27} в C_1 идут два потока: $П_{42}$ и $П_{40}$

Таблица 2.2. Потоковая матрица смежности технологической системы №1 (компакт-вектор)

из/в	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{124}
C_0		3															
C_1			7														
C_2				10													
C_3					12												
C_4						15											
C_5							19										
C_6								24									
C_7									26								
C_8										30							
C_9											32						
C_{10}												39					
C_{11}													41				
C_{12}														44			
C_{13}															47		
C_{14}																52	
C_{15}																	57
C_{124}																	

Таблица 2.3. Соответствие вершин графа элементам структуры угледобычи

Номер	**Подсистемы (основные элементы)**	**Примечания**
1	2	3
C_1	Подсистема 1	
C_2	Подсистема 2	
C_3, C_8	Взаимосвязанные подсистемы 3,8…..	
C_4, C_9	Взаимосвязанные подсистемы 4,9…..	
C_5	Подсистема 5 (шахты нового технического уровня)	
C_6	Подсистема 6 (супердинамические шахтосистемы)	
C_7	Подсистема 7 (высокоэффективные шахтосистемы)	
C_8, C_{10}, C_{12}	Взаимосвязанные подсистемы 8,10,12 (многофункциональные шахтосистемы; шахта-лава; индивидуальная схема отработки запасов)	
C_{20}	Подсистема 20……..	
C_{21}	Подсистема 21……..	В случае несовместимости элементов технологической системы угледобычи возвращаемся в соответствующую подсистему
C_{23}	Подсистема 23……..	
C_{24}	Подсистема 24……..	
C_{25}	Подсистема 25……..	
C_{26}	Подсистема 26…….	
C_{38}, C_{42}	Взаимосвязанные подсистемы 38,42 (погоризонтная подготовка шахтного поля; от центра к границам)	
C_{43}	Подсистема 43…….	
C_{31}	Подсистема 31…….	
C_{44}	Подсистема 44…….	
C_{124}	Подсистема 124 (технологический комплекс поверхности)	

Алгоритм верхнего уровня основан на некоторых правилах формирования наборов элементов в реальных технологических системах:

1. В конкретной системе из обобщенной схемы исключают чаще всего элементы несоответствия при существующих ограничениях линейного порядка (например, вскрытие шахтного поля наклонными стволами нереализуемо при угле падения угольных пластов более 18^{o} и т.д.).

2. Если в обобщенной технологической схеме предусмотрена одна схема подготовки, элементы $\Phi C7_3$ и $\Phi C7_4$ исключаются, а также автоматически исключаются элементы $\Phi C9_{21}$, $\Phi C9_{22}$ и т.д.

3. Если в схеме предусматривается использование нескольких систем разработки, то в зависимости от выбранной системы разработки из схемы также исключаются соответствующие элементы набора.

4. Если в схеме присутствует элемент $\Phi C9_{21}$ для обеспечения прямоточной схемы проветривания выемочного участка, то из схемы также исключается соответствующий элемент.

Таким образом, из всего множества А элементов обобщенной технологической системы (элементов потокового характеристического графа $\mathrm{X} = (\mathrm{A}, \Gamma)$) в любую реальную технологическую систему добычи угля обязательно входит следующее подмножество элементов: $A = \{a_1(\Phi C0_1), \dots, a_{124}(\Phi C11_{25})\}$.

В табл.2.2 представлена потоковая матрица смежности технологической схемы №1, составленная только за счет варьирования элементами. Важно отметить, что в принципе возможны следующие процедуры реализации различных алгоритмов формирования функциональных структур угольных шахт:

- за счет варьирования только элементами основных технологических подсистем;

- эвристический алгоритм формирования множеств потоков технологической системы угледобычи.

Из предложенных выше алгоритмов следует, что приоритетным для реализации является второй, так как с его помощью к рассмотрению привлекаются все возможные и совместимые сочетания технологических систем угледобычи, что значительно повышает достоверность, надежность и объективность процедуры синтеза.

2.2. Информационное обеспечение формирования рациональных вариантов технологических систем угольных шахт

Одной из первых и основополагающих итераций при выборе рациональных вариантов технологических систем угольных шахт является обоснование и формальное описание классификационной структуры. Анализ выполненных исследований в данной области показал, что наиболее полной, объективной и достоверной является 12-уровневая классификационная структура, предложенная в работе к.т.н. Агафонова В.В. [70], основанной на последних достижениях в области угледобычи (рис.2.4).

На первом уровне этой классификационной структуры находится способ отработки угольных месторождений. На открытом и подземном способе останавливаться не имеет смысла, так как они успели себя зарекомендовать и имеют довольно таки долгие сроки применения. Третий способ – совместный (открыто-подземный) является современной тенденцией развития комбинированной технологии отработки запасов [71] (рис.2.5):

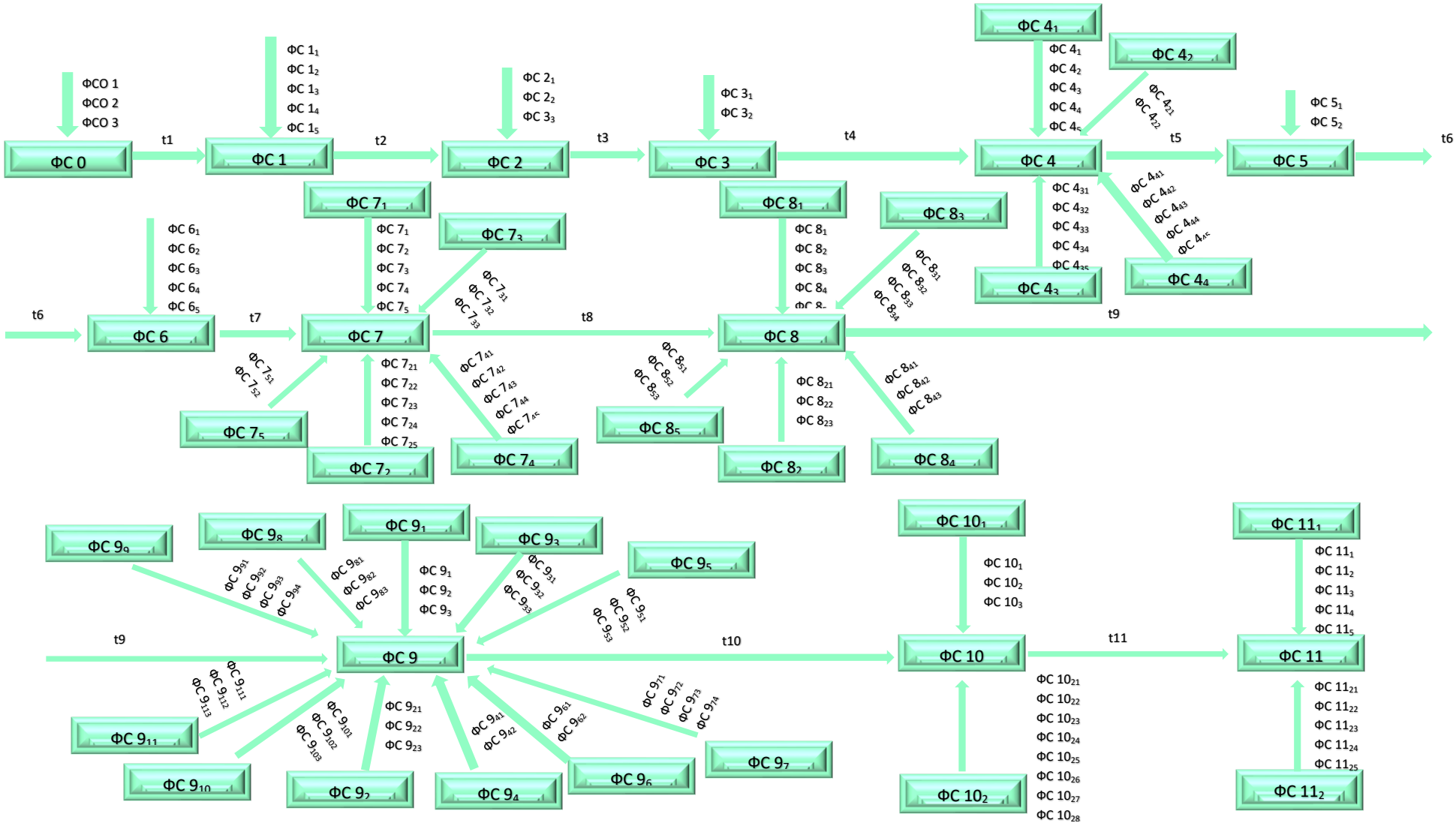


Рис.2.4. 12-уровневая классификационная структура угледобычи

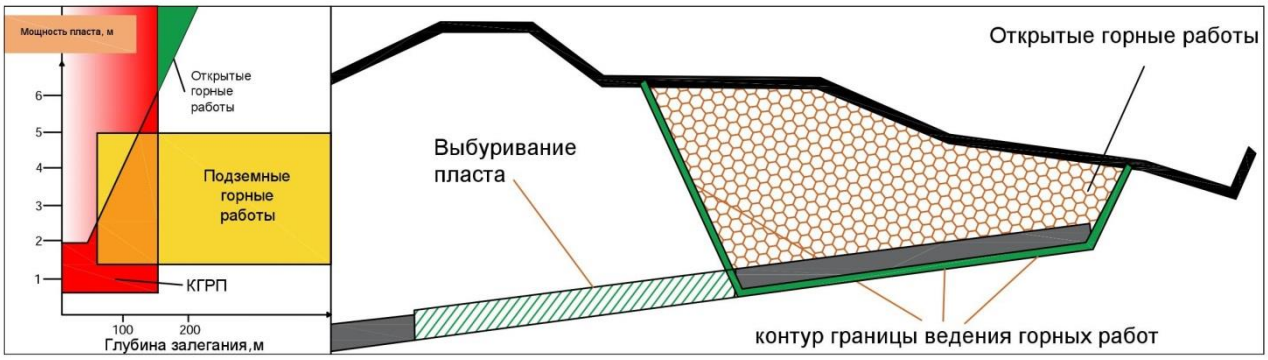


Рис.2.5. Комбинированная отработка угольных запасов

Наличие технологии КГРП вносит элемент непрерывности извлечения запасов в промежутке между ведением открытых и подземных горных работ. Агрегирования структура модульных шахтоучастков приведена на рис.2.6.

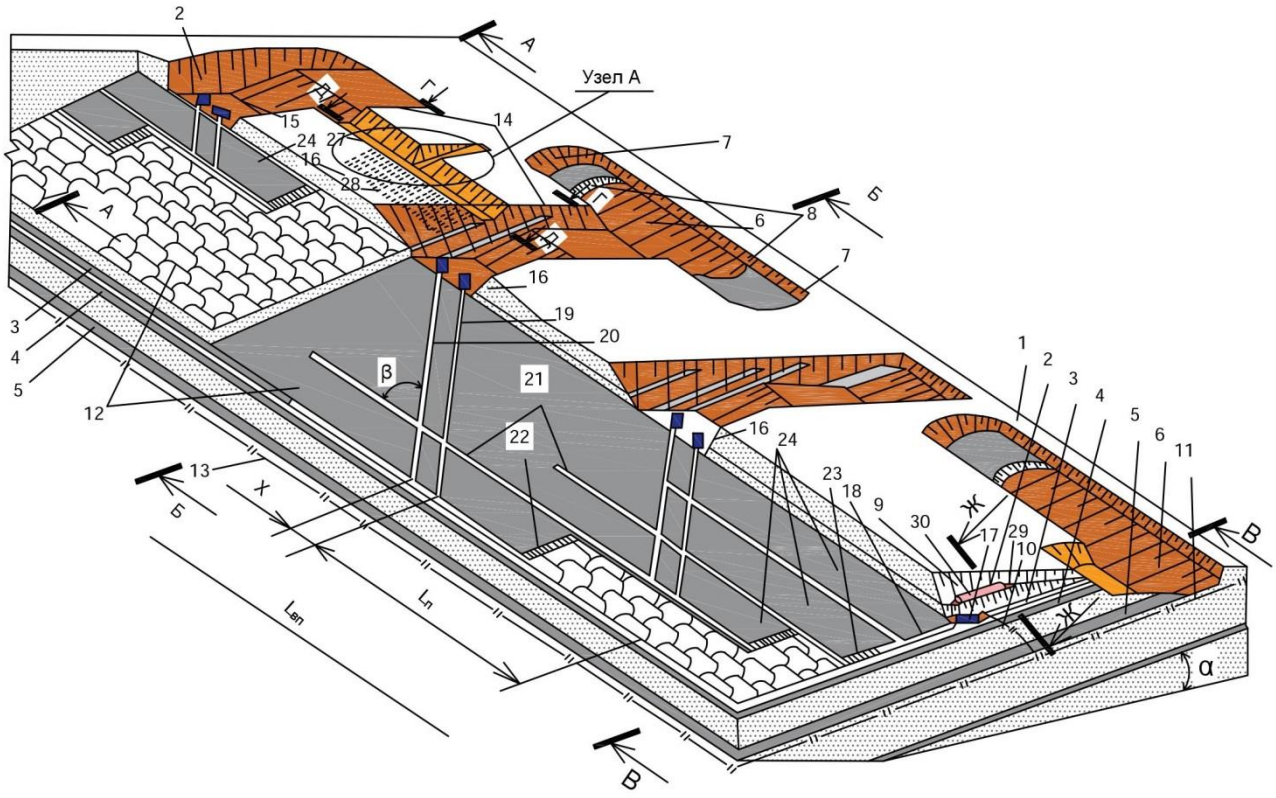


Рис. 2.6. Агрегированная структура модульных шахтоучастков

На втором уровне находится парадигма отработки запасов [72,73]. Основными составляющими данного уровня являются предприятия, которые характеризуются старым уровнем технологии, новым, супердинамическим,

высокоэффективным и многофункциональным на базе периферийных, развивающихся, эффективных, интенсивных, инновационных и прорывных технологий.

На третьем уровне отражаются технологические структуры отработки запасов угольных месторождений. С учетом трансферта зарубежных технологий в качестве основополагающей на вооружение взята концепция «шахта-лава»[74]. Наиболее выделяющимися примерами являются: в Австралии - шахта Beltana Coal Mine, шахта Twentymile Coal Mine (США) [75], «Котинская», «Талдинская – Западная» (Россия).

На четвертом уровне расположена схема отработки запасов шахтного поля. Использование индивидуальной схемы при освоении новых

месторождений Кузбасса связано в первую очередь, с небольшой глубиной разработки и пологим залеганием угольных пластов, их низкой газоносностью и пожароопасностью, появлением технологических структур шахта-лава, которые формируются за счет упрощенной топологической сети горных выработок и т.д. Применение блочных схем обусловлено прежде всего высокой газоносностью угольных пластов, большими размерами шахтного поля по простиранию и наличием секционных схем проветривания шахтных полей.

На пятом уровне реализуется «Схема вскрытия шахтного поля». Учитывая то, что освоение новых месторождений ведется по более упрощенным схемам с минимальными объемами проведения и поддержания горных выработок, использование схем с центрально-сдвоенными и центрально-отнесенными стволами имеют превалирующее применение.

Общеизвестно, что технико-экономические показатели шахт, реализующих концепцию одногоризонтного вскрытия выше, сроки строительства и сроки окупаемости инвестиций меньше, - исходя из этого в ближайшей перспективе строительство шахт, реализующих концепцию многогоризонтного вскрытия, не предвидится.

При соответствующих горно-геологических условиях вскрытие шахтного поля производится путем проходки вертикальных стволов. В качестве вспомогательных, как правило, используются горизонтальные и наклонные вскрывающие выработки (квершлаги, наклонные (транзитные) квершлаги и т.п.).

На шестом уровне расположены схемы транспорта. Схемы транспорта напрямую формируются реализованными в проекте схемами вскрытия, - так например, способ вскрытия наклонными стволами позволяет обеспечить бесперебойную выдачу угля.

На седьмом уровне расположены схемы вентиляции. Следует отметить, что в последнее время все большее распространение получает центрально-отнесенная схема вентиляция, которая вытесняет центральную схему

проветривания и реализуется в соответствующих горно-геологических условиях.

На восьмом уровне расположена подготовка шахтного поля с подуровнем схема подготовки. Здесь стоит отметить, что общепринятые погоризонтная, этажная и панельная дополняются подготовкой выемочных функциональных структур шахта-лава (рис.2.7), (Рис.2.8) [74].

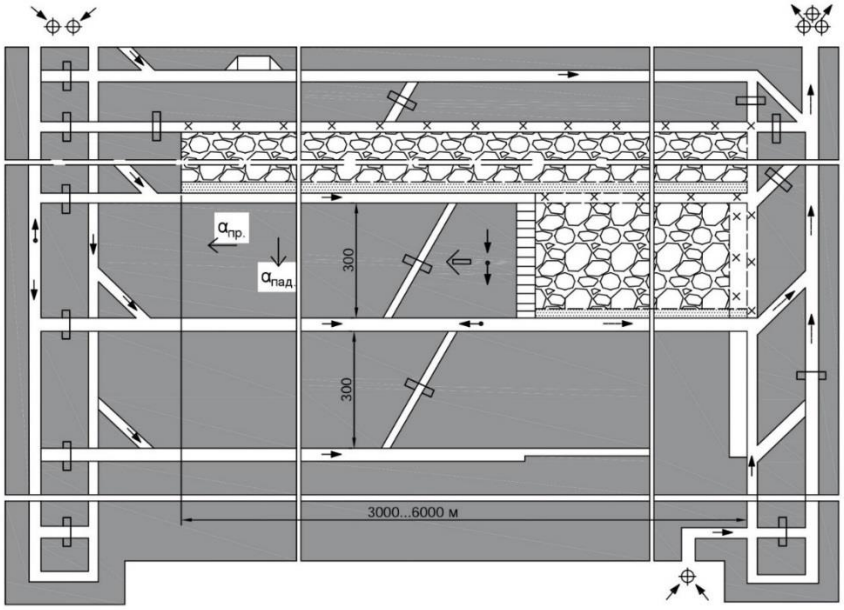


Рис.2.7.

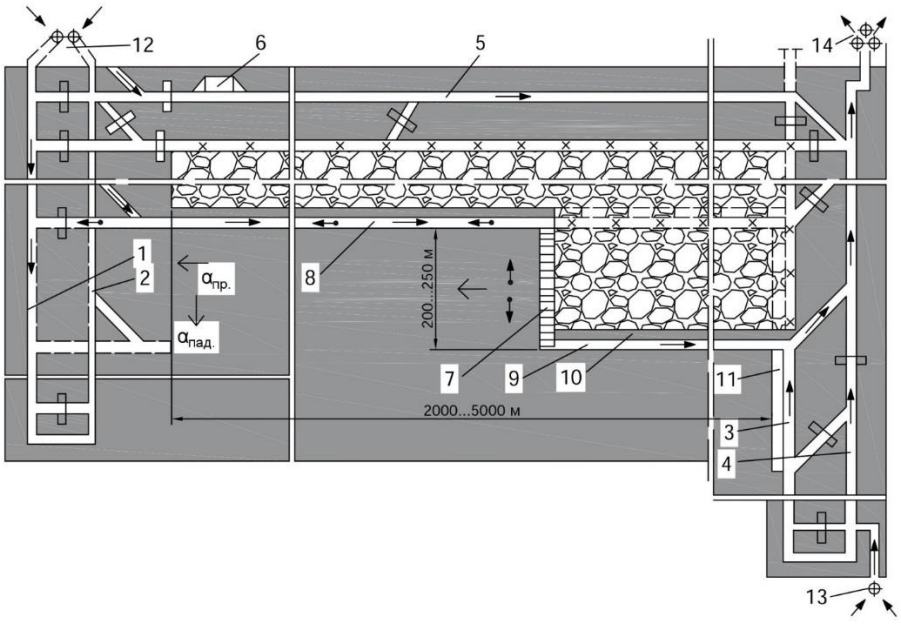


Рис.2.8.

Принятый порядок отработки частей шахтного поля напрямую определяет наиболее эффективный и выгодный порядок отработки столбов в наклонной плоскости, каким является нисходящий по простиранию. Довольно широкое применение находит нисходящий порядок отработки частей шахтного поля по падению пласта, который применяется во всех условиях, позволяющих подготавливать выемочные поля с запасами, удовлетворяющими требованиям технической эксплуатации механизированных очистных комплексов. В последнее время, в рамках проектирования и реализации проектов с технологическими структурами шахта-лава используется восходящий порядок отработки выемочных панелей, которому присущи определенные достоинства (постоянное сокращение транспортных и вентиляционных магистралей, улучшение условий эксплуатации, связанных с уменьшением глубины разработки и т.д.).

Для подготовки частей шахтного поля в условиях самовозгораемости и высокой пожароопасности угольных пластов наиболее эффективным является полевое проведение подготовительных выработок со всеми вытекающими преимуществами (в силу их расположения в устойчивых вмещающих породах значительно сокращаются затраты на их поддержание), но высокая стоимость их проведения и реализация более ранних сроков окупаемости способствует реализации, в основном, пластового проведения подготовительных выработок с выполнением, в последующем, превентивных мер по предотвращению самовозгораемости угля. В качестве дополнительной подготовительной выработки при обслуживании группы пластов обычно используется квершлаг.

На девятом уровне расположено группирование угольных пластов. Следует отметить, что при разработке одиночного пласта данный уровень пропускается и не рассматривается. Анализ топологических сетей горных выработок шахт Кузбасса обозначил приоритет применения магистральных штреков и квершлагов, причем последние, как правило, располагаются в междупластье, последовательной отработки угольных пластов в нисходящем порядке для исключения подработки.

На десятом уровне располагается подготовка выемочных полей. Как правило применяется нисходящий порядок отработки, хотя, как описывалось выше, при использовании технологических структур «шахта-лава» при наличии определенных горно-геологических условий используется восходящий порядок. Выемочные поля отрабатываются с использованием всех трех способов отработки выемочных полей (на переднюю, заднюю и двухстороннюю транспортные выработки). Применение прямого или обратного порядка отработки выемочных полей связано, в основном, с порядком отработки шахтного поля в целом, но преобладающее применение находит обратный ход. Рациональной компоновкой очистных забоев является при этом одинарная с пластовым расположением участковых выработок. Приоритетное использование в качестве дополнительной участковой подготовительной выработки отводится квершлагу. Основной способ управления горным давлением – полное обрушение. Наивысшие результаты при проведении горных выработок получены при комбайновом способе с механическим разрушением, однако область его применения ограничена крепостью вмещающих пород, - в противном случае используется буровзрывной способ. Учитывая используемые схемы подготовки и отработки выемочных участков, газоносность и склонность углей к самовозгоранию, наиболее применяемыми являются возвратоточные схемы проветривания выемочных участков как с подсвежением, так и без подсвежения.

Подуровень «Технологии подготовки и отработки выемочных участков (лав)» включает в себя одноштрековую, двухштрековую и многоштрековую подготовку. Общепринято, что одноштрековая традиционная технология подготовки и бесцеликовая технология отработки выемочных участков с тяжелопрофильными рамными системами сооружения подготовительных выработок и специальными трудоемкими и дорогостоящими мерами по их поддержанию является весьма затратной (рис.2.9). Эта технология характеризуется высокой трудоемкостью и материалоемкостью работ в процессе сооружения и охраны выработок и создает массу известных проблем в

процессе ведения очистных работ в области сопряжения длинных очистных забоев с примыкающими подготовительными выработками. К ним относятся проблемы газодинамических явлений, систем проветривания и слоевых скоплений метана в труднопроветриваемых зонах выработок, проблемы размещения современного крупногабаритного оборудования большой единичной мощности и его передислокации, проблемы перемещения людей и организации их доставки, транспортировки материалов и т.д. Указанная потенциально опасная технология применяется на шахтах по двум причинам: отказ от бесцеликовой технологии и переход на охрану горных выработок угольными целиками привел бы к дополнительным подземным пожарам, взрывам, горным ударам, внезапным выбросам, проблемам надработки и подработки угольных пластов в свитах и другое; существующие способы крепления и специальные мероприятия не обеспечивают охрану подготовительных выработок при бесцеликовой технологии. Анализ и оценка одноштрековой бесцеликовой технологии подготовки и отработки выемочных участков показывает, что подобная технология не соответствует современному этапу развития угольной промышленности и мировой практике перехода к технологическим структурам шахта-лава для обеспечения конкурентоспособности угольных шахт [74]. Стремление увеличить производительность длиннолавных систем за счет увеличения длины лав до 300-400м, чтобы снизить относительные издержки, связанные с несовершенством одноштрековой технологии, также не увенчалось успехом.

Более эффективной является система технологии подготовки и ведения очистных работ, основанная на двухштрековой технологии подготовки и отработки выемочных панелей (рис.2.10) [74]. Наличие ряда угольных целиков между двумя смежными отрабатываемыми выемочными панелями позволяет в благоприятных горно-геологических и горнотехнических условиях осуществлять подготовку штреков с применением анкерного крепления независимо от отрабатываемой смежной лавы и в последующем обеспечить приемлемые условия для отработки выемочной панели обратным ходом с

погашением примыкающих к длинному очистному забою выработок. При этом обеспечивается улучшенный доступ к лаве и уменьшаются ограничения по вентиляции. Используется мобильная проходческая техника, основанная на проходческих комбайнах, высокопроизводительных самоходных вагонах на пневмоходу, системах анкерной крепи и пластовым расположением сооружаемых подготовительных выработок прямоугольного сечения. Многоштрековая технология подготовки длинных очистных забоев (имеется ввиду трехштрековая технология подготовки и отработки выемочных панелей с охраной выработок сдвоенными рядами угольных целиков-колонн (рис.2.11) и четырехштрековая технология подготовки выемочных панелей в условиях высокогазоносных угольных пластов (рис.2.12) требует, как правило, угольных пластов горизонтального или слабонаклонного залегания, не сближенных в свите, средней глубины разработки с относительно устойчивыми почвами, развитой инфраструктуры пневмоколесного транспорта на шахте, а главное, угольных целиков в виде ряда ограниченно-податливых колонн при недопущении оставления традиционных ленточных целиков угля [74]. Следует отметить, что трех – и четырехштрековая системы подготовки включают достаточно сложную и ответственную конфигурации планировки циклического проведения штреков, соединяющих их сбоек, охранных целиков-колонн, объединенной системы проветривания без вентиляторов местного проветривания на основе общешахтной депрессии, общей системы транспорта угля и доставки материалов и оборудования, что в общепринятом смысле обуславливает их сложность и дороговизну, - именно поэтому исходя из проблем многоштрековой системы технологии подготовки и отработки выемочных панелей длиннолавных систем в российской угледобывающей индустрии они не используются и в настоящее время предпочтение отдается одноштрековой и двухштрековой технологии подготовки.

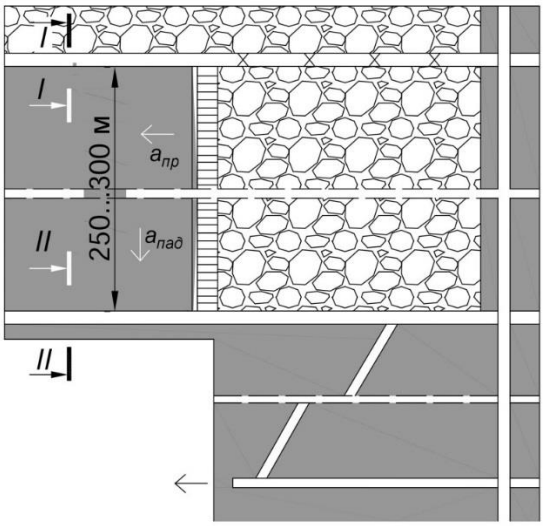


Рис.2.9. Одноштрековая система подготовки и бесцеликовая технология отработки выемочных панелей

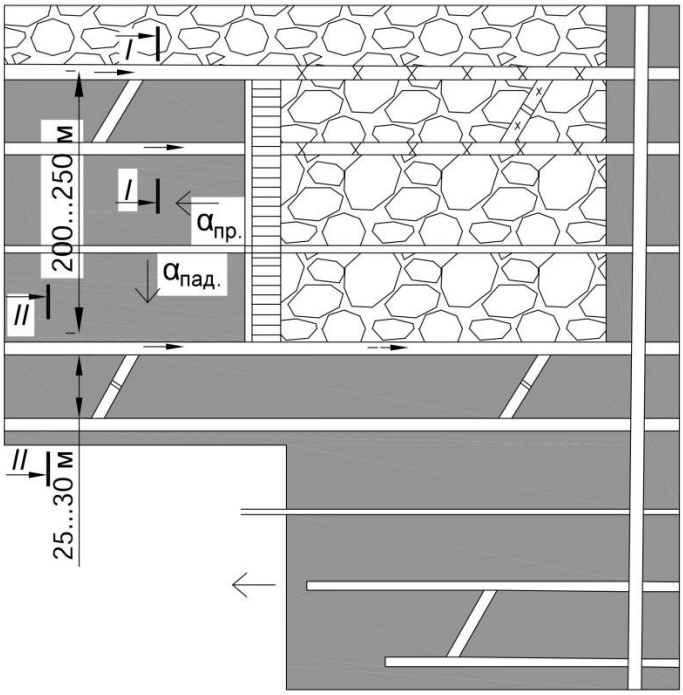


Рис.2.10. Двухштрековая система подготовки и бесцеликовая технология отработки выемочных панелей с охраной выработок временными угольными целиками и их внутрилавным погашением

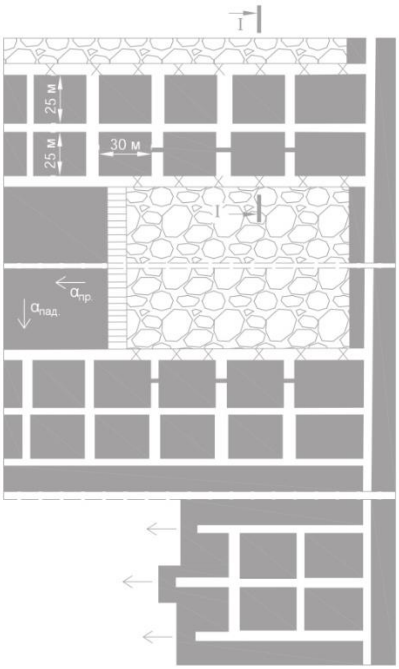


Рис.2.11. Трехштрековая технология подготовки и отработки выемочных панелей с охраной выработок сдвоенными рядами угольных целиков-колонн

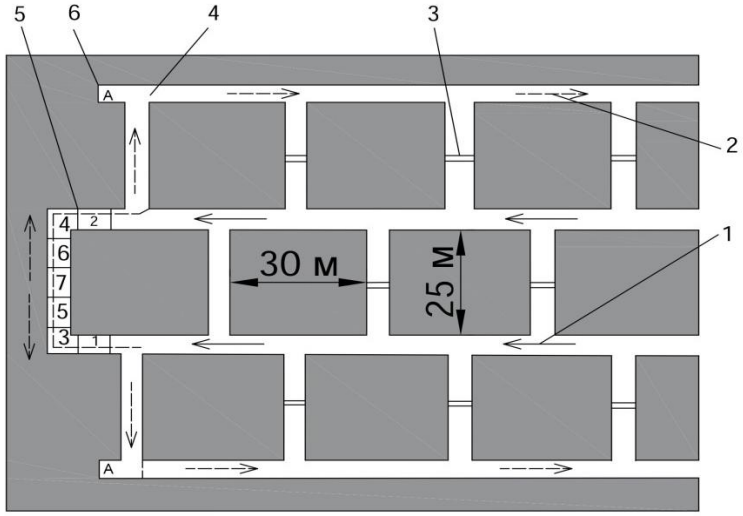


Рис. 2.12. Четырехштрековая технология подготовки выемочных панелей 1- поступающая свежая струя воздуха,; 2- исходящая струя воздуха; 3- перемычка; 4- локальный вентиляционный парус; 5- порядковая последовательность проведения штреков циклическими заходками; 6- допускаемое альтернативное одновременное проведение фланговых штреков на величину одной заходки

На одиннадцатом уровне расположено горношахтное оборудование.

Анализ статистических данных, характеризующих эффективность использования очистного оборудования различных производителей (серии ОКП, серии КМ, ДЖОЙ, ФАЗОС, ПИОМА, ГЛИНИК, ТАГОР) показал, что отечественное оборудование отличается низким ресурсом, большой трудоемкостью при выполнении профилактических работ и недостаточной производительностью для реализации высокопроизводительных технологических структур извлечения угольных запасов.

В этой связи следует ориентироваться на горношахтное оборудование таких производителей, как ДЖОЙ и ДБТ, которые наиболее оптимальны для технологических структур «шахта-лава» [76].

На двенадцатом уровне расположен технологический комплекс поверхности.

Основные схемы компоновки технологических решений технологического комплекса поверхности шахты представлены на рис.2.13, 2.15, 2.16 [77]. Превалирующие направления трансформации технологического комплекса поверхности связаны с упрощением пространственно-планировочных решений, использованием современных сверхпрочных конструкций и расширением функциональных особенностей в виде создания дополнительных углеперерабатывающих производств [Кузбасский информационный портал[78].

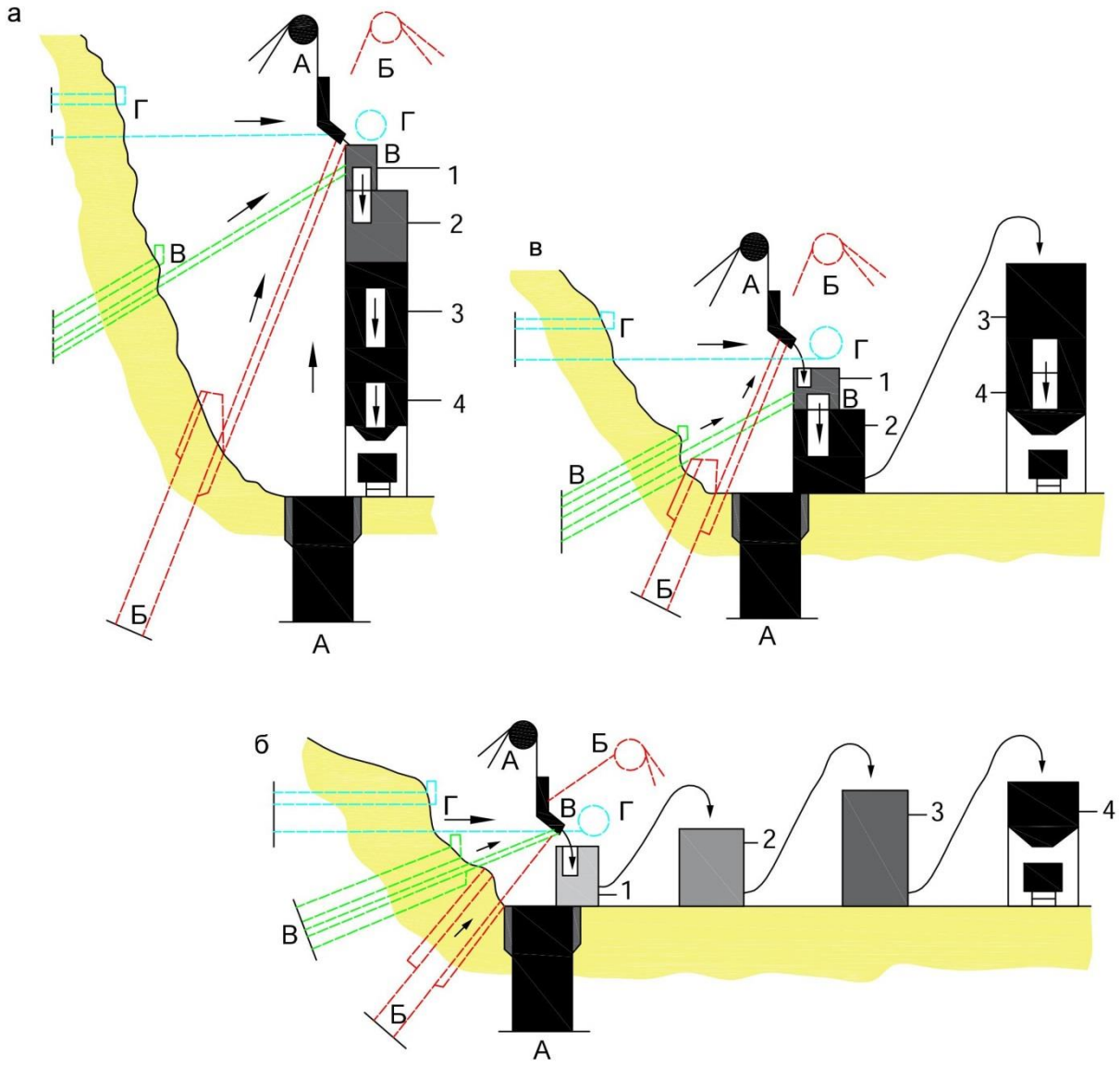


Рис.2.13. Схемы компоновки технологического комплекса поверхности шахт: а – высотная; б – горизонтальная; в – смешанная. 1 – приемка угля, 2 – породоотборка и дробилка, 3 – сортировка (обогащение), 4 – аккумулирование угля для отгрузки.

Рис.2.14. Блочная компоновка технологического комплекса поверхности

Рис.2.15. Обогатительная фабрика в составе технологического комплекса поверхности

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ И КОМПЛЕКСНОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

3.1.Формирование интегральных оценочных коэффициентов эффективности отдельных элементов технологической системы шахты

В основных ограничивающих условиях оптимизационной модели формирования функциональной структуры угольных шахт основной итерационной процедурой является обоснование целевой функции критерия оптимальности, что в свою очередь предопределяет выделение системы частных или локальных критериев, позволяющих для каждого анализируемого уровня технологической системы выбрать и обосновать такие параметры и качественные характеристики, которые обеспечивали бы наивысшую эффективность функционирования технологической системы шахты с учетом горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации.

Следует отметить, что различные сочетания элементов уровней технологической системы формируют различные варианты, которые в целом характеризуются определенными технико-экономическими показателями, при этом показатели, относящиеся к разным элементам, могут иметь противоположные тенденции изменения (так, эксплуатационные издержки стремятся к минимуму, а операционная рентабельность – к максимуму), что обусловлено различным характером цели некоторых элементов (различный оптимум).

Анализ ранее проведенных исследований показал в этом случае приоритет использования следующей процедуры: - с использованием специальных функций свертки (аддитивная, мультипликативная, полилинейная и др.) система частных или локальных критериев системы преобразуется в

обобщенный функционал, причем специальными приемами обеспечивается их сопоставимость (Рис.3.1) [79].

Обобщенная целевая функция оценки эффективности в этом случае выглядит следующим образом:

$$S_{эф.полн.} = \sum_{i=1}^{m} S_{эф.i} \sim K_{инт} = f\{I_i\}, i = 1,2,..., m \qquad (3.1)$$

и трактуется как объективный и содержательный интегральный критерий [80].

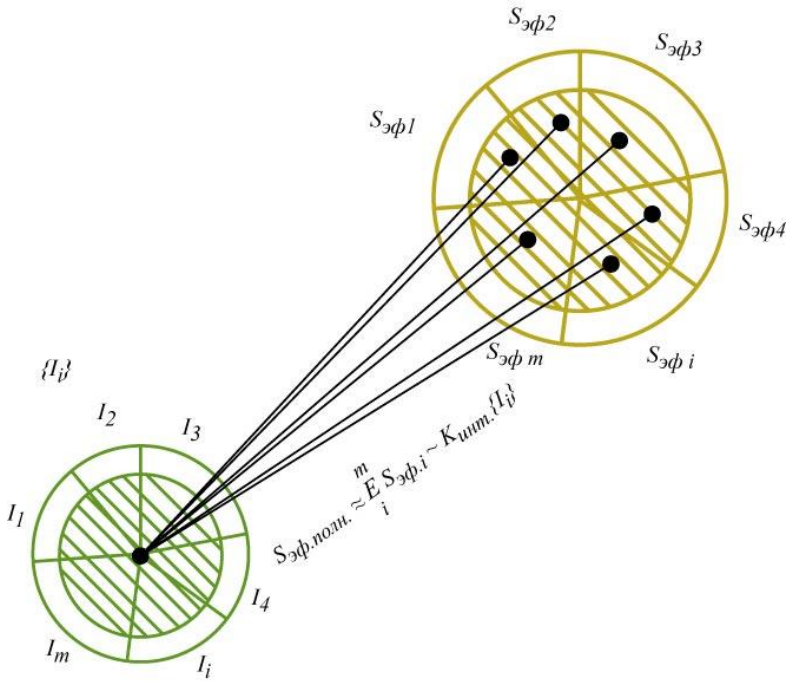


Рис.3.1. Измерение эффективности технологических систем угольных шахт с помощью комплекса показателей и метода интегральной оценки

$$S_{эф} \sim I_1; S_{эф} \sim I_{21}; ..... S_{эф} \sim I_m$$

Общая последовательность формирования интегральных коэффициентов эффективности элементов технологической системы шахты выглядит следующим образом: - определяются коэффициенты важности (стандартизированные ранги) отдельных элементов всех уровней технологической системы шахты (экспертный опрос);

- формируется матрица условного (гипотетического) эталона самых высоких, прогрессивных и экономичных показателей производственно-хозяйственной деятельности шахт оцениваемого угольного региона за ретроспективный период;

- формируется матрица натуральных фактических значений *i*-того показателя эффективности *j*-го элемента технологической системы конкретной проектируемой шахты в *i*-ом году;

- в сформированной матрице определяются минимальные и максимальные значения показателей эффективности функционирования *i*-го элемента технологической системы;

- формируется математическая модель расчета интегральных функционалов элементов технологической системы с использованием статистических данных по действующим шахтам и экспертного опроса.

На основе корреляционно-регрессионного, логического и структурного анализа присущим отдельным показателям сильных и слабых сторон к учету были привлечены следующие технико-экономические показатели, разбитые по своей сущности на две группы: - производственно-технические и экономические.

1 группа – годовая мощность предприятия, нагрузка на очистной забой, удельная длина вентиляционных выработок, удельная длина транспортных выработок, удельный объем и протяженность проводимых и поддерживаемых горных выработок, удельный объем зданий и сооружений на поверхности, потери угля.

2 группа – производительность труда ППП, сметная стоимость строительства, рентабельность, эксплуатационные издержки. Таким образом, можно сформировать два дополнительных интегральных функционала эффективности технологической системы: технологический и экономический критерии.

3.2. Математическая модель выбора вариантов технологических систем угольных шахт

В общем случае постановка задачи формирования рациональных вариантов технологических систем угольных шахт базируется на следующем основополагающем аспекте: сформировать с помощью решающего правила топологическую пространственно-планировочную сеть горных выработок, которая с учетом ограничений на синтез технологических элементов по горно-геологическим и горнотехническим условиям обеспечит минимум интегрального критерия эффективности при выполнении условий совместимости и адаптации.

Вид целевой функции математической модели выбора вариантов технологической системы угольной шахты в этом случае выглядит следующим образом:

$$K_{инті} = \sum \gamma_i K_{i,,} \qquad (3.2)$$

где $K_{инті}$ – интегральный критерий эффективности i-го варианта технологической системы;

$\gamma =$ 1, если i -ый технологический элемент принадлежит j-му варианту,

$\gamma = 0$, если не входит в область применения;

K_i - совокупный коэффициент эффективности i -го элемента.

Для определения совокупного коэффициента эффективности i-го элемента технологической системы угольной шахты предлагается использовать среднеарифметическую квадратическую функцию следующего вида [81]:

$$K_i = \sqrt{\sum (\delta_{ij} \cdot \varphi_{ij})^2}, \qquad (3.3)$$

где δ_{ij} – относительное отклонение i-того технико-экономического показателя у j-того элемента технологической системы от эталонного показателя $J_{эт.,}$

φ_{ij} – коэффициент функциональной полезности (важности) i–того показателя технико-экономической эффективности j-того уровня технологической системы.

Относительные отклонения (безразмерные эквиваленты натуральных показателей) определяются по формуле:

$$\delta_{ij} = J_{эт} - J_{ф} / J_{max} + J_{min}, \quad (3.4)$$

где $J_{эт}$ - эталонное значение технико-экономического показателя,

$J_{ф}$ - фактическое значение технико-экономического показателя;

J_{max} – максимальное значение показателя,

J_{min} – минимальное значение показателя.

Данная формула однозначно определяет оптимум интегральных функционалов [81]

$$K_{интj} = f(I, \varphi) \to \min \quad (3.5)$$

Условный эталон сравнения формируется из самых эффективных и прогрессивных технико-экономических показателей производственно-хозяйственной деятельности шахт за принятый ретроспективный период (временной тренд) и в самом общем понимании представляет из себя гипотетический объект (шахту), оснащенную на данном этапе развития научно-технического прогресса наиболее совершенными горнодобывающей техникой и угледобывающими технологиями (технологической системой).

Учет неодинаковой значимости частных или локальных критериев оценки достигается путем ввода в целевую функцию интегральных функционалов коэффициентов важности.

Когда дело идет о синтезе технологических систем таких сложных динамических систем, как шахта с длительным сроком оптимизации (20 - 30 и более лет) на первый план выступает прогнозирование их эффективности. Анализ передовых методов показал явное предпочтение методов экспертных оценок по сравнению со статистическими методами [82]. Данные методы делятся на две основные группы: группа индивидуальных экспертных оценок и группа коллективных экспертных оценок, - «объективизация» информации достигается использованием коэффициентов, доказывающих правомерность и

правильность проведенного экспертного опроса. Методологические аспекты данного метода включают следующие итерации [83].

1. Вначале для каждой составляющей оценки вычисляют средний ранг A_K:

$$A_K = \frac{\sum_{i=1}^{N} a_{ik}}{N}; \quad k = (\overline{1, M}) \tag{3.8}$$

и дисперсию:

$$S_k^2 = \sum_{i=1}^{N} (a_{ik} - A_k)^2 \tag{3.9}$$

2. Далее вычисляют коэффициенты Спирмена

$$Ri_j = \frac{\sum_{k=1}^{M} \left(a_{ik} - \frac{M+1}{2} \right) \left(a_{jk} - \frac{M+1}{2} \right)}{\sum_{k=1}^{M} \left(a_{ik} - \frac{M+1}{2} \right)^2 \sum_{k=1}^{M} \left(a_{jk} - \frac{M-1}{2} \right)^2}; \quad i = (\overline{1, N}),\ j = (\overline{1, M}) \tag{3.10}$$

Независимости ранжирования проверяется вычислением Т- и Ф-значений:

$$T_{ij} = R_{ij} \sqrt{\frac{M-2}{1-R_{ij}^2}} \tag{3.11}$$

$$\Phi_{ij} = \sqrt{M-1} \cdot R_{ij} \tag{3.12}$$

3. Далее рассчитывают критерий:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{k=1}^{M} \left(y_{ik} - \frac{N}{M} \right)^2}{\frac{N}{M}}, \quad i = (\overline{1, N}) \tag{3.13}$$

4. Далее вычисляют коэффициент конкордации W для оценки степени согласованности экспертов:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} N^2 (M^3 - M) - N \sum_{j=1}^{N} T_j} \tag{3.14}$$

$$S = \sum_{i=1}^{N}\left(\sum_{k=1}^{m} a_{ik} - \frac{N(M+1)}{2}\right)^2 \quad (3.15)$$

$$T_j = \frac{1}{12}\sum_{j}(t_j^3 - t_j) \quad (3.16)$$

Далее определяют связь:

$$\overline{R} = \frac{NW - 1}{N - 1} \quad (3.17)$$

$$\chi_k^2 = N(M-1)W \quad (3.18)$$

В данной работе задействован один из эффективных методов экспертного опроса - метод Делфи, разработанный О. Хелмером и др. [84].

Метод Делфи имеет три особенности.

1. Анонимность.

2. Использование результатов предыдущего тура опроса (3 тура) [85].

3. Статистическая характеристика группового ответа.

Для оценки степени согласованности мнений экспертов используются такие характеристики, как медиана и квартили (рис.3.3).

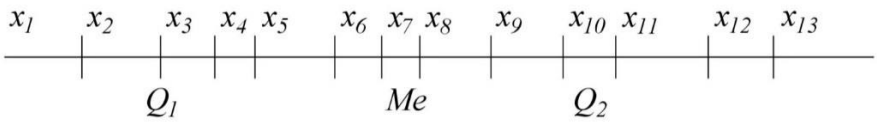


Рис. 3.3 . Медиана и квартили на числовой оси

Медиана и квартили образуют четыре интервала - x_1Q_1, Q_1Me, MeQ_2, Q_2x_{13}, среди которых два средних - Q_1Me и MeQ_2 — считаются наиболее предпочтительными и медиана последнего тура принимается за обобщенное мнение. В работе использовался документальный метод формирования групп экспертов. Очень важное значение имеет определение количества экспертов.

Доказано, что при всех сопутствующих процедурах довольно надежные и объективные оценки даются группой до 25 человек, что подтверждается следующей формулой:

$$N = \frac{t^2}{\varepsilon^2}, \qquad (3.22)$$

где t- критерий Стьюдента; ε - ошибка, выраженная в долях среднего квадратического отклонения σ оценок экспертов, $\varepsilon = \frac{u}{\sigma}$ (u - заданная абсолютная погрешность оценки). Иногда пользуются данными таблицы 3.2.

Таблица 3.2. Данные для расчета численности групп экспертов

Доверительная вероятность	Предельно допустимая относительная погрешность						
	3	2	1	0,8	0,5	0,2	0,1
99	1	2	7	26	74	165	663
95	1	1	4	15	43	96	284
90	1	1	3	11	31	67	270
85	1	1	2	8	23	51	207
80	1	1	2	7	19	41	164
75	1	1	2	5	15	33	132
70	1	1	2	4	12	17	109
65	1	1	1	4	10	22	86

Численность экспертной группы определялась по формуле, приведенной в работе [86]. Оценки заносятся экспертами в специальные формы в баллах в интервале от 0 до 20. Окончательные результирующие коэффициенты, подтверждающие правомерность и объективность проведенного экспертного опроса приведены в табл.3.3.

Таблица 3.3. Статистический анализ экспертных оценок

№№	**Результирующие коэффициенты**	**1 итерация**	**2 итерация**	**3 итерация**
1	Коэффициент вариации	0.318	0.112	0.08
2	Коэффициент конкордации	0.212	0.549	0.813
3	Критерий Пирсона X^2_R *табл*	36.4	36.4	36.4
4	Критерий Пирсона X^2_R *расч*	53.3	92.7	94.8

Для формализации целевой функции коэффициентов важности использовалась формула:

(3.23)

$$\varphi_{iуд.} = \frac{\varphi_i}{\varphi_{ср}} = \frac{\varphi}{\sum_{i=1}^{m} \varphi_i} = \frac{m \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^{m} \varphi_i}$$

где φ_i – коэффициент важности, проставленный экспертами *i*-тому показателю,

$\varphi_{ср}$ – средний уровень важности,

m - число критериев.

Экспертам представлялся каталог качественных характеристик и перечень технико-экономических показателей двух групп, обозначенных выше. Задача экспертов состояла в выявлении наиболее важных критериев, характеризующих каждый уровень технологической системы шахты и оценки степени их влияния по 20-ти балльной системе на выбор тех или иных технологических элементов с данного уровня.

Все результаты итерационной процедуры экспертного опроса фрагментарно сведены в табл.3.4. Проанализировав данные таблицы 3.4 видно, что одними из важнейших показателей, по которым можно сопоставлять альтернативные решения на уровнях технологических систем при их синтезе являются рентабельность, себестоимость добычи и производительность труда, - данные критерии используются практически на всех уровнях. Не менее значимыми являются производственная мощность шахты, нагрузка на очистной забой и сметная стоимость строительства шахты.

Следует отметить, что все отобранные критерии не противоречат современной практике оценки технологических систем и тесно связаны с управляемыми качественными переменными, а также коррелируют с исходными горно-геологическими характеристиками, что увязывает правомерность их использования.

Таблица 3.4

Номера элементов уровней ТС	Производственная мощность шахты, млн.тонн/год	Нагрузка на очистной забой, тонн/сут	Потери угля, %	Проводимые горные магистрали, $м^3$/1000т.г.д.	Поддерживаемые горные магистрали, м/1000 т.г.д.	Транспортные магистрали, м/1000 т.г.д.	Вентиляционные магистрали, м/1000 т.г.д.	Удельный объем зданий и сооружений на поверхности, м/1000 т.г.д.	Себестоимость добычи 1т угля, руб/тонн	Производительность труда ППП, тонн/мес	Сметная стоимость строительства, млн.руб	Рентабель-ность, %
1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	18.0	15.5	14.0	13.0	13.5	12.5	12.0	11.0	17.5	16.0	15.0	17.0
1.3	20.0	16.5	15.0	14.0	14.5	13.5	13.0	12.0	18.5	17.0	16.0	18.0
2.1	15.0	14.0	12.0	11.0	11.5	10.5	9.5	8.0	13.0	12.5	13.5	14.0
2.2	15.5	15.0	12.5	11.5	12.0	11.0	10.0	8.5	13.5	13.0	14.0	14.5
2.3	17.0	15.5	13.0	12.5	12.5	11.5	10.5	9.0	15.0	14.0	14.5	16.0
2.4	18.5	16.0	13.5	13.0	13.0	12.0	11.0	9.5	16.5	15.5	15.0	17.5
2.5	20.0	16.5	14.5	13.5	13.5	12.5	11.5	10.0	18.0	17.0	16.0	19.0
3.1	15.5	13.5	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.5	17.0	16.0	15.5	16.5
3.2	20.0	15.5	12.0	11.0	9.5	8.5	7.5	6.5	19.0	18.5	18.0	19.5
3.3	17.5	14.0	11.5	10.5	9.0	8.0	7.0	6.0	18.0	17.5	17.0	18.5
4.1	17.5	16.0	12.5	11.5	10.0	9.0	8.0	7.5	15.5	15.0	14.5	16.5
4.2	18.5	17.0	13.5	12.5	11.0	10.5	9.0	8.5	16.5	16.0	15.0	17.5
5.1	19.0	17.0	10.0	14.0	13.5	12.0	11.5	10.0	17.5	16.5	15.5	18.5
5.2	20.0	18.0	11.5	14.5	15.5	13.0	12.5	11.0	18.5	17.5	16.5	19.0
5.3	18.5	17.5	9.0	13.5	12.5	11.5	9.5	8.0	16.5	15.0	14.0	17.5
5.4	17.5	16.5	8.5	12.5	12.0	10.5	9.0	7.5	15.5	14.5	13.0	16.5
5.5	17.0	15.0	7.5	11.5	11.0	9.0	8.0	6.5	15.0	14.0	12.5	16.0
5.2.1	19.5	14.5	9.0	13.5	13.0	11.5	10.5	9.0	18.0	17.0	15.0	18.5
5.2.2	17.5	13.0	7.0	12.0	12.5	10.0	9.0	8.0	15.5	15.0	14.0	16.0
5.3.1	16.0	13.5	12.0	11.0	9.5	8.5	7.0	6.5	14.0	13.0	12.0	15.0
5.3.2	20.0	15.5	14.5	13.5	12.5	11.5	8.5	7.5	18.0	17.0	16.0	19.0
5.3.3	14.0	13.0	11.0	10.0	8.0	7.0	6.0	5.0	13.0	12.0	11.0	13.0
5.3.4	18.0	14.5	12.5	12.0	12.0	11.0	8.0	7.0	17.0	16.0	15.0	17.0
5.4.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.4.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.4.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.1	17.5	15.5	-	-	-	-	-	19.5	16.5	15.0	14.5	16.5

6.2	19.5	17.0	-	-	-	-	-	18.5	17.5	16.5	15.5	18.5
7.1	17.0	16.0	-	19.5	18.5	17.5	16.5	17.5	18.5	17.5	19.5	19.5
7.2	17.5	16.5	-	18.5	17.5	16.5	15.5	16.5	16.5	17.5	18.5	17.5
7.3	18.5	17.5	-	17.5	16.5	15.5	14.5	16.0	16.5	16.5	18.5	17.5
7.4	19.5	18.5	-	15.0	14.0	13.0	12.0	15.0	14.5	18.5	17.5	15.5
7.5	17.5	16.5	-	17.5	16.5	15.5	14.5	16.0	14.5	16.5	18.5	15.5
8.1	16.0	15.0	18.0	15.0	14.0	13.0	12.0	13.0	15.5	14.5	13.5	16.5
8.2	18.5	16.5	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	13.0	16.5	15.5	14.5	17.5
8.3	18.5	16.5	17.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	17.5	16.5	15.5	18.5
8.4	19.5	18.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	18.5	17.5	16.5	19.5
8.2.1	-	-	-	19.5	18.5	17.5	16.5	-	-	-	-	-
8.2.2	-	-	-	18.5	17.5	16.5	16.5	-	-	-	-	-
8.2.3	-	-	-	17.5	16.5	15.5	14.5	-	-	-	-	-
8.2.4	-	-	-	16.5	16.5	14.5	13.5	-	-	-	-	-
8.3.1	-	-	17.5	-	-	-	-	-	16.5	-	19.5	17.5
8.3.2	-	-	19.5	-	-	-	-	-	18.5	-	17.5	19.5
8.3.3	-	-	18.5	-	-	-	-	-	17.5	-	18.5	18.5
8.4.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.4.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.4.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.5.1	17.5	16.5	18.5	17.5	16.5	15.5	14.5	-	-	-	18.5	-
8.5.2	19.5	16.5	17.5	16.5	15.5	14.5	13.5	-	-	-	17.5	-
9.1	-	-	-	19.5	18.5	17.5	16.5	-	-	-	-	
9.2	-	-	-	18.5	17.5	16.5	15.5	-	-	-	-	-
9.3	-	-	-	19.5	18.5	17.5	16.5	-	-	-	-	-
9.4	-	-	-	18.5	17.5	16.5	15.5	-	-	-	-	-
9.5	-	-	-	19.5	18.5	17.5	16.5	-	-	-	-	-
9.2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.2.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.3.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

9.4.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.4.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.5.3	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-
10.1	-	-	-	19.5	18.5	17.5	16.5	-	-	-	-	-
10.2	-	-	-	16.5	16.5	15.5	14.5	-	-	-	-	-
10.3	-	-						-	-	-	-	-
10.2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.2.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.3.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.4.1	17.5	16.5	-	-	-	-	-	-	16.5	15.5	-	17.5
10.4.2	18.5	17.5	-	-	-	-	-	-	18.5	17.5	-	19.5
10.5.1	17.5	16.0	-	18.5	17.5	16.5	16.5	-	-	-	-	-
10.5.2	18.5	16.0	-	17.0	16.0	15.0	15.0	-	-	-	-	-
10.5.3	18.5	16.0	-	17.0	16.0	15.0	15.0	-	-	-	-	-
10.6.1	-	-	-	-	-	-	-	-	17.5	16.5	15.5	18.5
10.6.2	-	-	-	-	-	-	-	-	18.5	16.5	13.5	19.5
10.7.1	-	-	-	16.5	15.5	13.5	13.5	-	-	-	-	-
10.7.2	-	-	-	16.5	15.5	13.5	13.5	-	-	-	-	-
10.7.3	-	-	-	18.5	17.5	15.5	15.5	-	-	-	-	-
10.7.4	-	-	-	18.5	17.5	15.5	15.5	-	-	-	-	-
10.8.1	-	-	-	-	-	-	-	-	16.5	15.5	-	17.5
10.8.2	-	-	-	-	-	-	-	-	18.5	17.5	-	19.5
10.8.3	-	-	-	-	-	-	-	-	18.5	17.5	-	19.5
10.9.1	16.5	15.5	-	16.5	15.5	-	17.5	-	16.0	14.5	15.5	17.0
10.9.2	15.0	14.0	-	17.5	16.5	-	18.5	-	15.0	13.5	16.5	16.0
10.9.3	17.5	16.5	-	16.5	15.5	-	17.5	-	17.5	16.5	15.5	18.5
10.9.4	15.0	14.0	-	17.5	16.5	-	18.5		17.0	15.5	16.5	18.0
10.10.1	18.5	17.5	-	-	-	-	-	-	18.5	17.5	-	19.5
10.10.2	18.5	17.5	-	--	-	-	-	-	18.5	17.5	-	19.5

10.10.3	16.5	15.5	-		-	-	-	-	16.0	15.0	-	17.0
10.11.1	17.0	16.0	15.0	16.5	16.0	15.0	14.5	-	15.0	14.5	18.0	17.0
10.11.2	18.0	17.0	14.0	16.0	15.5	14.0	13.5	-	18.0	17.0	17.0	18.5
10.11.3	19.0	18.0	13.0	15.5	14.0	13.0	12.5	-	19.0	18.0	15.5	19.5
11.1	17.0	16.0	-	-	-	-	-	-	16.0	15.5	15.0	17.0
11.2	20.0	19.0	-	-	-	-	-	-	18.0	17.5	17.0	19.0
11.3	19.0	18.0	-	-	-	-	-	-	17.0	16.5	16.0	18.0
11.2.1	18.0	17.0	-	-	-	-	-	-	19.0	17.0	15.0	19.5
11.2.2	17.0	16.0	-	-	-	-	-	-	18.0	16.0	14.0	18.5
11.2.3	15.0	14.0	-	-	-	-	-	-	16.0	14.0	12.0	16.5
11.2.4	14.5	13.5	-	-	-	-	-	-	15.0	13.0	11.0	15.5
11.2.5	13.0	12.5	-	-	-	-	-	-	14.0	12.0	10.0	14.5
11.2.6	12.0	11.5	-	-	-	-	-	-	13.0	11.0	9.0	13.5
11.2.7	11.0	10.5	-	-	-	-	-	-	12.0	10.0	8.0	12.5
11.2.8	16.0	15.0	-	-	-	-	-	-	17.0	15.0	13.0	17.5
12.1	-	-	-	-	-	-	-	14.5	18.0	16.5	16.0	17.5
12.2	-	-	-	-	-	-	-	14.0	16.5	15.5	15.0	16.0
12.3	-	-	-	-	-	-	-	15.0	19.0	18.0	17.5	18.5
12.4	-	-	-	-	-	-	-	15.5	19.5	18.5	18.0	19.0
12.5	-	-	-	-	-	-	-	13.5	15.5	14.5	14.0	15.0
12.2.1	-	-	-	-	-	-	-	13.0	16.5	14.0	13.0	16.0
12.2.2	-	-	-	-	-	-	-	13.5	17.0	15.0	14.5	16.5
12.2.3	-	-	-	-	-	-	-	14.5	18.0	16.0	15.0	17.5
12.2.4	-	-	-	-	-	-	-	15.5	19.0	17.0	16.0	18.5
12.2.5	-	-	-	-	-	-	-	16.5	20.0	18.0	17.0	19.5

3.3. Алгоритм модульного синтеза прогрессивных функциональных структур угольных шахт

Разработанная методика исследований реализуется в два качественно различных этапа, отличающихся как постановкой, так и формальным описанием. На первом этапе предполагается выделение и описание всех технологических подсистем, принадлежащих к исследуемому классу, т. е. классифицирование множества альтернативных решений функциональных структур. На втором этапе проводятся итоговая оценка описаний различных систем исследуемого класса и выбор тех из них, которые в том или ином приближении соответствуют условиям задачи. В конечном итоге получается целостное описание всей исследуемой системы из частей описания подсистем и отношений между ними.

С учетом вышеизложенного, эвристический алгоритм формирования функциональной структуры угольных шахт на базе обобщенной классификационной схемы угледобычи представлен на рис. 3.4.

Отдельные аспекты ведения подземных горных работ выступают в форме ограничений. Классифицирование множества альтернативных вариантов функциональных структур угольных шахт изложено в работе [1] автора, там же представлено соответствие основных идентификаторов поставленной задачи. В таблицах 3.6 и 3.7 в соответствии с основными расчетными данными представлены потоковые матрицы смежности (компакт-векторы генерации лучших альтернатив) рациональной синтезированной обобщенной технологической системы отработки запасов Чертандинского каменноугольного месторождения и ш. Талдинская-Западная-1 с рассчитанными совокупными коэффициентами эффективности.

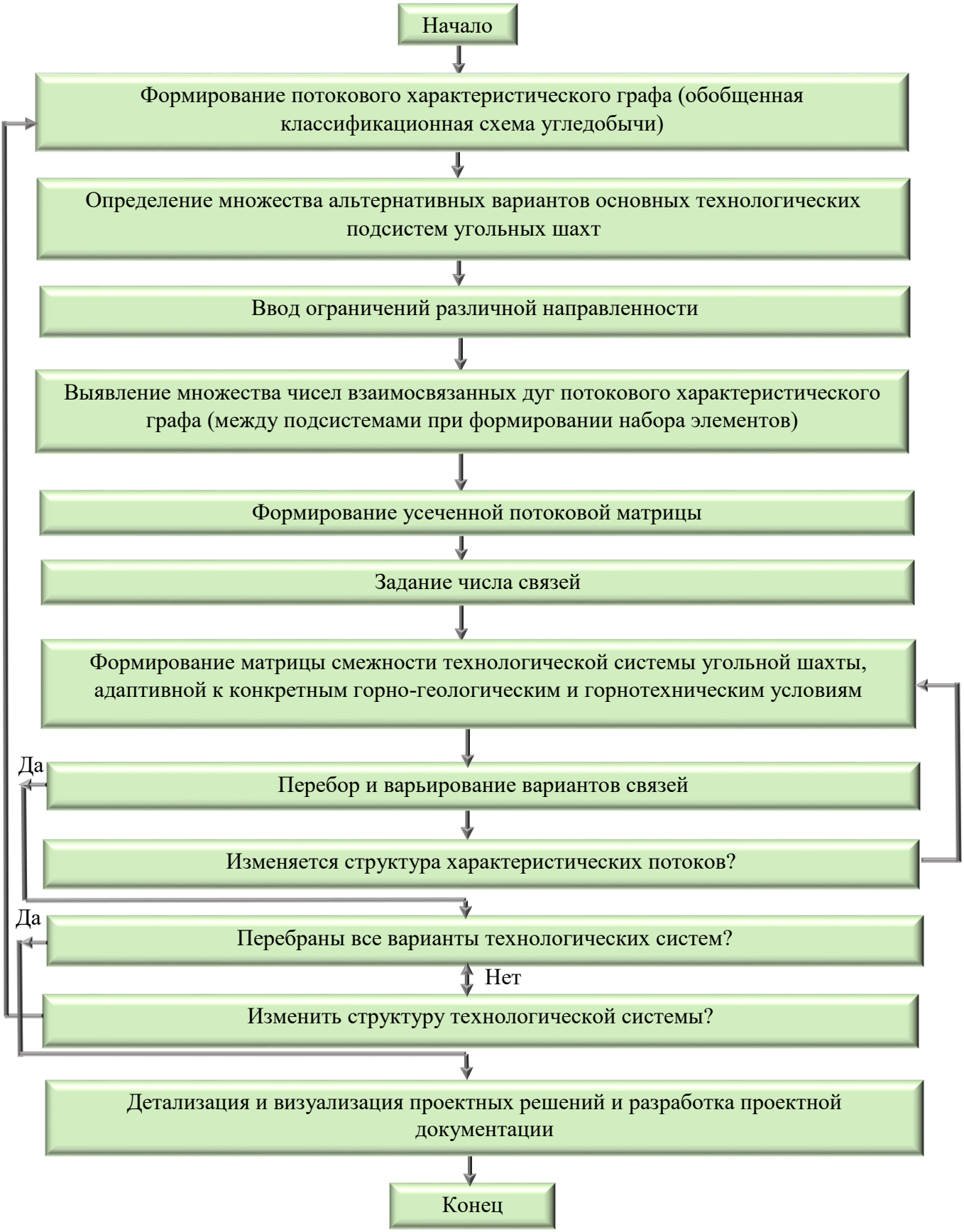


Рис.3.4. Эвристический алгоритм формирования функциональной структуры угольных шахт на базе обобщенной классификационной схемы угледобычи

Таблица 3.6. Потоковая матрица смежности рациональной обобщенной технологической системы отработки запасов Чертандинского каменноугольного месторождения (компакт-вектор генерации лучших альтернатив интегрированной системы добычи)

Из/в	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Идент.
0		**a3**																								TCO_3
1			**a7**																							$TC1_3$
2				**a10**																						$TC2_2$
3					**a12**																					$TC3_1$
4						**a15**																				$TC4_2$
5							**a19**																			$TC4_{21}$
6								**a24**																		$TC4_{34}$
7									**a26**																	$TC4_{44}$
8										**a30**																$TC5_1$
9											**a32**															$TC6_2$
10												**a39**														$TC7_4$
11													**a41**													$TC7_{22}$
12														**a44**												$TC7_{33}$
13															**a47**											$TC7_{41}$
14																**a52**										$TC7_{52}$
15																	**a57**									$TC8_5$
16																		**a60**								$TC8_{23}$
17																			**a62**							$TC8_{32}$
18																				**a65**						$TC8_{41}$
19																					**a68**					$TC8_{51}$
20																						**a72**				$TC9_2$
21																							**a76**			$TC9_{23}$
22																								**a77**		$TC9_{31}$
23																									**a81**	$TC9_{42}$
$K_{с.э.}$		**0.5**	**0.2**	**0.3**	**0.2**	**0.2**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.5**	**0.3**	**0.4**	**0.2**	**0.2**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.2**	**0.2**	**0.2**	**0.2**	**0.5**	**0.3**	**0.3**	**0.2**	

Продолжение таблицы 3.6

	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	Идент.
24	**a_{82}**																						$TC9_{51}$
25		**a_{85}**																					$TC9_{61}$
26			**a_{87}**																				$TC9_{71}$
27				**a_{92}**																			$TC9_{82}$
28					**a_{96}**																		$TC9_{93}$
29						**a_{98}**																	$TC9_{101}$
30							**a_{102}**																$TC9_{112}$
31								**a_{105}**															$TC10_{2}$
32									**a_{107}**														$TC10_{21}$
33										**a_{108}**													$TC10_{22}$
34											**a_{109}**												$TC10_{24}$
35												**a_{110}**											$TC10_{23}$
36													**a_{111}**										$TC10_{25}$
37														**a_{112}**									$TC10_{26}$
38															**a_{113}**								$TC10_{27}$
39																**a_{114}**							$TC10_{28}$
40																	**a_{121}**						$TC11_{21}$
$K_{с.э.}$	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.2**	**0.3**	**0.2**	**0.3**	**0.4**	**0.2**	**0.2**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.0**	**0.1**	**0.2**						

$K_{с.э.}$ *– совокупные коэффициенты эффективности элементов подсистем технологической системы*

Таблица 3.7. Потоковая матрица смежности рациональной обобщенной технологической системы отработки запасов западного крыла ш. Талдинская-Западная 1 (компакт-вектор генерации лучших альтернатив подземного способа добычи)

Из/в	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Идент.
0		**a_2**																								TCO_3
1			**a_6**																							$TC1_3$
2				**a_{10}**																						$TC2_2$
3					**a_{12}**																					$TC3_1$
4						**a_{14}**																				$TC4_2$
5							**a_{19}**																			$TC4_{21}$
6								**a_{24}**																		$TC4_{34}$
7									**a_{26}**																	$TC4_{44}$
8										**a_{30}**																$TC5_1$
9											**a_{32}**															$TC6_2$
10												**a_{39}**														$TC7_4$
11													**a_{40}**													$TC7_{22}$
12														**a_{44}**												$TC7_{33}$
13															**a_{47}**											$TC7_{41}$
14																**a_{52}**										$TC7_{52}$
15																	**a_{57}**									$TC8_5$
16																		**a_{60}**								$TC8_{23}$
17																			**a_{62}**							$TC8_{32}$
18																				**a_{65}**						$TC8_{41}$
19																					**a_{70}**					$TC8_{51}$
20																						**a_{73}**				$TC9_2$
21																							**a_{76}**			$TC9_{23}$
22																								**a_{77}**		$TC9_{31}$
23																									**a_{81}**	$TC9_{42}$
$K_{с.э.}$		**0.4**	**0.3**	**0.3**	**0.2**	**0.2**	**0.1**	**0.15**	**0.1**	**0.5**	**0.3**	**0.4**	**0.2**	**0.2**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.2**	**0.2**	**0.2**	**0.2**	**0.5**	**0.3**	**0.3**	**0.2**	

Продолжение таблицы 3.7

	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	Идент.
24	**a_{82}**																						$TC9_{51}$
25		**a_{85}**																					$TC9_{61}$
26			**a_{87}**																				$TC9_{71}$
27				**a_{92}**																			$TC9_{82}$
28					**a_{96}**																		$TC9_{93}$
29						**a_{98}**																	$TC9_{101}$
30							**a_{102}**																$TC9_{112}$
31								**a_{105}**															$TC10_{2}$
32									**a_{107}**														$TC10_{21}$
33										**a_{108}**													$TC10_{22}$
34											**a_{109}**												$TC10_{24}$
35												**a_{110}**											$TC10_{23}$
36													**a_{111}**										$TC10_{25}$
37														**a_{112}**									$TC10_{26}$
38															**a_{113}**								$TC10_{27}$
39																**a_{114}**							$TC10_{28}$
40																	**a_{124}**						$TC11_{21}$
$K_{с.э.}$	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.2**	**0.3**	**0.2**	**0.3**	**0.4**	**0.2**	**0.2**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.0**	**0.1**	**0.3**						

$K_{с.э.}$ *– совокупные коэффициенты эффективности элементов подсистем технологической системы*

В качестве объекта исследований выбрана ш. Талдинская – Западная 1, для которой в главе 4 были обоснованы основные проектные решения функциональной структуры технологической системы согласно полученной матрице смежности.

ГЛАВА 4. АППРОБАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Горно-геологические и горнотехнические условия эксплуатации поля шахты Талдинская-Западная 1

Поле шахты «Талдинская-Западная-1» территориально и административно дислоцируется в Прокопьевском районе Кемеровской области и относится к Ерунаковскому геолого-промышленному району Кузбасса (Грамотеинская свита (P2gr)).

Литологический состав вмещающих пород непостоянен, фациальная изменчивость осадков наблюдается как в широтном, так и в меридиальном направлениях. В разрезе свиты содержится до 12 угольных пластов мощностью от 2 до 12-14 м. Рабочая угленосность толщи составляет 10,3%.

Повсеместно в районе шахтного поля отложения палеозоя и мезозоя перекрываются сплошным чехлом четвертичных образований, представленных чаще суглинками, реже глинами и галечником. Мощность четвертичного покрова крайне изменчива и в зависимости от современного рельефа колеблется от 0,5-1 м до 40-50 м.

Основным дизъюнктивом, ограничивающим шахтное поле, является согласный взброс IV с амплитудой смещения по нормали 140-170 м. В плане взброс имеет согласное с угленосной толщей простирание, повторяющее форму Талдинской брахосинклинали. Падение сместителя при изменении направления простирания практически не изменяется, оставаясь равным 20^0-40^0. Нарушение сопровождается зоной дробления мощностью от 10 до 120 м.

В лежачем крыле взброса IV геологическими работами выявлен и прослежен «слепой» несогласный взброс 22, сопутствующий дизъюнктиву IV. На планах имеет форму неправильной овальной скобы, примыкающей своими концами к об-резу лежачего крыла основного разлома.

Других форм, кроме описанных выше, пликативной и дизъюнктивной тектоники в границах шахтного поля геологоразведочными работами не

установлено. В целом геологический участок характеризуется довольно простой тектонической обстановкой и геологическим строением, и с полной уверенностью может быть отнесен к месторождениям 1 группы в соответствии с классификацией ГКЗ.

Обводненность характеризуется удельными дебитами скважин от 0,22 до 0,87 л/с при понижениях уровня соответственно, 7,93 и 9,4 м.

Водопроводимость зоны интенсивно трещиноватых пород характеризуется коэффициентом водопроводимости от 24-115 $м^2$/сут, при среднем значении 50 $м^2$/сут. Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации осадков, разгрузка - в местную дренажную сеть логов и долины рек.

По химическому составу воды относятся к гидрокарбонатным натриево-кальциевым, кальциево-магниевым с общей минерализацией 0,37-0,62 г/$дм^3$.

Прогнозируемый водоприток при отработке западного крыла пласта 67 составит:

- нормальный - 200 $м^3$ /ч;
- максимальный - 300 $м^3$/ч.

В границах рассматриваемого шахтного поля располагаются четыре пласта имеющих балансовые запасы: 69, 68, 67 и 66 (66-65).

Ниже приведена характеристика рабочих пластов 68, 67 и 66 (66-65).

Пласт 68 (в настоящее время отработан). Породные прослои представлены алевролитом мелкозернистым, влажным, глиноподобным.

Мощность пласта 5,5-6,5 м, угол падения 5°-20°.

Пласт располагается в 25-45 м ниже пласта 69.

Уголь пласта полублестящий, слоистый, трещиноватый, преобладает торцовый кливаж, f=0,7-0,9.

Объемный вес угля составляет 1,32 т/$м^3$.

Присутствует склонность угля к самовозгоранию и взрывоопасность угольной пыли. Опасность внезапных выбросов отсутствует, опасность горных ударов прогнозируется с глубины 200 м.

В непосредственной кровле залегают алевролиты мелкозернистые, трещиноватые, от весьма неустойчивых до неустойчивых, f = 2-4, мощностью 2,0-6,0 м. Непосредственная кровля не допускает даже небольших, кратковременных обнажений, при обрушении образует мелкокусковатый навал.

Основная кровля пласта представлена песчаником трещиноватым, разной зернистости, средней устойчивости, f=5-6, мощность колеблется в пределах 24-32 м. По типу обрушаемости основная кровля относится от средней обрушаемости до легкообрушающейся.

Породы непосредственной почвы слабые, для них характерно существенное снижение прочности в водонасыщенном состоянии.

Пласт 67 пологого падения, относительно выдержанный. Угол падения 5°-23°. Мощность пласта 4,2-5,9 м, при среднем значении мощности 4,85 м. Строение пласта сложное. Породные прослои (1-3 шт.) представлены алевролитом, суммарной мощностью 0,1 м.

Уголь хрупкий, слабой и средней механической прочности. Коэффициент крепости по шкале проф. Протодъяконова f=0,7. Плотность угля изменяется в пределах 1,30-1,31 т/м^3.

Присутствует склонность угля к самовозгоранию и взрывоопасность угольной пыли. Опасность внезапных выбросов отсутствует, опасность горных ударов прогнозируется с глубины 200 м.

Непосредственная кровля пласта представлена алевролитом мелкозернистым, трещиноватым от весьма неустойчивого до неустойчивого, f = 2-4, мощность 4,0-8,0 м.

Основная кровля пласта - песчаник трещиноватый, разной зернистости, от средней обрушаемости до легкообрушаюшегося, f = 5-6, мощность 25-30 м. Непосредственная почва пласта - алевролит мелкозернистый, мощность 4-10 м, f=3.

Пласт 66 пологого падения, относительно выдержанный. Угол падения 5°-23°. Мощность пласта 3,8-4,7 м, при среднем значении 4,16 м. Строение пласта

сложное. Породные прослои (1-2 шт.) представлены алевролитом, суммарной мощностью 0,13 м.

Непосредственная кровля пласта представлена алевролитом мелкозернистым, трещиноватым от весьма неустойчивого до неустойчивого, f=2-4, мощность 4,0-6,0 м.

Основная кровля пласта - песчаник трещиноватый, разной зернистости, от средней обрушаемости до легкообрушающегося, f=5-6, мощность 20-30 м.

Кровля пласта оценивается от неустойчивой и легкообрушающейся до среднеустойчивой и среднеобрушающейся.

Основные характеристики угольных пластов приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Индекс пласта	Средняя мощность пласта, м		Угол падения, пласта, град.	Расстояние по нормали до вышележащего пласта, м	Строение пласта	Степень выдержанности
		по горной массе				
Пласт 68 (мощный)	4.71-8.21 6,07	4.99-8.56 6,59	5-20	25-45	Сложное	Относительно выдержанный
Пласт 67 (мощный)	4.02-5.81 4,70	4.16-5.94 4,85	5-23	20-50 33	Сложное	Относительно выдержанный
Пласт 66 (мощный)	3.52-4.58 4,01	3.78-4.73 4,16	5-23	40-55	Сложное	Относительно выдержанный

Характеристика качества углей приведена в таблице 4.2. Угли пластов 68,67, 66 (66-65) в соответствии с классификацией по генетическим и технологическим параметрам (ГОСТ 25543-88) относятся к марке Д (длиннопламенный), подгруппы ДВ (длиннопламенный витринитовый). Содержание серы в углях изменяется в пределах 0,27 % до 0,56 %, фосфор находится в пределах 0,02 - 0,068 %. Зольность изменяется в пределах от 6,2 % до 8,2 % для чистых угольных пачек. Низшая теплота сгорания углей изменяется от 26,3 до 27,2 МДж/кг.

Физико-механические свойства пород и углей представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.2

Номер пласта	Марка угля, технологическая группа	Содержание влаги		Зольность, %		Выход летучих веществ, V^{daf}_c, %	Пластический слой, у, мм	Содержание серы, S^{daf}_t, %	Содержание фосфора, P^d, %	Теплота сгорания по бомбе, Q^{daf}_b, кДж/кг	Низшая теплота сгорания, Q^{daf},	Отражательная способность витринита, R^0, %
		W^a	W^{max}	A^d	A^d пл							
68	Д,ДВ	1.9-5.8 3,7	5.5-11.0 7,7	5.3-12.0 8,2	8.8-24.8 14,4	34.5-39.3 36,8	11	0.21-0.50 0,33	0.021-0.061 0,039	32270-33530 32840	26270	0,65
67	Д,ДВ	1.8-5.8 3,5	4.9-11.4 8,2	3.4-12.1 6,2	5.2-17.8 9,5	31.1-40.2 36,7	10	0.24-0.62 0,32	0.013-0.075 0,035	31380-34410 32910	27150	0,64
66	Д,ДВ	2,0-6.7 3,7	6.5-9.8 7,9	3.8-10.4 6,7	6.8-18.0 11,6	33.3-39.0 35,8	10	0.23-0.44 0,29	0.016-0.048 0,034	32400-33610 33090	27130	0,67

Таблица 4.3

Наименование пород	Коэффициент крепости методом толчения, f	Временное сопротивление сжатию, $\sigma_{сж}$, кг/см^2	Временное сопротивление растяжению, $\sigma_{рас}$, кг/см^2	Действительная плотность, г/см^3	Кажущаяся плотность, г/см^3	Влажность, %	Пористость, %
Алевролит мелкозернистый	1.0-7.5 4,9	70-748 540	26-49	2.57-2.91 2,64	2.30-2.83 2,58	0.71-8.08 2,8	2.2-17.45 7,28
Алевролит крупнозернистый	3.2-7.7 5,4	272-971 611	24-90 46	2.63-2.83 2.7	2.51-2.73 2,6	1.24-5.17 2,17	1.44-9.88
Песчаник	3.4-6.3 5,1	308-1201 626	24-110 59	2.58-2.83 2,7	2.50-2.76 2,59	0.75-2.87 1,69	1.81-8.52 4,84
Аргиллит	1,8	-	-	2,48	2.40-2.43 2,42	4.01-4.04 4,02	5,64
Углистые породы	-	-	-	2.32-2.45 2,41	1.98-2.19 2,08	2.80-5.38 4,09	10.34-21.22 15,78
Уголь	0,68	-	-	1,41	1,31	3,55	10,64

В метановой зоне в составе угольных пластов, помимо метана, присутствуют его тяжелые гомологи - этан, пропан, бутан. Эти тяжелые углеводородные газы содержатся в пластах в концентрациях до 7-12 %. Содержание газов в угольных пластах изменяется от следов до 0,44 $м^3$/т.

Газоносность пород характеризуется низкими значениями от 0,002-0,01 до 0,2-1,38 $м^3$/т.

Угольные пласты поля шахты «Талдинская-Западная 1» согласно Заключению Кемеровского представительства ВНИМИ №4 от 20.03.2004 г. отнесены к склонным к горным ударам с глубины 200 м от поверхности.

Критическая глубина проявления внезапных выбросов угля и газа при разработке пласта 67 соответствует горизонту -40 м, что ниже границы горного отвода шахты.

Угли пласта 67 отнесены к склонным к самовозгоранию, инкубационный период 68 суток.

Угли всех пластов шахтного поля и всех вышележащих пластов, входящих в пространственные границы шахты, обладают выходом летучих веществ более 36 %. По своим физико-механическим свойствам угли являются крепкими, плотными и обладают повышенной трещиноватостью. Согласно геологическому отчету угли пластов шахтного поля опасны по взрывам пыли.

Горные породы, содержащие свободную двуокись кремния более 10 %, являются силикозоопасными. В песчаных отложениях района содержание двуокиси кремния более 40 %, в алевролитах колеблется от 20 до 40 %, в аргиллитах - от 10 до 30 %. Согласно геологическому отчету все углевмещающие породы шахтного поля относятся к силикозоопасным.

Балансовые запасы угля по пласту 67 в границах отработки западного крыла по категориям А+В+С1 составляют 20878 тыс. т, промышленные запасы чистого угля составляют – 11152 тыс.т, эксплуатационные потери – 4999 тыс.т, коэффициент извлечения – 66%.

4.2. Горнотехническое обоснование парадигмы подземной отработки запасов

Рассматривается отработка западного крыла пласта 67 шахты «Талдинская-Западная-1». В соответствии с горно-геологическими и горнотехническими условиями эксплуатации, а также с учетом развития горных работ проектная мощность шахты принимается на уровне 4000 тыс.т в год.

Пласт 67 западного крыла шахтного поля вскрывается фланговым конвейерным стволом L=1930 м до отметки +208м и фланговым путевым стволом L=1431 м до отметки +210м, пройденным по породе. В центре пласт вскрыт вентиляционным шурфом №3, штольней и демонтажным наклонным стволом. Со штольни, оборудованной ленточным конвейером В170 L = 170 м, пройден наклонный транспортный ствол на длину 725м, который оборудован конвейером В550. Демонтажный ствол, оборудованный монорельсовой подвесной дорогой ДП 155У с дизелевозами ЛСП-70, пройден с поверхности длиной 375 м, затем изменяя азимут, пройден параллельно транспортному стволу на длину 730м до водосборника. От шурфа №3 L=63 м пройден вентиляционный ствол на длину 370м, предназначенный для выдачи из шахты исходящей струи воздуха. Вентиляционный ствол через водоотливную выработку сбит с транспортным и демонтажным стволом. Восточные стволы пласта 68 и стволы пласта 67 в основании сбиты квершлагом протяженностью 140 м.

Для подготовки нижнего блока восточного крыла пройден транспортный штрек (L = 1950 м, α = 2º-5º) и восточный магистральный (L = 1950 м, α = 2º-5º) штрек. Эти же штреки будут служить для вскрытия западного крыла с центра. Для организации бремсберговой схемы проветривания западного крыла и выработок нижнего блока восточного крыла, для организации запасного выхода с осевого штрека пройден гезенк (Н = 40 м) на пласт 68, служащий для передачи свежего воздуха с пласта 68 на пласт 67.

Вскрытие западного крыла с фланга осуществляется фланговым конвейерным стволом и фланговым путевым стволом, пройденных по породе (в соответствии с требованием п. 588 ПБ 05-618-03).

Проходка стволов по четвертичным отложениям осуществляется сечением выработки с обратным сводом $S_{св}$= 19,2м^2 – флангового конвейерного ствола и $S_{св}$=17,4м^2 - флангового путевого ствола. Устье стволов бетонируется. По коренным породам крепление выработок предусматривается анкерной крепью: флангового конвейерного $S_{св}$= 17,4м^2, флангового путевого $S_{св}$= 20,9м^2 .

Основные вскрывающие выработки приведены в табл. 4.4.

Отработка запасов западного крыла пласта 67 осуществляется по схеме «шахта-лава» с индивидуальной подготовкой шахтного поля. Подготовка западного крыла шахтного поля осуществляется четырьмя выемочными столбами (лавы 6707, 6708, 6709 и 6710) с размерами по падению от 1570 до 1720м.

Выемочные столбы отрабатываются по простиранию пласта, прямым ходом от вентиляционного уклона до флангового конвейерного ствола, одним очистным забоем.

Подготовка выемочных столбов предусматривается вентиляционными и конвейерными штреками, а так же диагональными печами с оставлением межлавных целиков размером Lц от 30м до 35м. Параметр (ширина целика) между выработками при сонаправленном движении воздушных струй принимается 30м.

Ширина целика от транспортного штрека з/к с обеих сторон составляет 35м.

Таблица 4.4

№ п/п	Наименование выработок	Отметка устья	Отметка горизонта	Полная длина, м	Угол наклона, град.	Назначение	Оборудование	Тип крепления	
								Устья	Ствола
Фланговая площадка									
1	Фланговый путевой ствол пл. 67	+280,0	+210,0	1430,0	5-2,5	Доставка материалов, оборудования, людей	Дизелевозная монорельсовая ДП155У	Металло-бетон	Арки из СВП, анкера
2	Фланговый конвейерный ствол пл. 67	+280,0	+208,0	1925,0	5-1	Доставка материалов, оборудования, людей	Дизелевозная монорельсовая МПД24Ф	Металло-бетон	Арки из СВП, анкера
3	Штольня лавы 6709	+200,0	+210,0	95,0	6	Для выхода исходящей струи		Металло-бетон	Металло-бетон
4	Штольня лавы 6710	+238,0	+208,0	70,0	26	Для выхода исходящей струи (для выдачи секций)	Дизелевозная монорельсовая ДП155У	Металло-бетон	Металло-бетон
Центральная площадка									
1	Транспортный ствол пл. 67	+225,0	+105,0	670,0	10	Транспорт угля	Ленточный конвейерВ550, 2ПТ-120	анкера	анкера
2	Демонтажный ствол пл.67	+276,4	+106,0	1025,0	8-10	Выдача исходящей струи, выдача секций, доставка материалов	Дизелевозная монорельсовая ДП155У	Металло-бетон, анкера	Арки из СВП, анкера
3	Штольня	+241,0	+225,0	110,0	8	Транспорт угля	Ленточный конвейер В170	Металло-бетон	Металло-бетон
4	Восточный магистральный штрек	+92,1	+109,6	1950,0	1	Транспорт угля	Ленточный конвейер2ПТ120	анкера	анкера
5	Транспортный штрек	+85,0	+112,4	1950,0	1	Доставка материалов, оборудования	Дизелевозная монорельсовая МПД24Ф	анкера	анкера
6	Вентиляционный уклон пл.67	+92,1	+18,0	910,0	5	Транспорт угля	Ленточный конвейер2ПТ120	анкера	анкера
7	Путевой уклон пл.67	+130,0	+17,0	1300,0	5	Доставка материалов, оборудования	Дизелевозная монорельсовая МПД24Ф	анкера	анкера

Между конвейерным штреком 6709 и конвейерным штреком 6710 предусматривается проходка транспортного штрека з/к, для транспортировки горной массы из лавы 6709 и 6710.

Для выхода исходящей струи на уровне конвейерного штрека 6709 и вентиляционного штрека 6710 на фланге проходятся штольни длиной 95м и 70м соответственно.

Отработка запасов западного крыла предусматривается системой разработки длинные столбы по простиранию с обрушением кровли (ДСО) с выемкой угля механизированным комплексом.

Запасы пласта 67 отрабатываются применяемым на шахте высокопроизводительным механизированным комплексом импортного производства, в состав которого входят:

- механизированная крепь DBT 220/480 2x3257 (фирмы «DBT») -176 секций;
- очистной комбайн SL-500 (фирмы «Eichoff»);
- забойный конвейер DBT PF4/1132;
- конвейер штрековый (перегружатель) DBT PF4/1132;
- дробилка SK 11/11 (фирмы «DBT»).

Техническая характеристика механизированной крепи DBT 220/480 2x3257

Расстояние между осями секций, мм	1750
Высота, мм:	
max	4800
min	2400
Опорная сила крепи при средней мощности 3400 мм:	
при распорном давлении в 320 бар, кН	5061
при номинальном давлении в 420 бар, кН	6485
Шаг передвижки, мм	800

Техническая характеристика очистного комбайна SL-500

Максимальная вынимаемая мощность пласта, мм	5500
Выемочный орган (ширина захвата), м	0,8
Установленная мощность электродвигателей	
исполнительных органов, кВт	1155
Напряжение электропривода, В	3300
Скорость подачи, м/мин	до 28
Производительность, т/ч	1500
Высота комбайна, мм	2313
Общий вес, кг	75000

Техническая характеристика забойного конвейера DBT PF4/1132

Длина конвейера, м	200
Мощность электропривода, кВт	2х(400)
Рабочее напряжение, В	1140
Производительность, т/час	2000
Максимальное тяговое усилие цепи, кН	
Скорость скребковой цепи, м/сек	1,235

Техническая характеристика штрекового скребкового конвейера (перегружатель) DBT PF4/1132;

Длина конвейера, м	23
Производительность, т/час	2000
Скорость скребковой цепи, м\сек	1,5

Штрековый конвейер конструктивно связан с лавным конвейером крестовой рамой, располагаемой на конвейерном штреке. Связь штрекового конвейера с ленточным конвейером, обеспечивается согласующим перегрузочным устройством «Матильдой».

Техническая характеристика дробилки SK11/11

Производительность, т/ч	до 1500
Мощность электропривода, кВт	200
Максимально допустимые куски угля для загрузки, мм	11 00 х 1100
Размер кусков после дробления, мм	0-150
Регулировка по высоте, мм	260
Габаритные размеры, мм:	
длина	4000
ширина	2800
высота	2000

Дробилка конструктивно является узлом штрекового конвейера.

Используемый механизированный комплекс позволяет вынимать пласт мощностью до 4,85 м. Вынимаемая мощность по западному крылу пласта 67 составляет 4,2 м, остаются пачки угля в кровле мощностью 0,4 м и почве - 0,3 м.

Расчет нагрузок на очистные забои по техническим и технологическим факторам, выполненный на ПЭВМ по программе, разработанной ООО «РАПИС» на основании методик ИГД СО РАН, КузНИУИ, ВНИМИ [87,88] показал, что технически возможные нагрузки на забой при отработке этих пластов составят не менее 11884 т/сут, что обеспечит годовую добычу угля на уровне 4,0 млн.т.

Для своевременного восполнения очистного фронта по пласту 67 западного крыла необходимо иметь в одновременной работе пять подготовительных забоев.

Подготовительные забои оборудованы проходческими комбайнами П-110 (1 шт.), Джой 12СМ18 (1шт.) и КП-21 (3шт.).

Проходческий комбайн П110 производства ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод» (Украина) имеет следующие основные характеристики:

масса комбайна, т 36

установленная мощность электроприводов, кВт 190

скорость передвижения, м/мин 0.. .3,6

рабочий диапазон при телескопическом режущем органе, мм:

по высоте 4500

по ширине 6500

заглубление 330

габариты комбайна, мм:

длина 10700

ширина по корпусу 2100

высота 1800

Проходческий комбайн КП-21 производства Копейского машиностроительного завода (Россия) имеет следующие основные характеристики:

Рабочая производительность по углю, $м^3$/мин 1,8

Рабочая производительность по породе Ос» < 100 МПа, $м^3$/мин 0,25

габаритные размеры комбайна в транспортном положении, м, не более:

ширина 2,4

высота 1,85

длина 12,5

масса, т, не более 45

клиренс, мм, не менее 250

среднее удельное давление гусениц на почву, МПа, не более 0,15

удельный расход электроэнергии, кВт-ч/$м^3$ 23

уровень локальной освещенности, лк, не менее 75

Темпы проведения штреков с учетом времени на оснастку забоев, засечку выработок, монтаж - демонтаж оборудования и в соответствии с заданием на проектирование принимаются 200-350 м/мес.

Темпы проведения наклонных выработок по углю при помощи комбайнов - 180 м/мес, по породе - 100-120 м/мес. Крепление наклонных выработок осуществляется анкерной крепью.

Крепление вентиляционных штреков западного крыла проектируется анкерной крепью. Вентиляционный штрек 6707 Sсв =14,2м^2 с длиной анкера в кровле 2,4м, в бортах анкер сталеполимерный d=22мм длиной 1,8м, в бортах в сторону лавы анкер клинораспорный d=34мм L=1,8м. Вентиляционный штрек 67-08 и 67-09 $S_{св}$=20,9м^2. Вентиляционный штрек 67-10 $S_{св}$=17,1м^2. Крепление конвейерных штреков 67-08, 67-09 проектируется анкерной крепью сечением Sсв=17,4 м^2 с длиной анкера в кровле 2,4м в бортах анкер сталеполимерный d=22мм длиной 1,8м, в бортах в сторону лавы анкер клинораспорный d=34мм L=1,8м. Конвейерный штрек 67-10 $S_{св}$= 20,9м^2.

Для транспортирования горной массы подготовительные забои оборудуются ленточными конвейерами 1ЛТ-80, 1ЛТ-1000А, 2ПТ-120, 2ЛТ - 1000А, а также ленточными перегружателями «Сигма-1» и ПЛ-120.

Для бурения шпуров под анкерное крепление используется установка «Rambor».

Проветривание подготовительных выработок производится вентиляторами местного проветривания ВМ-6 с вентиляционными трубопроводами диаметром не менее 1000 мм. Для проветривания подготовительных выработок на шахте могут применяться вентиляторы местного проветривания других моделей, но обеспечивающие необходимый расход воздуха в выработки.

Проектными решениями формализуется транспортирование угля из очистного и подготовительных забоев на поверхность на основе полной конвейеризации транспортной цепочки.

В связи с этим рассматриваются 2 этапа развития подготовительных и очистных горных работ на западном крыле пласта 67.

Первым этапом рассматривается вскрытие и подготовка выемочного столба 67-08 с фланговой и основной площадок. Транспортирование горной массы из подготовительных забоев фланговой промплощадки осуществляется по фланговому конвейерному стволу ленточным конвейером 2ПТ-120. Горная масса транспортируется на угольный склад ФПП. При отработке выемочного столба 67-07 горная масса из лавы забойным конвейером DBT PF 4/1132 транспортируется на конвейерный штрек 67-07, оборудованный ленточным конвейером 2ПТ-120, далее по фланговому конвейерному стволу, оборудованному ленточным конвейером 2П-120, и далее на угольный склад ФПП. Туда же будет поступать горная масса из 2-х подготовительных забоев: конвейерного штрека 67-09 и вентиляционного штрека 67-08. С восточного магистрального штрека горная масса будет поступать на транспортный ствол, оборудованный (согласно существующей на шахте схеме транспортировки угля) ленточными конвейерами 2ПТ-120 и В-550, а с него на штольню, оборудованную ленточным конвейером В-170. По штольне горная масса будет доставлена на открытый склад угля, находящийся на основной промплощадке.

Вторым рассмотренным этапом предусматривается транспортирование горной массы из очистного забоя лавы 67-09, оснащённым забойным конвейером DBT PF 4/1132 на конвейерный штрек 67-09. По конвейерному штреку 67-09 горная масса ленточным конвейером 2ПТ-120 будет транспортироваться до флангового конвейерного ствола, и далее по фланговому конвейерному стволу, оборудованному ленточным конвейером 2ПТ-120 на угольный склад ФПП. Горная масса из подготовительных забоев лавы 67-10 транспортируется на угольный склад ОПП.

Результаты расчета пропускной способности конвейерной линии представлены в табл. 4.5.

Таблица 4.5. Результаты расчета пропускной способности конвейерной линии

№ п/п	Наименование выработок	Длина расчётного участка, м	Тип конвейера	Мощность приводов, кВт	Скорость движения ленточного става, м/с	Угол наклона траектории движения, град.	Эксплуатационные нагрузки, т/ч	Допустимые эксплуатационные нагрузки, т/ч	Коэффициент использования конвейера по эксплуатационной производительности
1	Конвейерный штрек 67-09	800	2ПТ-120	3х250	3,15	4	1107	1500	0,74
2	Фланговый конвейерный наклонный ствол	860	2ПТ-120	3х250	3,15	5	1107	1500	0,74
3	Фланговый конвейерный наклонный ствол	530	2ПТ-120	3х250	3,15	6	1191	1500	0,8

Для доставки материалов, оборудования и людей в забои подготовительных и очистных выработок на шахте используются монорельсовые подвесные дороги чешского производства МПД24Ф и ДП155У.

Техническая характеристика дороги подвесной монорельсовой приведена в табл. 4.6.

Таблица 4.6

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	ДП -155У
1	Минимальное сечение горной выработки	$м^2$	8
2	Максимальный угол наклона пути	градус	±30
3	Несущий профиль		М155 ТУ 0925-054-576307 12-2002
4	Расстояние между подвесами	м	3
5	Минимальный радиус горизонтальных арок	м	4
6	Минимальный радиус вертикальных арок	м	8
7	Максимальная скорость транспорта	м/с	2
8	Максимальная грузоподъемность несущей тележки на секции, длиной 2м с соединительными штангами 1м	кг	10 000
9	Максимальное тяговое усилие тягового средства	кН	127
10	Максимальная перегрузка крепи другими подвесами	кН	84

Дорога оборудуется дизель–гидравлическими локомотивами DLZ110F, предназначенными для перевозки людей и грузов по монорельсовым дорогам. Локомотив является тяговым средством и источником энергии для гидравлических подъемных устройств. Гидравлическое подъемное устройство УПКГ 12 возможно использовать для монтажа и демонтажа, а также для перевозки секций комплекса ДБТ, масса которых составляет 29 т каждая.

Техническая характеристика дизель-гидравлических локомотивов приведена в табл.4.7, гидравлических подъемных устройств – в табл. 4.8.

Таблица 4.7

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Локомотив DLZ110F
1	Тип двигателя		ZETOR 1404-турбо исполнения РВ
2	Вид двигателя		С воспламенением от сжатия, с непосредственным впрыском топлива
3	Максимальная мощность	кВт	81 – 5%
4	Установленные обороты	$с^{-1}$	38,3
5	Количество цилиндров		4
6	Диаметр	мм	
7	Объем цилиндров	$дм^3$	4,156
8	Ход цилиндров	мм	
9	Расход топлива	г/кВтч	255
10	Воздухоочиститель		Сухой двухступенчатый
11	Охлаждение		водяное
12	Объем топливного бака	л	60
13	Объем масла в двигателе	л	11
14	Вес двигателя - сухого	кг	590(без масла)
15	Мин. радиус поворота горизонтальный вертикальный	м м	4 8
16	Мах. наклон подвесной дороги	град	$\pm 25^0$

Таблица 4.8

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Гидравлические подъемные устройства УПКГ 12
1	Максимальная грузоподъемность	кг	2 х 10 000 2 х 12 000
2	Длина	мм	
3	Привод гидравлический, максимальное давление	МПа	16+10%
4	Рабочая жидкость		гидравлическое масло ВМГЗ
5	Расход	л/мин	
6	Максимальный уклон	град	±30

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Гидравлические подъемные устройства УПКГ 12
7	Собственный вес	кг	2085

Доставка людей к местам ведения работ производится по наклонным стволам основной и фланговой промплощадок упомянутыми монорельсовыми дорогами в специальных подвесных вагонах, предназначенных для доставки людей. Кроме того, доставка людей по конвейерным штрекам и стволам возможна специально оборудованными ленточными конвейерами, скорости движения ленты которых не превышают 3,15 м/с.

Расчет времени передвижения людей до рабочего места производится в очистной забой 6709 и на максимально удаленное расстояние на основании [89] (таблица 4.9).

Из приведенных расчетов видно, что время движения людей до рабочего места в лаве 6709 составляет 20,9 минут, а при максимальном развитии горных работ 30,0 минут.

Таблица 4.9

№ п/п	Наименование участка	Харак-теристика	Расстояние маршрута движения, м	Скорость перемеще-ния, м/мин	Время перемеще-ния, мин
Очистной забой 6709					
1	Посадка в пассажирские тележки	-	-	-	1,5
2	Штольня 6710	$\alpha = 26^0$	70	120	0,6
3	Фланговый конвейерный ствол	α =5-1	535	120	4,5
4	Конвейерный штрек 6709	α =3-7	1720	120	14,3
	Итого				20,9
Вентиляционный штрек 6710					
1	Посадка в пассажирские тележки	-	-	-	1,5
2	Штольня 6710	$\alpha = 26^0$	70	120	0,6
3	Фланговый конвейерный ствол	α =5-1	485	120	4,1
4	Транспортный штрек	α =5-10	1890	120	15,8
5	Монтажная камера 6710	α =9	340	120	2,8
6	Движение по конвейерному штреку 6710	α =4	675	120	5,7

№ п/п	Наименование участка	Характеристика	Расстояние маршрута движения, м	Скорость перемещения, м/мин	Время перемещения, мин
	Итого				30,0

Рассматриваются три периода развития горных работ. Первый период соответствует отработке выемочного столба 67-06, подготовка выемочного столба 67-07 шестью подготовительными забоями. Второй период соответствует запуску и отработке выемочного столба 67-07, подготовка очистного фронта осуществляется пятью тупиковыми забоями. Третий период соответствует запуску и отработке выемочного столба 67-09, подготовка очистного фронта осуществляется двумя тупиковыми забоями.

Результаты расчета ожидаемого метановыделения на выемочные участки приведены в таблице 4.10. Полный газовый баланс выемочных участков по результатам расчета приведен в таблице 4.11.

Таблица 4.10

Наименование выемочного столба	Планируемая суточная нагрузка, $A_{оч}$, т/сут	Абсолютное метановыделение из разрабатываемого пласта, $I_{пл}$, м^3/мин	Абсолютное метановыделение из выработанного пространства, $I_{вп}$, м^3/мин	Абсолютное метановыделение на выемочные участки, $I_{уч}$, м^3/мин
67-06	7800	9,64	4,06	17,3
67-07	12200	8,98	5,34	14,32
67-09	12200	14,57	4,32	18,89

Таблица 4.11. Результаты расчета относительного метановыделения на выемочные участки

Наименование выемочного столба	Относительное метановыделение из разрабатываемого пласта, $q_{пл}$, м^3/т	Относительное метановыделение из разрабатываемого пласта в очистную выработку, $q_{пл}^{/}$, м^3/т	Относительное метановыделение из выработанного пространства, $q_{вп}^{/}$, м^3/т				Относительное метановыделение на выемочный участок, $q_{уч}$, м^3/т
			из пластов-спутников, $q_{сп}$, м^3/т	из вмещающих пород, $q_{пор}$, м^3/т	из эксплуатационных потерь, $q_{э.п}$, м^3/т	всего, м^3/т	
67-06	2,16	1,78	0	0,36	0,38	0,74	2,52
67-07	1,21	1,06	0,36	0,18	0,09	0,63	1,69
67-09	1,93	1,72	0	0,29	0,22	0,51	2,23

Расчет метанообильности шахты по газу метану представлен в таблице 4.12. Результаты расчета газообильности выработок шахты приведены в таблице 4.13.

Как видно из таблиц 4.12 и 4.13 максимальные показатели газообильности имеет третий период: абсолютная метанообильность шахты составит 21,26 $м^3$/мин, а относительная 2,78 $м^3$/т суточной добычи, что соответствует I категории по метану. Прогноз газообильности шахты произведен по природной метаноносности угольных пластов.

Таблица 4.12. Расчет газообильности шахты по газу метану

Наименование	Относительное метановыделение на выемочный участок $q_{уч.}$, $м^3$/т	Метановыделение в подготовительные выработки $I_{п.}$, $м^3$/мин	$A_{уч}$, т/сут	$A_{шп}$, т/сут	$k_{под}$	$k_{ст}$	Относительная метанообильность шахты, $q_{ш.п.}$, $м^3$/т
I период (выемочный столб 67-06)	2,52	0,49	7800	8000	1	0,15	2,93
II период (выемочный столб 67-07)	1,69	4,527	12200	13468	1	0,15	2,32
III период (выемочный столб 67-09)	2,23	2,37	12200	12668	1	0,15	2,78

Таблица 4.13. Результаты расчета газообильности выработок шахты

Символ пласта	Система разработки	Природная метаноносность, $м^3/т$	Газовыделение из разрабатываемого пласта, $м^3/мин$			Газовыделение из сближенных пластов, $м^3/мин$			Газовыделение из вмещающих пород, $м^3/мин$		
			без дегазации	с дегазацией	процент дегазации	без дегазации	с дегазацией	процент дегазации	без дегазации	с дегазацией	процент дегазации
I период (выемочный столб 67-06)											
67	ДСО	12,3	12,89	9,64	75	0	0	0	0,38	0,38	0
II период (выемочный столб 67-07)											
67	ДСО	5	8,98	8,98	0	3,05	3,05	0	1,44	1,44	0
III период (выемочный столб 67-09)											
67	ДСО	8,1	14,57	14,57	0	0	0	0	2,46	2,46	0

Газообильность выработанного пространства, $м^3$/мин	Газообильность выемочного участка, $м^3$/мин	Число выемочных участков	Средневзвешенная метанообильность выемочных участков, $м^3$/мин		Газообильность подготовительных выработок, $м^3$/мин	Газообильность выработок шахтопласта, $м^3$/мин	
			без дегазации	с дегазацией		без дегазации	с дегазацией
I период (выемочный столб 67-06)							
6,16	13,7	1	17,33	13,7	0,49	17,82	14,19
II период (выемочный столб 67-07)							
5,34	14,32	1	14,32	14,32	4,527	18,847	18,847
III период (выемочный столб 67-09)							
4,32	18,89	1	18,89	18,89	2,37	21,26	21,26

С учетом результатов вышеприведенных расчетов сформированы следующие проектные решения в области вентиляции: - единая система проветривания шахты, комбинированная схема и нагнетательный способ.

Проветривание шахтных и выемочных полей в различные этапы эксплуатации предусматривается по следующим схемам.

I период (отработка выемочного столба 67-06 и подготовка выемочного столба 67-07).

На данном этапе рассматривается подготовка выемочного столба 67-07 шестью подготовительными забоями. Свежий воздух в шахту подается по вентиляционному шурфу №3, при помощи нагнетательной вентиляторной установки 3ВЦ-25, затем по вентиляционному стволу пл.68. На пласт 67 свежий воздух подается по вентиляционному стволу пл.68, гезенку с пл.68 на пл.67, и транспортному штреку, главному квершлагу на пласт 67, и далее распределяется по потребителям.

К вентиляторам местного проветривания тупиковой выработки диагональной печи 6707 подача свежего воздуха осуществляется по путевому стволу пл.67. К вентиляторам местного проветривания тупиковых выработок конвейерного трека 6707 и вентиляционного штрек 6708 осуществляется по путевому стволу пл.67, вентиляционному штреку 6708. Вентиляторы местного проветривания тупиковых вентиляционного штрека 6707 с фланга, флангового путевого ствола пл.67, флангового конвейерного ствола пл.67 планируется установить на поверхности.

II период (запуск выемочного столба 67-07).

На данном этапе производится отработка выемочного столба 67-07, подготовка линии очистного фронта осуществляется пятью подготовительными забоями.

Свежий воздух в шахту подается по вентиляционному шурфу №3, при помощи нагнетательной вентиляторной установки 3ВЦ-25, затем по вентиляционному стволу пл.68. На пласт 67 свежий воздух подается по вентиляционному стволу пл.68, гезенку с пл.68 на пл.67, и транспортному

штреку, главному квершлагу на пласт 67, и далее распределяется по потребителям.

На выемочный участок лавы 67-07 подача свежего воздуха осуществляется по путевому стволу пл.67, транспортному штреку пл.67 западное крыло, вентиляционному штреку 6708, передовой сбойке на конвейерный штрек 6707. Схема проветривания выемочного участка принимается с последовательным обособлением вредностей по источникам поступления, возвратноточная с восходящим движением воздуха по очистной выработке (схема 1М-Н-в-вт рисунок 5.1.а «Руководства…»).

Возвратноточная схема проветривания выемочного участка осуществляется путем подачи свежего воздуха в очистной забой по конвейерному штреку 6707 и выдачи исходящей струи воздуха по вентиляционному штреку 6707 на фланговые конвейерный и путевой стволы пл.67.

Исходящая струя воздуха с выемочного участка выдается по на фланговому конвейерному и фланговому путевому стволам пл.67 на поверхность. Исходящая вентиляционная струя из подготовительных забоев конвейерного штрека 6708 и вентиляционного штрека 6709 выдается по вентиляционному уклону пл.67, восточному магистральному штреку западное крыло, транспортному стволу пл.67, штольне на поверхность. Исходящая вентиляционная струя из подготовительных забоев конвейерного штрека 6708 и вентиляционного штрека 6709, проводимых с фланга и из флангового конвейерного ствола пл.67 выдается по штольне пл.67 западное крыло на поверхность.

III период (запуск выемочного столба 67-09).

На данном этапе производится отработка выемочного столба 67-09, подготовка линии очистного фронта осуществляется двумя подготовительными забоями.

Свежий воздух в шахту подается по вентиляционному шурфу №3, при помощи нагнетательной вентиляторной установки 3ВЦ-25, затем по

вентиляционному стволу пл.68. На пласт 67 свежий воздух подается по вентиляционному стволу пл.68, гезенку с пл.68 на пл.67, и транспортному штреку, главному квершлагу на пласт 67, и далее распределяется по потребителям.

На выемочный участок лавы 67-09 подача свежего воздуха осуществляется по путевому стволу пл.67, транспортному штреку, передовой сбойке на конвейерный штрек 6709. Схема проветривания выемочного участка принимается с последовательным обособлением вредностей по источникам поступления, возвратноточная с восходящим движением воздуха по очистной выработке (схема 1М-Н-в-вт рисунок 5.1.а «Руководства…»).

Возвратноточная схема проветривания выемочного участка осуществляется путем подачи свежего воздуха в очистной забой по конвейерному штреку 6709 и выдачи исходящей струи воздуха по вентиляционному штреку 6709 на фланговые конвейерный и путевой стволы пл.67.

Исходящая струя воздуха с выемочного участка выдается по на фланговому конвейерному и фланговому путевому стволам пл.67, штольне пл.67 западное крыло на поверхность. Исходящая вентиляционная струя из подготовительных забоев диагональной печи 6710 и вентиляционного штрека 6710 выдается по транспортному штреку, фланговому конвейерному стволу пл.67, штольне 6710 на поверхность.

Расчет воздухораспределения по вентиляционной сети произведен на ПЭВМ по программе «Вентиляция 1,0». Приняты 2 рабочих и 1 резервный вентилятор. Вентиляторная установка работает в нагнетательном режиме.

Исходными данными для расчета вентилятора главного проветривания являются требуемые аэродинамические режимы работы, представляющие собой совокупность значений ($Q_в$, $h_в$) – подачи и статического давления вентилятора для различных этапов эксплуатации.

Подача вентиляторной установки определяется по формуле:

$$Q_в = Q_ш + \Sigma Q_{ут.вн.},$$

где $Q_{ут.вн}$ – учтенные утечки воздуха, м^3/мин.

При нагнетательном способе проветривания внешние утечки необходимо увеличить на 13 %.

Утечки воздуха через вентиляционные каналы принимаются по таблице 7.27. «Руководства…» или рассчитываются по формуле 7.117 «Руководства…».

$$Q_{óò.âí.} = Q_{óò.í.} \cdot \sqrt{\frac{h}{200}},$$

Расчет и результаты расчета внешних утечек воздуха через вентиляционные каналы приведены в таблице 4.14.

Таблица 4.14. Расчет и результаты расчета внешних утечек воздуха

Расположение ВГП	Площадь сечения канала; S, м^2	Норма утечек воздуха; $Q_{ут.вн}$, м^3/мин	Давление в канале; h, даПа	Внешние утечки воздуха $Q_{ут.}$, м^3/мин	Всего с учетом 13%; $Q_{ут.}$, м^3/мин
I период					
ВГП на промплощадке шурфа №3	4,0	200	117	153	173
II период					
ВГП на промплощадке шурфа №3	4,0	200	90,3	134,4	151,9
III период					
ВГП на промплощадке шурфа №3	4,0	200	114	151	170,6

Расчет и результаты расчета необходимой подачи вентилятора для проветривания шахты на этапах развития представлены в таблице 4.15.

Таблица 4.15. Расчет и результаты расчета необходимой подачи вентилятора главного проветривания

Расположение ВГП	Внешние утечки	Расход воздуха для проветривания шахты	Подача вентилятора
	$м^3$/мин	$м^3$/мин	$м^3$/мин
I период			
Промплощадка шурфа №3	173	5217,3	5390,3
II период			
Промплощадка шурфа №3	151,9	8101,2	8253,1
III период			
Промплощадка шурфа №3	170,6	6465,4	6636

Тип вентилятора, находящегося в работе, и углы установки лопаток рабочего колеса определяются по условиям обеспечения шахты расчетным расходом воздуха и устойчивости проветривания вентиляционной сети. Для обеспечения расчетных параметров по результатам моделирования вентиляционной сети принимается действующая вентиляторная установка 3ВЦ-25. Рабочие параметры вентиляторов в расчетных периодах приведены в таблице 4.16. Аэродинамическая характеристика вентилятора ВЦ-25 приведена на рисунке 4.1.

Техническая характеристика

Диаметр рабочего колеса номинальный, мм	2500
КПД статический номинальный	0,86
Подача номинальная, m^3/s	71/52
Статистическое давление номинальное, daPa	440/287
Диапазон подач в рабочей области режимов, m^3/s	28–100/22-81
Диапазон статического давления в рабочей области режимов, daPa	150–500/98-325
Глубина регулирования	0,56
Частота вращения лопаток, min^{-1}	730/580
Масса вентилятора, кг, не более	9500
Габаритные размеры, мм длина ширина высота	 6800 6000 4400

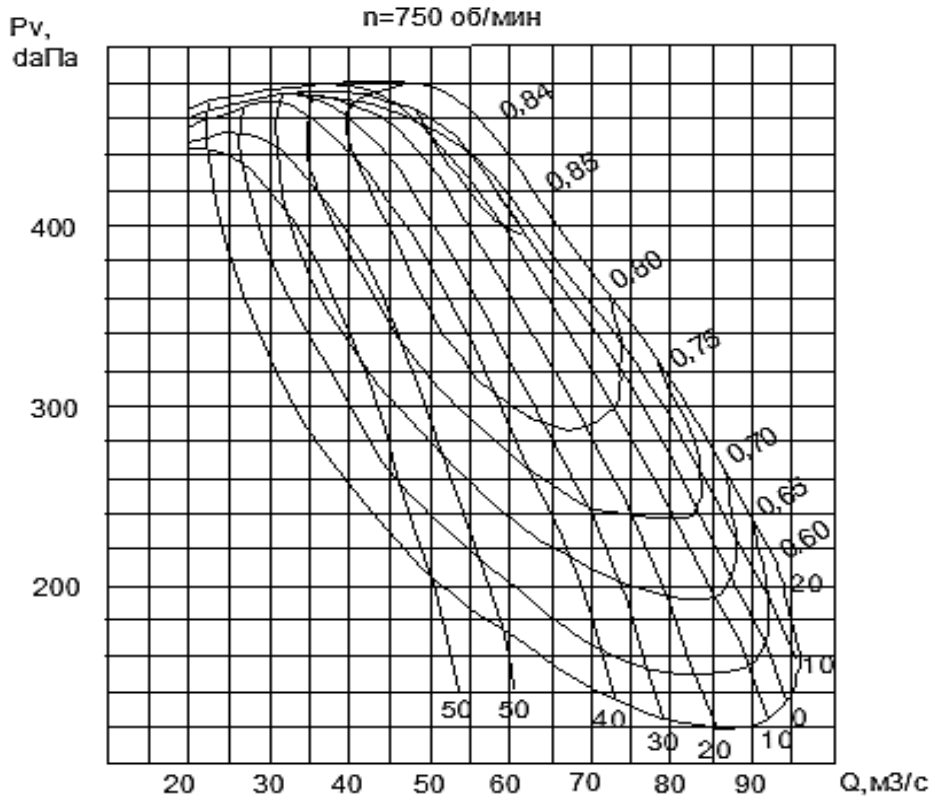


Рис.4.1. Аэродинамическая характеристика вентилятора ВЦ-2

Таблица 4.16. Рабочие параметры вентиляторов

Место установки вентилятора	Тип вентиляторов (количество рабочих; количество резервных)	Число оборотов, об/мин	Угол установки направляющего аппарата, град.	Производительность вентиляторной установки, $м^3$/мин	Количество внешних утечек, $м^3$/мин	Количество воздуха поступающего в шахту, $м^3$/мин	Депрессия вентиляторов, даПа
I период							
Шурф №3	ВЦ-25 (2;1)	750	0	8052	186,6	7752	328
II период							
Шурф №3	ВЦ-25 (2;1)	750	0	8467,7	301,6	8166,1	304
III период							
Шурф №3	ВЦ-25 (2;1)	750	0	8220	166	8054	310

На основании расчетов воздухораспределения по вентиляционной сети можно сделать вывод о должной эффективности проветривания с учетом должного резерва производительности 14% на рабочих вентиляторах.

Расчет депрессии горных выработок выполнен с учетом принятых настоящим проектом сечений, распределения воздуха по сети горных выработок и табличных коэффициентов аэродинамического сопротивления горных выработок. В результате выполненных расчетов депрессия шахты не превышает допустимую депрессию согласно «Руководству…» 450 даПа и составляет 146 даПа.

Технологические угольные комплексы на поверхности шахты расположены на основной промплощадке и на промплощадке наклонных фланговых стволов. Годовая мощность угольного комплекса принята в соответствии с мощностью шахты и составляет 4.0 млн.т. в год. Уголь выдаётся из шахты крупностью до 200 мм.

Технологический комплекс состоит из следующих основных зданий и сооружений: здания приводов штольни, открытого склада угля, здания сортировки, здания пункта погрузки, обогатительного модуля. Выдача горной массы производится по фланговому конвейерному стволу, по наклонной галерее и складируется на открытом складе ФПП. Складирование породы осуществляется в непосредственной близости с конвейерным стволом. Объем штабеля породы ФПП равен 1000м³. Объем угольного склада ФПП составляет: основного-10300 т, резервного-1000т. Уголь выдается на поверхность ленточным конвейером 2ПТ-120.

Основные горно-геологические параметры и проектные решения функциональной структуры ш. Талдинская-Западная 1, выбранные и обоснованные с использованием разработанных автором методических положений в области вскрытия, подготовки, системы разработки, очистных работ, транспорта, вентиляции, технологического комплекса поверхности представлены на рис. 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 ниже.

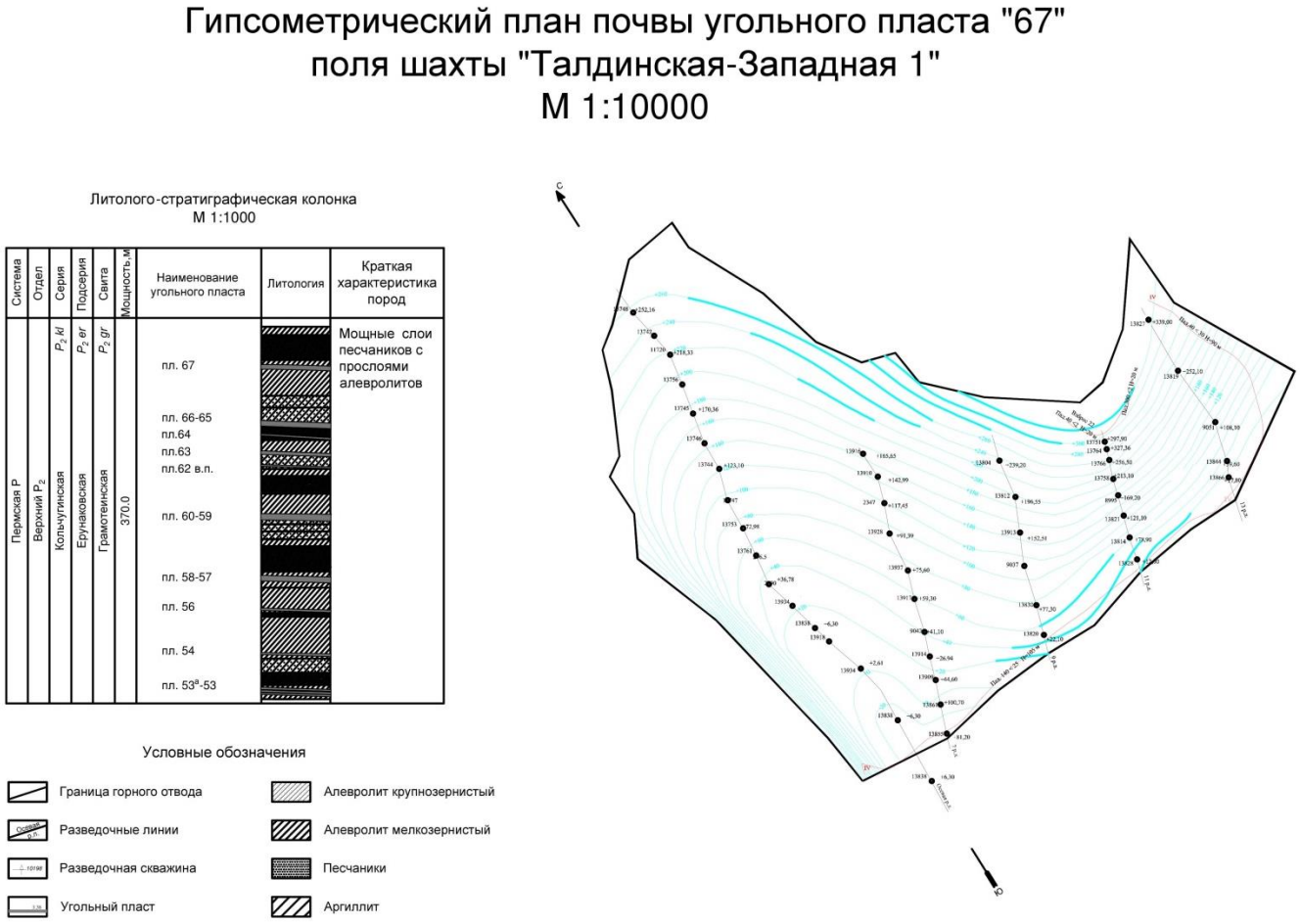
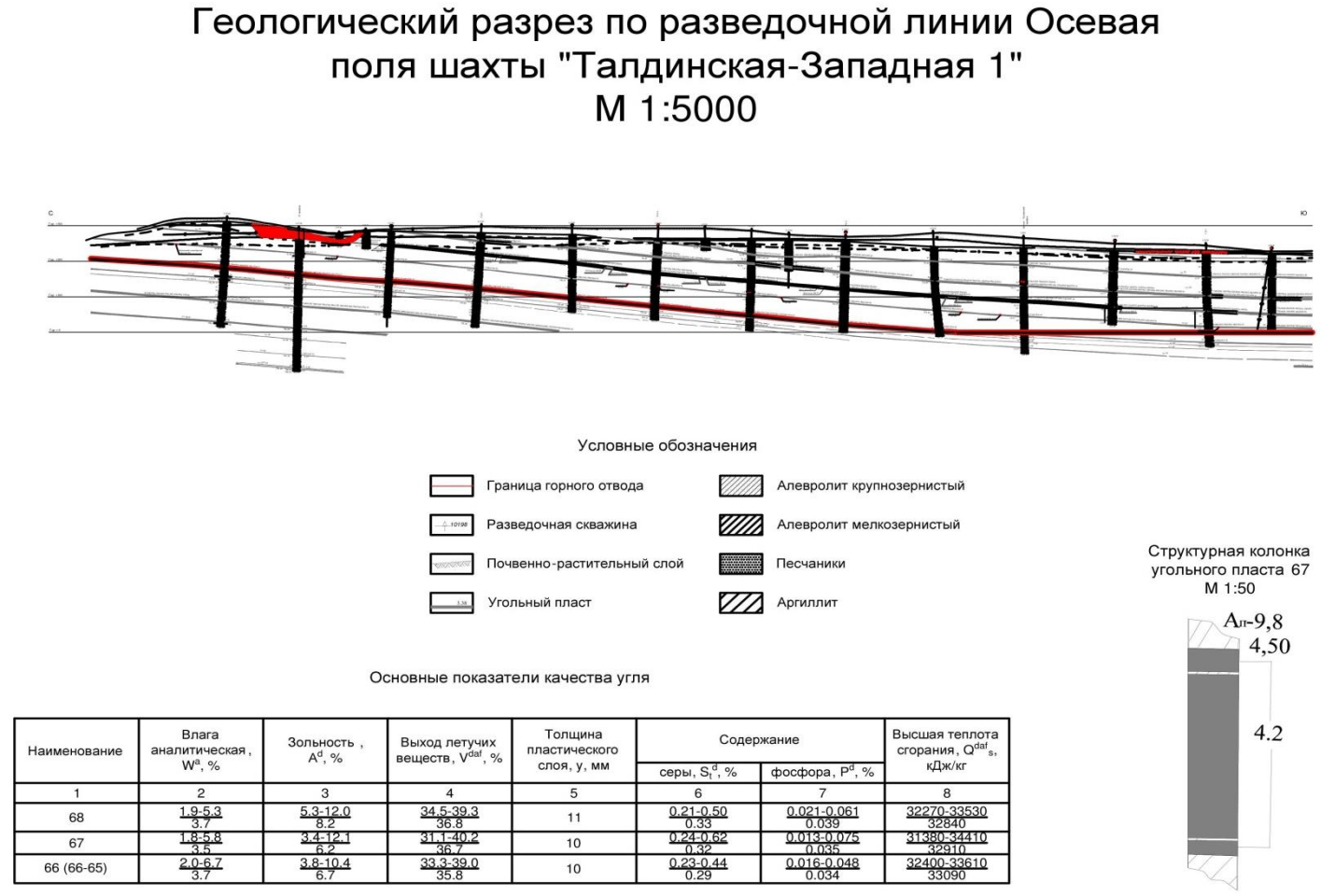


Рис.4.2. Гипсометрический план почвы угольного пласта «67» поля шахты «Талдинская-Западная 1»



Наименование	Влага аналитическая, W^a, %	Зольность, A^d, %	Выход летучих веществ, V^{daf}, %	Толщина пластического слоя, у, мм	Содержание		Высшая теплота сгорания, Q^{daf}_s, кДж/кг
					серы, S_t^d, %	фосфора, P^d, %	
1	2	3	4	5	6	7	8
68	1.9-5.3 3.7	5.3-12.0 8.2	34.5-39.3 36.8	11	0.21-0.50 0.33	0.021-0.061 0.039	32270-33530 32840
67	1.8-5.8 3.5	3.4-12.1 6.2	31.1-40.2 36.7	10	0.24-0.62 0.32	0.013-0.075 0.035	31380-34410 32910
66 (66-65)	2.0-6.7 3.7	3.8-10.4 6.7	33.3-39.0 35.8	10	0.23-0.44 0.29	0.016-0.048 0.034	32400-33610 33090

Рис.4.3. Геологический разрез по разведочной линии «Осевая» поля шахты «Талдинская-Западная 1»

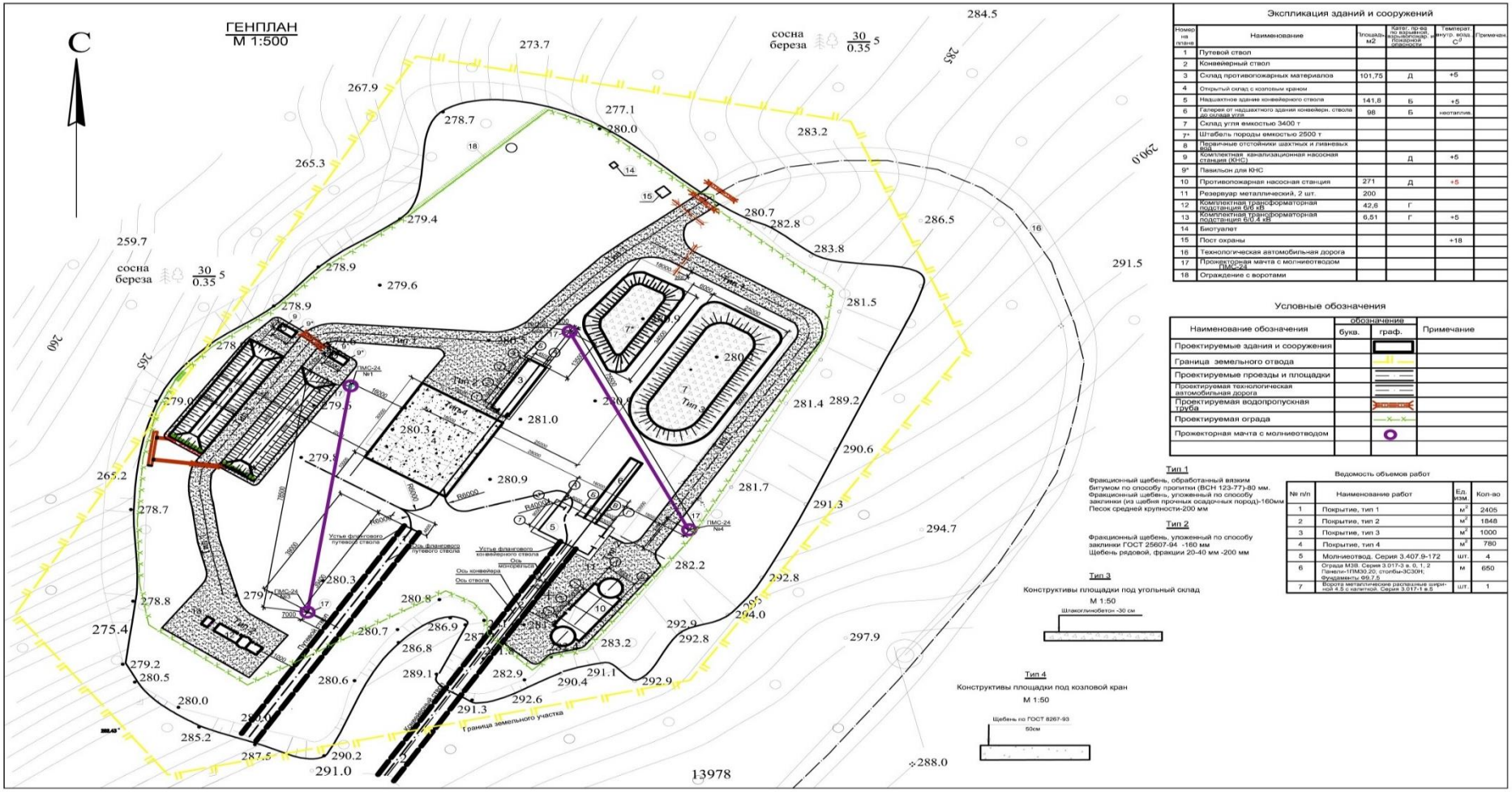


Рис.4.4. Генеральный план поверхности

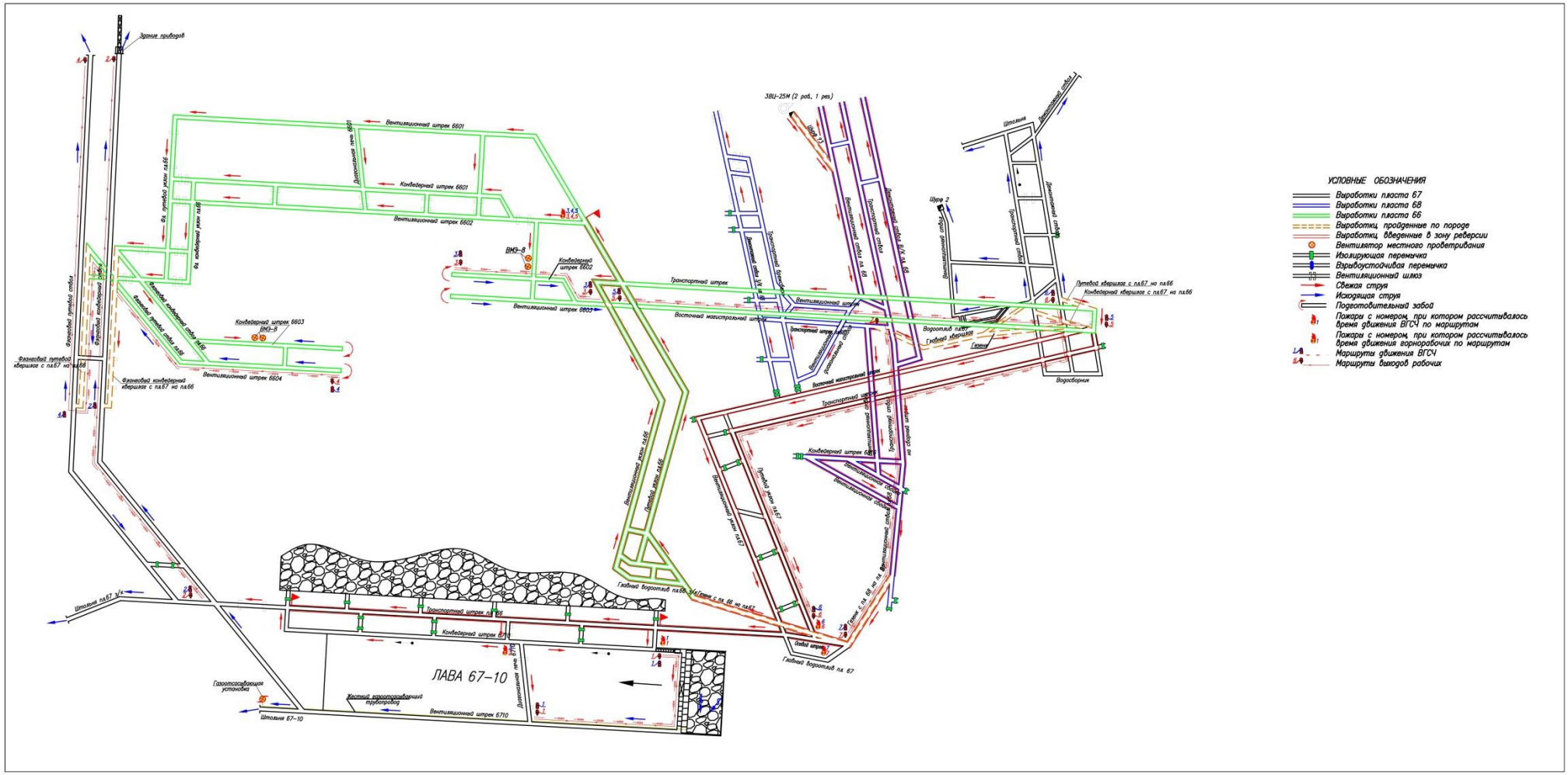


Рис.4.5. Вскрытие пласта «67» поля шахты «Талдинская-Западная 1»

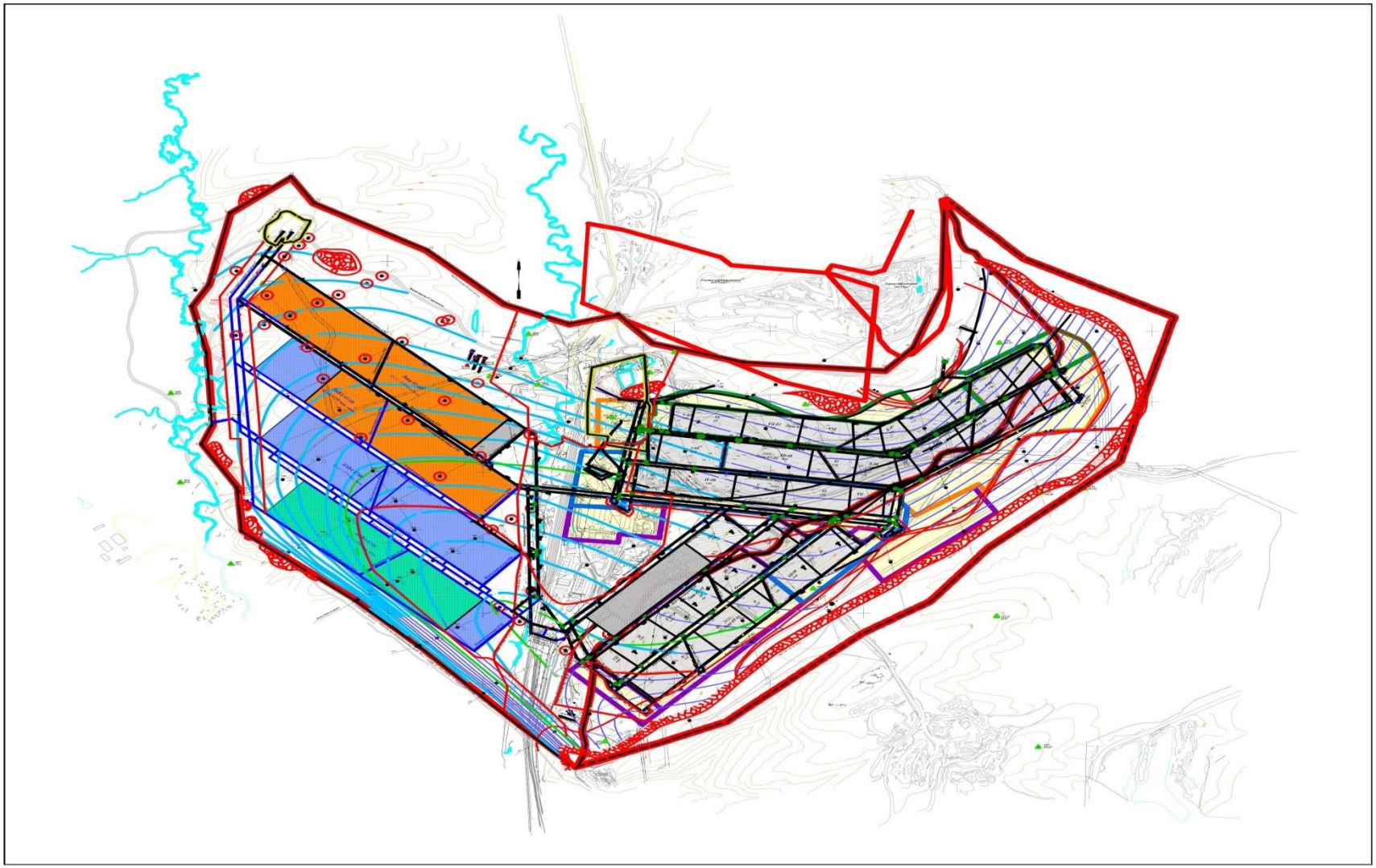


Рис.4.6. Схема подготовки технологической структуры «шахта-лава»

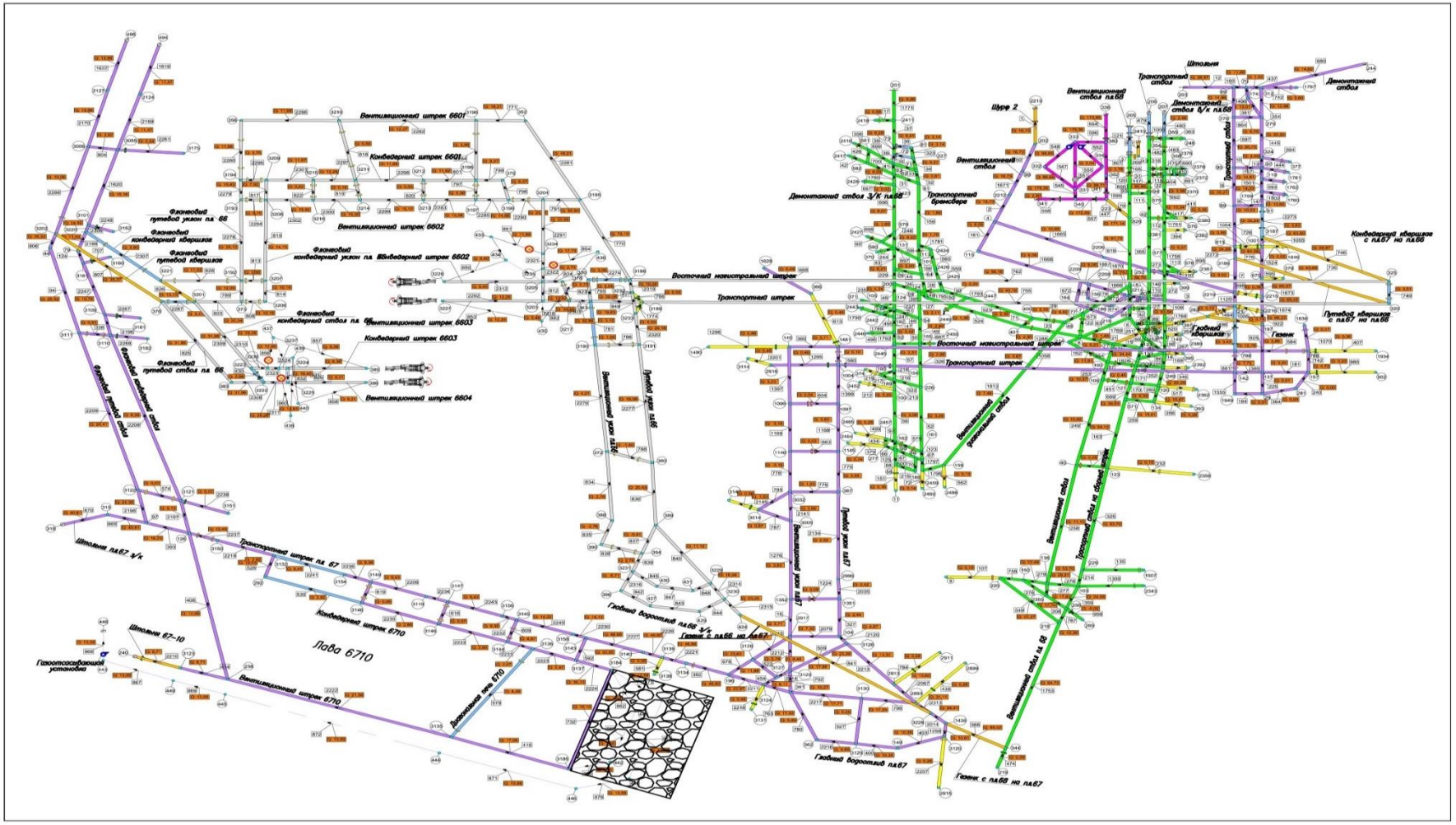
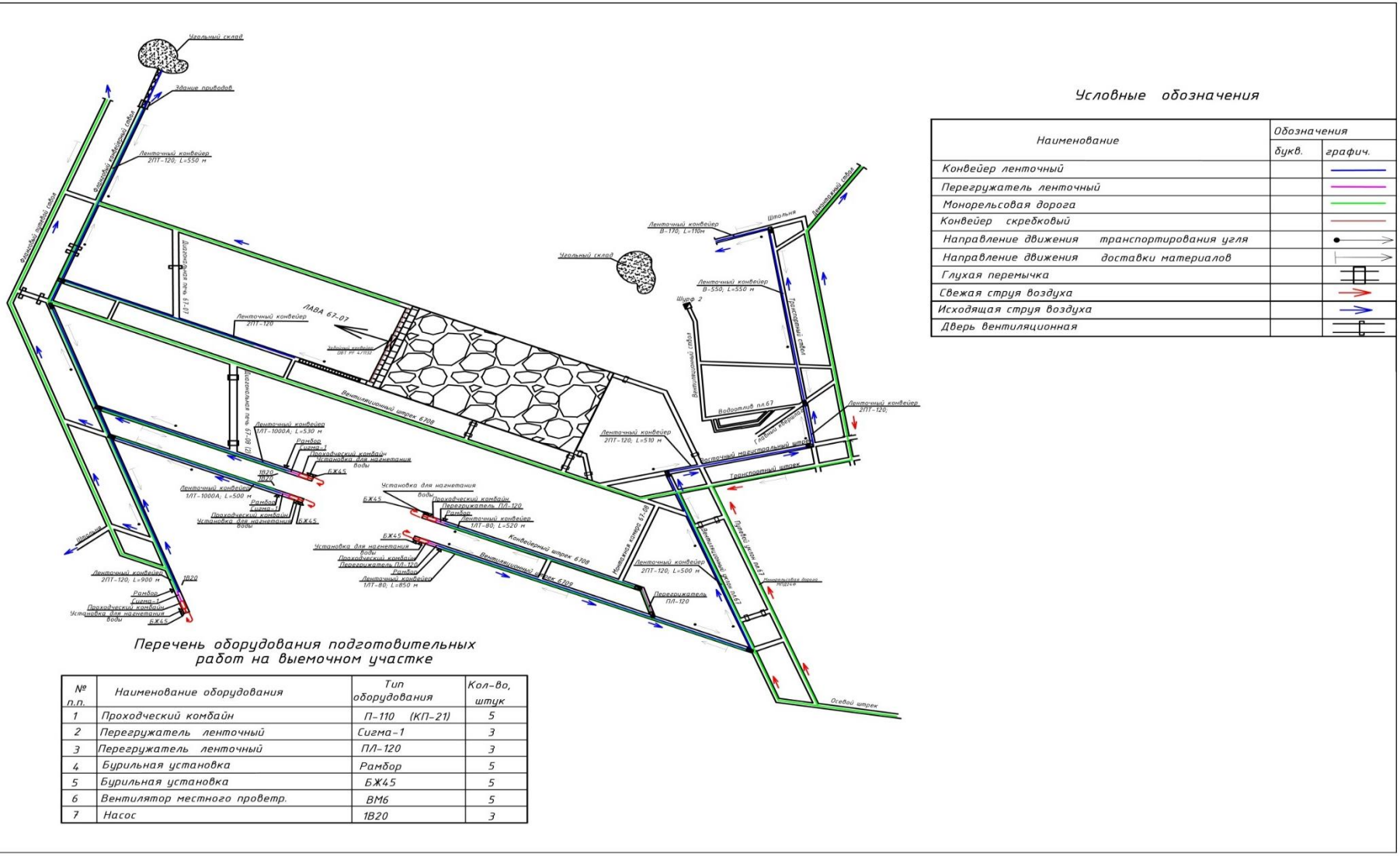


Рис.4.7. Схема вентиляции шахты «Талдинская-Западная 1»



Условные обозначения

Наименование	Обозначения	
	букв.	графич.
Конвейер ленточный		
Перегружатель ленточный		
Монорельсовая дорога		
Конвейер скребковый		
Направление движения транспортирования угля		
Направление движения доставки материалов		
Глухая перемычка		
Свежая струя воздуха		
Исходящая струя воздуха		
Дверь вентиляционная		

Перечень оборудования подготовительных работ на выемочном участке

№ п.п.	Наименование оборудования	Тип оборудования	Кол-во, штук
1	Проходческий комбайн	П-110 (КП-21)	5
2	Перегружатель ленточный	Сигма-1	3
3	Перегружатель ленточный	ПЛ-120	3
4	Бурильная установка	Рамбор	5
5	Бурильная установка	БЖ45	5
6	Вентилятор местного проветр.	ВМ6	5
7	Насос	1В20	3

Рис.4.8. Схема транспорта шахты «Талдинская-Западная 1»

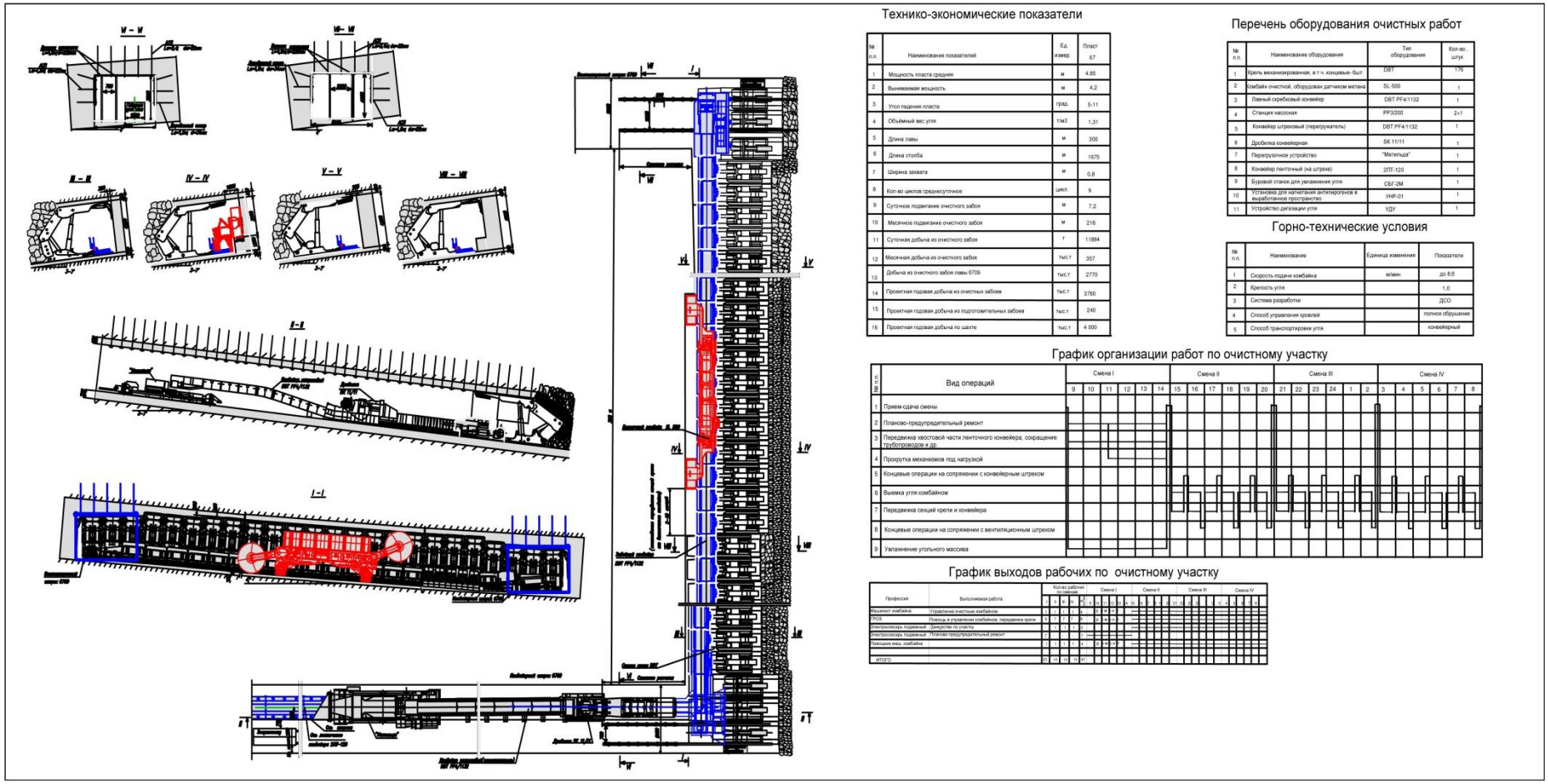


Рис.4.9. Технология, механизация и организация ведения очистных работ

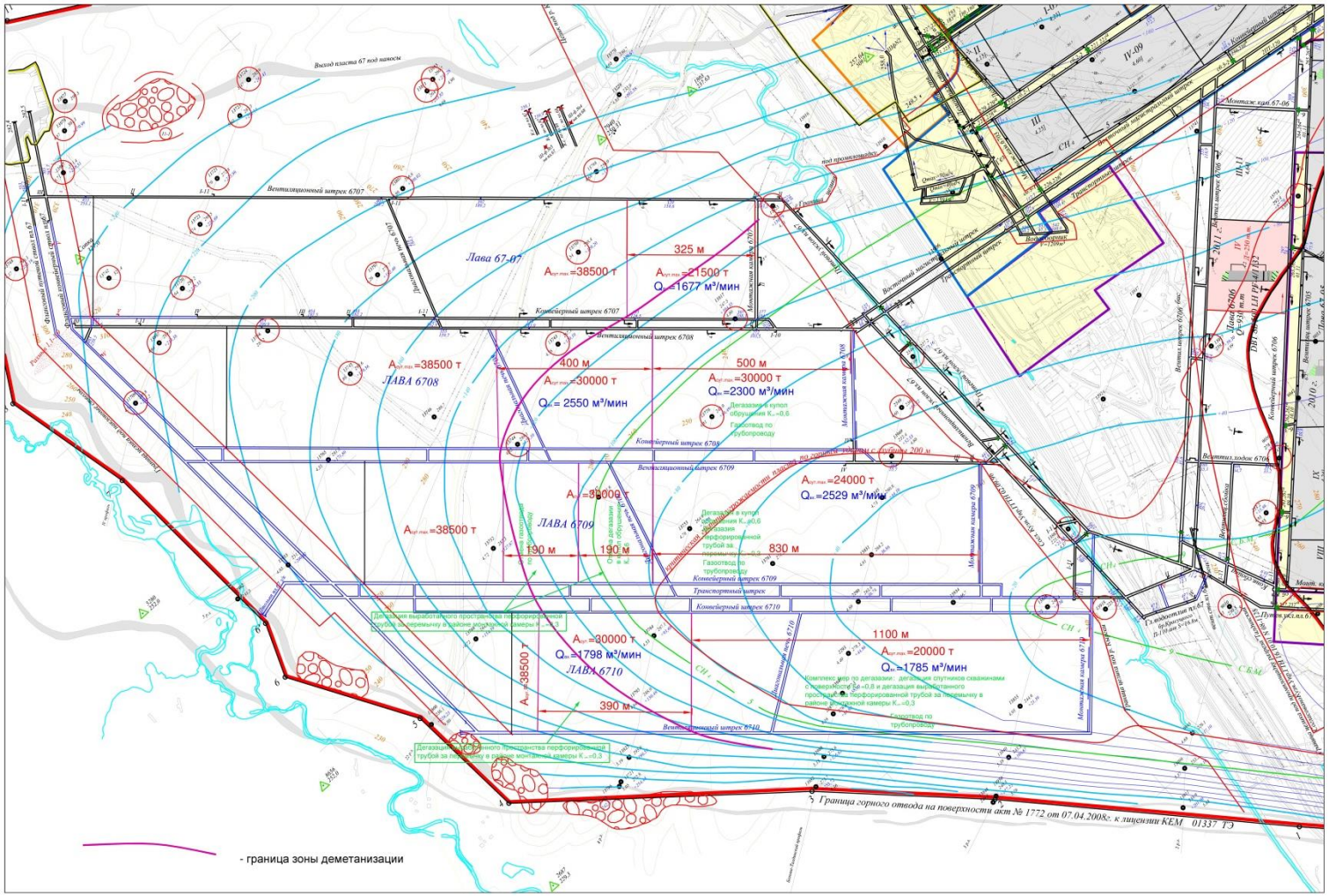


Рис.4.10. Календарный план отработки запасов западного крыла шахты «Талдинская-Западная 1»

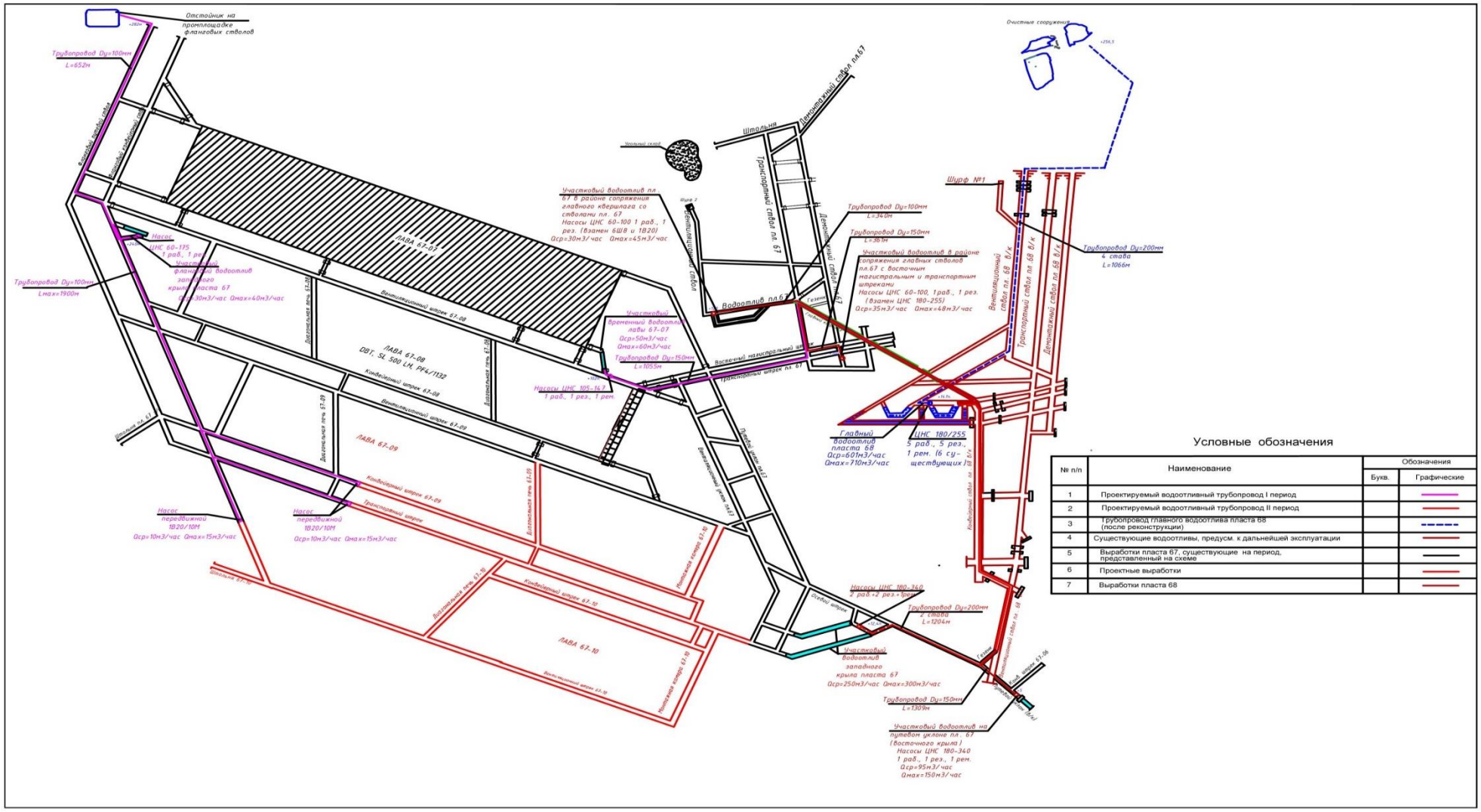


Рис.4.11. Схема водоотлива шахты «Талдинская-Западная 1»

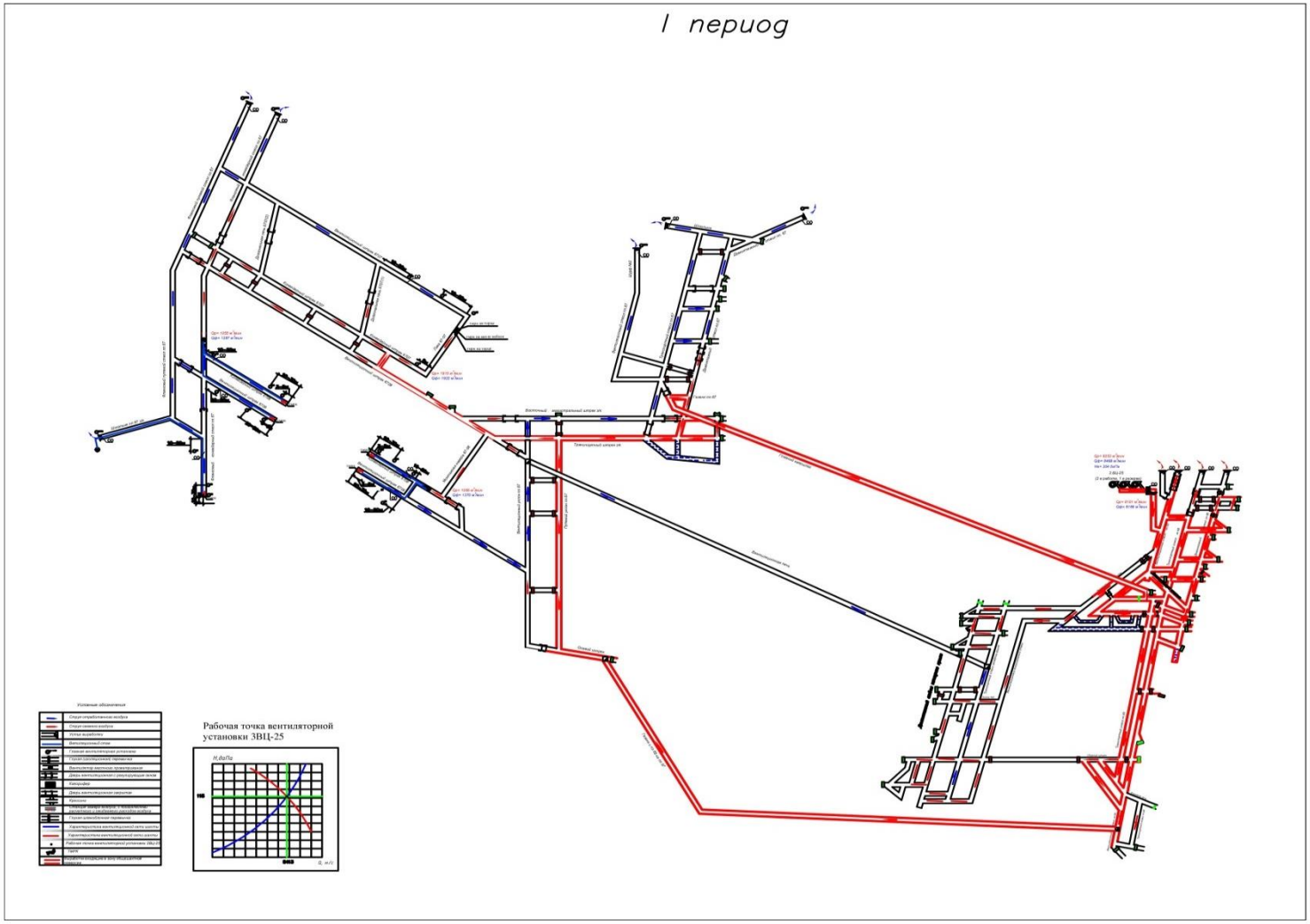


Рис.4.12. Схема проветривания шахты в 1 период развития горных работ

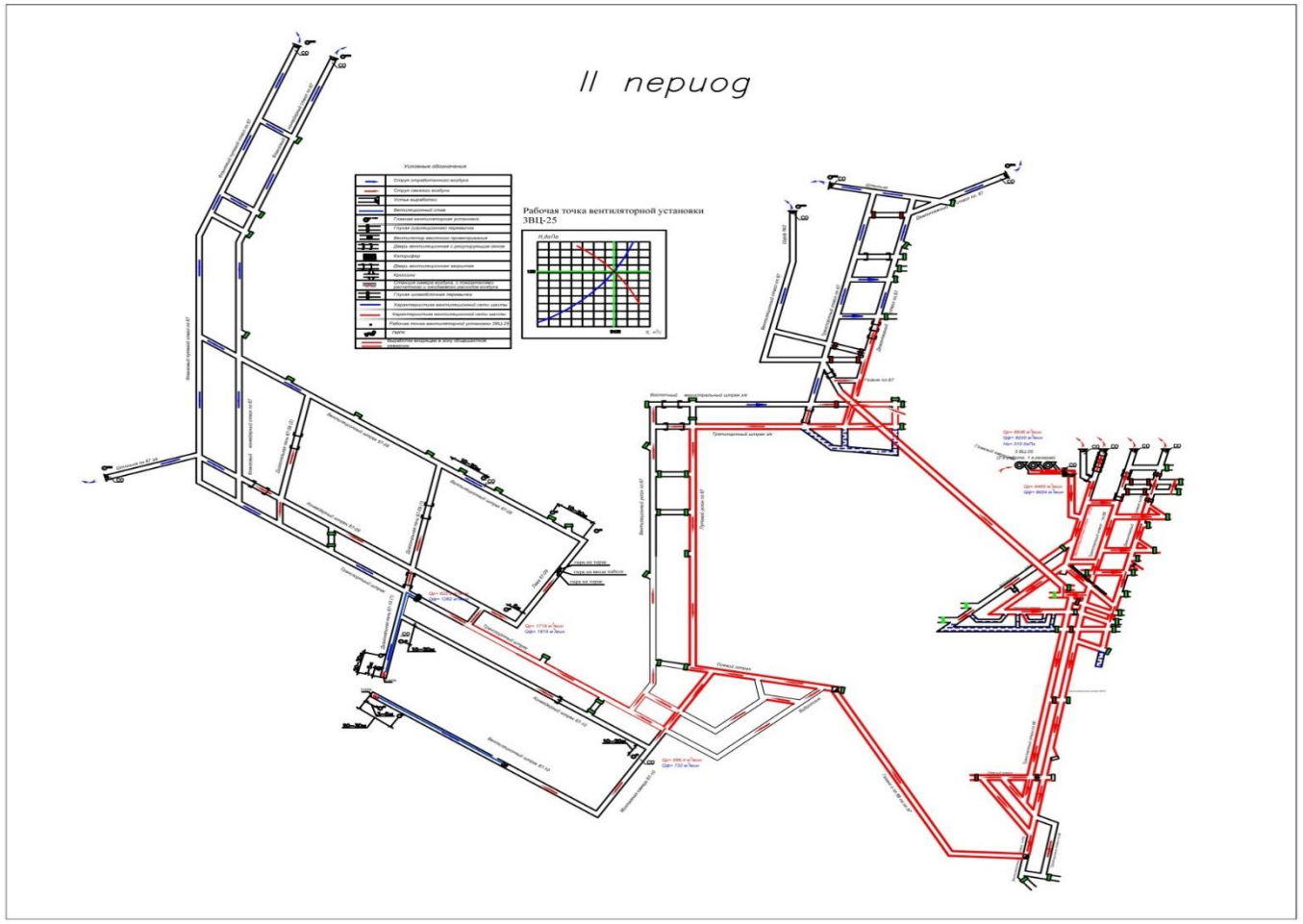


Рис.4.13. Схема проветривания шахты во 2 период развития горных работ

4.3. Экономическая эффективность вариантов отработки запасов

Технико-экономические расчеты адаптированы к основным методическим рекомендациям по оценке инвестиционной привлекательности проектов в угольной отрасли.

Отработка запасов предусматривается шахтой «Талдинская-Западная 1» с производственной мощностью – 4 млн. т в год.

Экономические расчеты выполнены согласно принятым проектным решениям.

Численность трудящихся шахты рассчитана с учетом принятых технологических решений по годам рассматриваемого периода. Откорректирован расчет численности рабочих на очистных и подготовительных работах на количество забоев с учетом применяемой системы отработки запасов, подземных рабочих внутришахтного транспорта, рабочих участка вентиляции и ТБ на изменение объемов выполняемых работ, количества применяемого оборудования и зон его обслуживания.

В таблице 4.17 в сводном виде приведен явочный и списочный состав работающих по категориям и процессам производства.

Таблица 4.17

Категории работающих	Численность, чел.	
	Явочный состав	Списочный состав
Подземные рабочие	253	466
Поверхностные рабочие	115	168
Итого рабочих на шахте	368	634
ИТР	65	85
Численность промышленно–производственного персонала	433	719

Инвестиционная программа за рассматриваемый период включает в себя капитальные вложения на вскрытие, подготовку и отработку запасов участка недр и затраты на текущую замену оборудования.

Горно-капитальные работы. На протяжении всего рассматриваемого периода в инвестиционной программе отражены капитальные вложения на проведение горных выработок по пластам, находящимся в отработке.

В настоящей работе создание ***оборотного капитала*** не предусматривается, так как шахты являются действующими предприятиями с необходимым запасом оборотных средств. Сметная стоимость строительства представлена в таблице 4.18.

Таблица 4.18. Сводный сметный расчет стоимости строительства

Проект отработки западного крыла шахты " Талдинская-Западная 1"ОАО " СУЭК-Кузбасс".

Составлен в ценах 4 кв. 2009 г.

Номер	Сметное обоснование	Главы затрат с учетом объемов	Стоимость отдельных элементов по смете, тыс.руб.					Обобщающая стоимость по смете, тыс.руб.
			горных работ	строительных	монтажных	оборудования	прочие	
1	2	3		4	5	6	7	8
		Глава 1.Проведение работ по подготовке территории						
1.	п.4.3 П110.04-8-8-1 т.8 кн.1	Затраты по изъятию земли всех видов землепользования					1878,500	1878,500
2.	Договор № 66/09-11 от 16июля 2009г.	Аренда за временное пользование лесными участками					669,117	669,117
		Итого по главе 1.	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**2 547,617**	**2 547,617**
		Глава 2. Объекты инвестирования						
3.	Сметный расчет затрат П110.04-3-ГПР-1	Горнопроходческие работы по вскрытию флангового конвейерного ствола, флангового путевого ствола, центрального путевого уклона и др.	413174,929	2940,341				416115,270
4.	Объектный сметный расчет П110.04-6-0	Откатка в шахте		16510,758	4040,609	185447,79		205999,156

5.	Объектный сметный расчет П110.04-5-0	Подъем		8696,759	1458,476	444,801		10600,036
6.	Объектный сметный расчет П110.04-7-0	Откатка по поверхности		17134,716				17134,716
7.	Объектный сметный расчет П110.04-8-0	Погрузочно-складское хозяйство		3779,680	290,255	11,58		4081,515
		Итого по главе 2	**413 174,93**	**49 062,25**	**5 789,34**	**185 904,17**	**0,00**	**653 930,69**
		Глава 3. Подсобного и обслуживающего назначения						
8.	Объектный сметный расчет П110.041-9-0	Водоотлив		841,661	43481,084	24369,063		68691,808
9.	Объектный сметный расчет П140.01-10-0	Вентиляция		0,000	0,000	0,00		0,000
10.	Объектный сметный расчет П110.04-12-0	Магазины и склады		6343,740	1007,369	4602,495		11953,604
11.	Объектный сметный расчет П110.04-12а-0	Блок административных зданий		199,146	5,306	0,304		204,756
12.	Объектный сметный расчет П110.04-12а-0	Техника безопасности и промсанитарии		5385,279	66933,127	1207,012		73525,418
		Итого по главе 3	**0,000**	**12769,826**	**111426,886**	**30178,874**	**0,000**	**154375,586**
		Глава 4. Энергетика						
13.	Объектный	Подземные и поверхностные подстанции		0,000	0,000	12173,890		12173,890

	сметный расчет П110.04-15-0							
14.	Объектный сметный расчет П110.04-16-0	Наружные объекты		9876,709	6703,870	0,000		16580,579
		Итого по главе 4.	**0,000**	**9876,709**	**6703,870**	**12173,890**	**0,000**	**28754,469**
		Глава 5. Транспорт и связь						
15.	Объектный сметный расчет П110.01-17-0	Автомобильные дороги		25006,432	0,000	0,000		25006,432
		Итого по главе 5.	**0,000**	**25006,432**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**25006,432**
		Глава 6. Водоснабжение, канализация, тепло- и газоснабжение						
16.	Объектный сметный расчет П110.04-19-0	Водоснабжение		28899,218	2171,322	1974,343	0,000	33044,883
17.	Объектный сметный расчет П110.04-20-0	Канализация		1514,772	0,000	4879,808	0,000	6394,580
		Итого по главе 6.	**0,000**	**30413,990**	**2171,322**	**6854,151**	**0,000**	**39439,463**
		Глава 7. Благоустройство						
18.	Объектный сметный расчет П140.01-22-0	Благоустройство		14234,792	0,000	20,029	0,000	14254,821
		Всего по главе 7.		**14234,792**	**0,000**	**20,029**	**0,000**	**14254,821**

		Всего по главам 1-7	**413 174,93**	**141 364,00**	**126 091,42**	**235 131,11**	**2 547,62**	**918 309,08**
		Глава 8 .						
		Здания и сооружения временного характера .						
19.	ГСН 81-05-01-2001 приложение 1 п.1.5.3	Здания и сооружения временного характера 3,2%		**4523,648**	**4034,925**	**0,000**	**0,000**	**8558,573**
		Всего по главам 1-8:	**413 174,93**	**145 887,65**	**130 126,34**	**235 131,11**	**2 547,62**	**926 867,65**
		Пункт 9.						
		<u>Прочее:</u>						
20.	ГСН 81-05-02-2001	Затраты на удорожание работ производимых в зимнее время 6,3% с к-0,9						
21.	ГСН 81-05-02-2001 табл. 4 п.12.3	а). Горизонтальные и наклонные выработки 6,7% с к-0,9 от прямых горных работ с учетом накладных и плановых накоплений	24914,45					24914,448
22.	ГСН 81-05-02-2001 табл. 4 п.1.3	б). Строительные и монтажные работы 6,3% с К-0,9		8271,830	7378,164			15649,993
23.	Постановление Минуглепрома СССР от 16.08.91 №22	Затраты на проведение текущего ремонта и поддержание горных выработок 5% от прямых и косвенных затрат с накладными расходами и сметной прибылью. 0,05*1,148*1,08	2834,78					2834,783

24.	Постановление Минуглепрома СССР от 16.08.91 №22	Затраты, связанные с изготовлением исполнительной,маркшейдерской и топогеодезической документации. а). Маркшейдерские работы по горизонтальным и наклонным выработкам. 15,0 т. р - стоимость 1 км выработок; 6,0*15,0*9,374					843,660	843,660
25.	Постановление Минуглепрома СССР от 16.08.91 №22	Геологическое обслуживание (13.0т.р.- стоимость обслуживания одного забоя за месяц) 4.0 з/м*13.0=52,0 т. р.; 52,0*5,942=308,984 тыс. руб.					308,984	308,984
26.	Постановление Минуглепрома СССР от 08.08.86 №98	Расходы, связанные с предоставлением отпусков рабочим, занятым в силикозоопасных забоях при производстве подземных горно-капитальных работ на строящихся шахтах -2,6% 310802,88*0,026=8080,875;					8080,875	8080,875
27.	МДС 81-35.2004г., прилож. 8 п. 9.9	Средства по покрытию затрат по добровольному страхованию работников, имущества и строительных рисков -3%					20675,67	20675,668
28.	расчет	Перевозка рабочих строительно-монтажных организаций автомобильным транспортом					7317,417	7317,417
29.	Письмо Госстроя России от 10.10.91г. №1-Д	Затраты, связанные с премированием за ввод в действие объектов-2,13%					6398,816	6398,816
		Всего по главе 9.	**27749,23**	**8271,83**	**7378,16**	**0,00**	**43625,42**	**87024,64**
		Всего по главам 1-9:	**440 924,16**	**154 159,48**	**137 504,51**	**235 131,11**	**46 173,04**	**1 013 892,30**
		Пункт 10.						
		Тех. надзор						

30.	Приказ Федерального агенства по строительству и ЖКХ от 15 февраля 2005г. № 36	Технадзор					11152,815	11152,815
		Итого по главе 10.					**11152,815**	**11152,815**
		Глава 12. Проектно-изыскательские работы						
31.	№110.04-1	Проектно- изыскательские работы					44022,621	44022,621
32.	МДС 81-35.2004г., прилож. 8 п. 12.3	Надзор авторов 0,2%					2027,785	2027,785
		Всего по главе 12:	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**46050,406**	**46050,406**
		Всего по главам 1-12:	**440 924,16**	**154 159,48**	**137 504,51**	**235 131,11**	**103 376,26**	**1 071 095,52**
33.	МДС 81-35.2004г.	Непредвиденные 3%	**13 227,72**	**4 624,78**	**4 125,14**	**7 053,93**	**3 101,29**	**32 132,87**
		Всего:	**454 151,88**	**158 784,27**	**141 629,64**	**242 185,05**	**106 477,55**	**1 103 228,39**
		в том числе СМР		**158 784,27**	**141 629,64**			**300 413,91**
		НДС 18%	**81 747,34**	**28 581,17**	**25 493,34**	**43 593,31**	**19 165,96**	**198 581,11**
		Всего с учетом НДС, тыс. руб:	**535 899,22**	**187 365,43**	**167 122,98**	**285 778,36**	**125 643,50**	**1 301 809,49**

Эксплуатационные затраты рассчитаны с учетом изменений и дополнений, действующих на момент обоснования проектных решений.

Расценки по ***вспомогательным материалам***, принятые для расчетов представлены в таблице 4.19.

Таблица 4.19

Наименование	Ед.изм.	
Лес	м3	2846,2
Взрывчатые вещества	кг	137
Металл при анкерном креплении	т	30000
Смола полиэфирная	кг	60
Запасные части условно-постоянные условно-переменные	 тыс.руб. руб./т	 91958,5 9,6
Прочие неучтенные материалы:		
1 группы	тыс.руб.	42798,5
2 группы	руб./т	26,4

Расчет ***затрат на электроэнергию*** произведен по соответствующим тарифам.

Работы производственного назначения определены с учетом корректировки на проектные объемы (табл. 4.20)

Таблица 4.20

Наименование	Ед.изм.	Сумма
		ш. Талдинская-Западная-1
Ремонтные работы условно-постоянные условно-переменные	 тыс.руб. руб./т	 96592,6 16,0
Монтаж-демонтаж лавы	тыс. руб./монтаж	18200
Рекультивация земель	тыс.руб./га	342,9
Прочие услуги 1 группы 2 группы	 тыс.руб. в год руб./т	 62001 3,3

Заработная плата за год трудящихся рассчитана исходя из штата и среднемесячной заработной платы, сложившейся на предприятии в размере 31,4 тыс. руб. в месяц. По годам расчетного периода с изменением производительности труда корректируется и средняя заработная плата (на 1% производительности – 0,3% заработной платы).

Отчисления в фонды внебюджетного характера составляют 34,5% (страховые взносы во внебюджетные фонды- 26%, страхование от несчастных случаев – 8,5%).

Амортизационные отчисления рассчитаны в соответствии с действующими законодательными документами.

Аренда основных средств. Фактически на рассматриваемой шахте «Талдинская-Западная 1» ОАО «СУЭК-Кузбасс» часть основных средств находится в аренде. В представленных экономических расчетах сложившийся уровень арендных платежей сохраняется на весь рассматриваемый период.

НДПИ принят по ставке 4%.

Экологические платежи и платежи за землю рассчитаны согласно данным радела «Охрана окружающей среды».

Расчет ***прочих и общепроизводственных затрат*** произведен на основе анализа фактических данных предприятия:

Таблица 4.21

Наименование	Ед.изм.	Сумма
		ш. №7
Прочие затраты		
1 группа	тыс. руб.	109813,3
2 группа	руб./т.	6,4
Общепроизводственные		
1 группа	тыс.руб. в год	177907,9
2 группа	руб./т.	4,8

Транспортные затраты включают в себя транспортировку угля до станции РЖД и составляют 92,0 руб. на 1 тонну товарной продукции.

Расчет эксплуатационных затрат отдельно по шахте представлен в таблице 4.22, графически представлен на рис. 4.14.

Таблица 4.22

Себестоимость 1 т товарной продукции, руб./т

Показатели	ш. Талдинская-Западная 1
Общие затраты	154,8
из них:	
- материалы вспомогательного назначения	68,2
- работы производственного назначения	56,1
- доля пункта «электроэнергия»	30,5
Расходы на заработную плату	68,3
Выплаты на социальную составляющую	23,6
Амортизация	135,4
Аренда	6,3
НДПИ	40,0
Экологические платежи	8,5
Прочие затраты	41,7
Общепроизводственные	50,8
Затраты на обогащение	0,0
Транспортные	92,0
Общие затраты	621,4

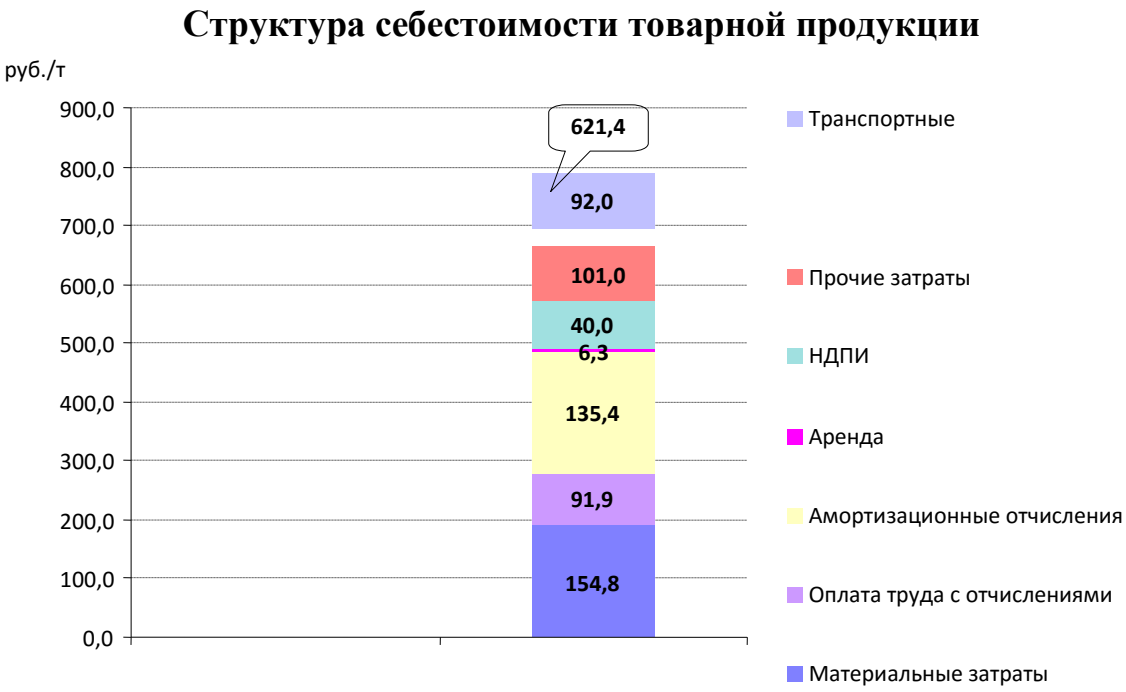


Рис.4.14.

Реализация товарной продукции планируется:

в рядовом виде – пласт 67.

Цены реализации товарной продукции приняты сложившимися на рынке угля за 3 предшествующих года и представлены в таблице 4.23.

Таблица 4.23

Марка	Направление поставок	Цена (FCA) по проекту, руб.	Базовое качество	Информационный источник
ДГ	Энергетика (экспорт)	1876	6000кКал	ИА "Металл Эксперт" информационное издание «Рынки угля»

Чистая прибыль рассчитана при учете следующих составляющих:

- налогообложение прибыли со ставкой 20%;
- налог в размере 2,2% среднегодовой стоимости имущества.

Эффективность коммерческого плана основывалась на использовании динамической составляющей на уровне 0%, 10%, 15%.

В расчетах показатели внутренней нормы доходности и периода окупаемости не определяются по причине отсутствия отрицательных значений сальдо потока денежных средств на каждом шаге рассматриваемого периода.

Бюджетный эффект определен как превышение доходов бюджета над его расходами в результате реализации проекта.

Риск является следствием неполной уверенности в достижении надежности прогнозирования внешних условий и расчетных характеристик самого проекта. К наиболее важным факторам риска относятся:

-развитие политической ситуации в стране;

-макроэкономические факторы;

-неподтверждение горно-геологических условий, данных в геологическом отчете;

-неточность исходных данных, использованных при расчетах.

Влияние всех вышеперечисленных факторов может привести к изменению в значениях, рассчитанных в проекте.

Оценка рисков проекта осуществлялась с применением анализа чувствительности и учетом финансовых результатов проекта (отклонения до 30%). Индикатором интегрального показателя принят NPV (Ен=10%).

Вводимые идентификаторы :

а) количество добытого ископаемого;

б) капитальные вложения;

в) себестоимость добычи;

г) цена реализации угля.

Анализ чувствительности проекта показывает, что проект имеет достаточно большой запас прочности. При изменении любого предложенного фактора на 30% проект остается коммерчески эффективным.

Основные технико-экономические показатели отработки оцениваемых запасов представлены в таблице 4.24. Выполненные технико-экономические

расчеты показывают, что при заданных условиях и ценах за расчетный период в проекте достигаются достаточно высокие показатели, характеризующие эффективность отработки оцениваемых запасов:

- уровень среднемесячной производительности труда составляет:

работы подземного назначения 715,3 т/мес

работы, связанные с добычей угля 525,7 т/мес

общие работы, связанные с добычей угля 463,6 т/мес;

- рентабельность производственной деятельности – **127,5%**;

- чистый дисконтированный доход положительный на каждом шаге рассматриваемого периода и за года составляет (при Ен=15%) - **11382,0 млн. руб.** В результате отсутствия отрицательных значений в чистом дисконтированном потоке невозможен расчет внутренней нормы доходности и периода окупаемости инвестиционных вложений. Инвестиционные вложения в полном объеме осваиваются за счет амортизационных отчислений и чистой прибыли;

- индекс доходности инвестиций – **8,7** (при нормативе >1).

Основные технико-технолого-экономические показатели, характеризующие эффективность проектных решений синтезированной функциональной структуры ш. Талдинская-Западная 1 отображены в табл.4.24.

Таблица 4.24

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Количественные и качественные составляющие
	Мощность шахты по проекту		
1	Объем выпуска товарной продукции в год:	тыс.т.	4000
2	Режим работы угледобывающего предприятия:		
	Годовой фонд рабочих дней	Ед.	357
	Суточный фонд смен по добыче угля	Ед.	3
	Часовая длительность смены:		
	подземная составляющая	Ед.	6
	поверхностная составляющая	Ед.	8
	Характеристика угольных запасов		
1	Назначение углей		энергетические
2	Марка угля		Д, ДВ
3	Пласты кондиционной мощности	шт	3
	в т.ч. вовлекаемых в отработку в первую очередь	шт	1
4	Основополагающие кондиции :		

	мощность	м	1,0
	зольность	%	30
5	Суммарная мощность (интервал изменения) рабочих пластов		
	обобщающая	м	12,93-19,23
	имеющая полезное значение	м	12,25-18,6
6	Средневзвешенный угол падения		
	интервал изменения	град	5-22
	преобладающий	град	12
	пласта первоочередной отработки	град	11
7	Характеристика качества угольных запасов:		
	средневзвешенная зольность	%	6,2-8,2
	составляющая рабочей влаги (интервал изменения)	%	1,9-6,1
	составляющая серы	%	0,229 – 0,33
	составляющая выход летучих	%	35,8-36,8
	теплотворная способность угля	МДж/кг	26,3-27,2
	составляющая толщины пластического слоя	мм	10
8	Газовая составляющая (газообильность шахты)		
	Отнесение шахты к категории по метану		I
	дебит метана в пересчете на 1т добытого угля	$м^3/т$	5-10
9	Геопространственные размеры месторождения		
	длина вкрест простирания	м	3105
	длина по простиранию	м	4830
10	Балансовые и промышленные запасы (пл.66)		
	Балансовые запасы	тыс. т	51092
	промышленные	тыс. т	27931
	Запасы пласт 68:	.	
	балансовые	тыс. т	16890
	промышленные	тыс. т	1167
	Запасы пласт 67:		
	балансовые	тыс. т	44903
	промышленные	тыс. т	23770
	в том числе по западному крылу- балансовые	тыс. т	20878
	промышленные	тыс. т	11210
11	Отметка максимальной глубины отработки запасов	м	260
12	Отметка глубина заложения горизонта 1	м	140
	Вскрытие		
1	Способ		Наклонное
2	Порядок отработки запасов		Нисходящий
3	Глубина разработки	м	70-230
	Подготовка		
1	Схема подготовки технологических структур		Шахта-лава
2	Порядок отработки выемочных полос		Нисходящий
3	Количество пластов, вовлекаемых в одновременную отработку для освоения проектной мощности	шт	1
5	Рабочая мощность угольных пластов, на момент освоения проектной мощности	м	4,2
	Подъем		
1	Назначение подъема		Грузо-людской
2	Тип подъемной машины		Дорога монорельсовая ДП 155У
3	Число подъемов	шт.	2 Фланговый путевой ствол Демонтажный ствол Пл.67
	Стволы		
1	Вид крепи		Арочная из СВП Анкерная
2	Длина наклонных стволов ОПП	м	670-1940

	Длина наклонных стволов ФПП	м	1400-1900
Технология, механизация и организация ведения очистных и подготовительных работ			
1	Система разработки		Длинными столбами
2	Очистной механизированный комплекс		DBT. SL-500
3	Производительность комбайна	тыс.т/мес	313,3
4	Управление кровлей		С полным обрушением
5	Длина лавы	м	300
6	Число лав		1
7	Подвигание линии очистных забоев	м/год	2280
8	Нагрузка на забой	т/сут	12129
9	Эксплуатационные потери	%	29,7
10	Удельный объем проведения горных выработок:	м/1000 т.с.д.	2,7
11	Механизация подготовительных работ		КП-21, П-11О
12	Среднемесячная производительность проходческих машин (расчетная)	м	200
Закладочное хозяйство			
1	Способ закладки		-
Транспорт			
1	Модификации конвейеров для транспортирования угля		- 2П-120, В 550, В 170, 1ЛТ-80, 2ЛЛТ-1000А, 1ЛТ-1000А
2	Полная конвейеризация доставки угля от очистного забоя до поверхности		присутствует
2	Вид подъема по наклонным выработкам		дизелевоз по монорельсовой подвесной дороге
Вентиляция			
1	Схема проветривания		Центрально-фланговая
2	Способ проветривания		нагнетательный
3	Количество воздуха, подаваемого в шахту	$м^3/с$	135,02
4	Рабочая депрессия		
	Мин.		304
	Макс.	даПа	310
5	Стволы воздухоподающего назначения		1
6	Вентилятор главного проветривания		ВЦ-25
7	производительность ВГУ		
	- основная площадка	$м^3/с$	136,1017
Водоотлив			
1	Водообильность:		
	Нормальный водоприток	$м^3$/час	601
	максимальный водоприток	$м^3$/час	710
3	Насосы главной водоотливной установки		
	тип		ЦНС 180-255
	производительность	$м^3$/час	180
	количество	шт	11
4	Насосы участковых водоотливных установок		
	тип		ЦНС 60-175, ЦНС 105-147 ЦНС 300-340
	производительность	$м^3$/час	60,105,300

	количество	шт	2, 3, 5
	Промышленные здания и сооружения		
1	Общий строительный объем зданий и сооружений	$м^3$	4317
	Электроснабжение		
1	Установленная мощность трансформаторов	кВа	5000
2	Расходная часть	тыс.кВт ч/год	32 130
3	Удельный вклад в эксплуатационные издержки	кВт ч/т	8,033
	Водоснабжение		
1	Источники технологического и хозяйственно-бытового водоснабжения	технологическая хоз-бытовая	Очищенная шахтная вода Подземные источники
	Генеральный план и внешний транспорт		
1	Размер фланговой промплощадки	га	2,4
2	Плотность застройки	%	33
3	Протяженность линии электропередач	км	2х2,9
4	Протяженность тепловых сетей	м	-
5	Протяженность водопроводных сетей	м	200
6	Протяженность сетей канализации	м	3810
7	Протяженность ж/д путей нормальной колеи	м	-
8	Протяженность автодорог	м	1780
	Меры по охране окружающей среды и рационализация природопользования		
1	Водные ресурсы:		
	составляющая сброса сточных вод	млн.$м^3$/г	0,193236
	в т.ч. очищенных согласно нормативу	млн.$м^3$/г	0,193236
	составляющая процедуры биологической очистки	млн.$м^3$/г	0,193236
	составляющая физико-хим.очистки	млн.$м^3$/г	0,193236
2	Воздушный бассейн		
	Составляющая источников загрязнения стационарного характера	тыс.т/г	1,885
	Уровень улавливаемых веществ	тыс.т/г	-
3	Земельные ресурсы:		
	рекультивация	га	1,65
	объем плодородного слоя, снимаемого в период эксплуатации	га (тыс.$м^3$)	11,73(35,19)
	аренда земельных участков, существующего и испрашиваемых по дополнению.	млн. руб	0,669
4	Минеральные ресурсы:		
	Минеральные ресурсы:	тыс.т/г	Попутно добываемые минеральные ресурсы отсутствуют.
	Штат трудящихся и уровень производительности труда		
I.	I. Всего трудящихся по категориям	чел.	719
А.	Всего в категории «рабочие»	-"-	634
1.	Всего в категории «Рабочие на подземных работах»	-"-	466
	- очистные работы	-"-	87
	- подготовительные работы	-"-	100
	- подземный транспорт	-"-	155
	- прочие подземные работы	-"-	95
2	Рабочие на поверхности	-"-	168
Б	Руководители, специалисты, служащие	-"-	85
	Производительность труда ППП	тонн/чел	463.6

Инвестиционные вложения и продолжительность строительства			
1	Инвестиции в строительство угледобывающего предприятия (сметная стоимость), в т.ч. СМР	млн.руб млн.руб	1301,809 353,511
2	Продолжительность строительства предприятия	лет	2

Таким образом, практическая аппробация методики и алгоритма формирования и синтеза рациональных вариантов и комплексного обоснования высокопродуктивных и прогрессивных технологических схем угольных шахт на базе результатов проведенных исследований, изложенных в предыдущих разделах, проведена применительно к Чертандинскому каменноугольному месторождению и шахте Талдинская-Западная 1. После завершения синтеза основных проектных решений была проведена оценка результатов верификации метода.

В 2010 году институтом «Гипроуголь» был выполнен аналогичный проект, который выбран как альтернативный вариант для сравнения с синтезированной схемой [90].

Сравнительная характеристика обобщенных коэффициентов эффективности альтернативных вариантов отработки приведена в таблице 4.25.

Анализ представленных данных однозначно интерпретирует сходимость полученных проектных решений в результате моделирования синтезированной технологической схемы и выбора основных проектных решений современными проектными организациями, однако предлагаемый синтезированный вариант технологической схемы отработки запасов обладает большей прогрессивностью и экономичностью, что подтверждается количественными значениями комплексных показателей технологической и экономической эффективности (1,297, 1.345 и 1.112, 1.168) и интегральным показателем эффективности технологической схемы (8,191 и 8.659).

Таблица 4.25. Сравнительная характеристика обобщенных коэффициентов эффективности альтернативных вариантов отработки запасов Чертандинского каменноугольного месторождения

Номер уровня и элемента технологической схемы	**Рекомендуемый вариант**	**Проектный вариант института Гипроуголь**
ТСО	$ТСО_3$ - 0.487	$ТСО_3$ – 0.487
ТС1	$ТС1_3$ – 0.248 супердинамическая система	$ТС1_2$ – 0.345 шахта нового технического уровня
ТС2	$ТС2_2$ – 0.278	$ТС2_2$ – 0.278
ТС3	$ТС3_1$ – 0.234	$ТС3_1$ – 0.234
ТС4	$ТС4_2$ – 0.178	$ТС4_2$ – 0.178
$ТС4_2$	$ТС4_{21}$ – 0.112	$ТС4_{21}$ – 0.112
$ТС4_3$	$ТС4_{34}$ – 0.108	$ТС4_{34}$ – 0.108
$ТС4_4$	$ТС4_{44}$ – 0.082	$ТС4_{44}$ – 0.082
ТС5	$ТС5_1$ – 0.456	$ТС5_1$ - 0.456
ТС6	$ТС6_2$ – 0.324	$ТС6_2$ – 0.324
ТС7	$ТС7_4$ – 0.389	$ТС7_4$ – 0.389
$ТС7_2$	$ТС7_{22}$ – 0.212	$ТС7_{22}$ – 0.212
$ТС7_3$	$ТС7_{33}$ – 0.186	$ТС7_{33}$ – 0.186
$ТС7_4$	$ТС7_{41}$ – 0.129	$ТС7_{41}$ – 0.129
$ТС7_5$	$ТС7_{52}$ – 0.068	$ТС7_{52}$ – 0.068
ТС8	$ТС8_5$ – 0.054	$ТС8_5$ – 0.054
$ТС8_2$	$ТС8_{23}$ – 0.167	$ТС8_{23}$ – 0.167
$ТС8_3$	$ТС8_{32}$ – 0.186	$ТС8_{32}$ – 0.186
$ТС8_4$	$ТС8_{41}$ – 0.212	$ТС8_{41}$ – 0.212
$ТС8_5$	$ТС8_{51}$ – 0.195	$ТС8_{51}$ – 0.195
ТС9	$ТС9_2$ – 0.487	$ТС9_2$ – 0.487
$ТС9_2$	$ТС9_{23}$ – 0.344	$ТС9_{23}$ – 0.344
$ТС9_3$	$ТС9_{31}$ – 0.287	$ТС9_{31}$ – 0.287
$ТС9_4$	$ТС9_{42}$ – 0.169	$ТС9_{42}$ – 0.169
$ТС9_5$	$ТС9_{51}$ - 0.112	$ТС9_{51}$ - 0.112
$ТС9_6$	$ТС9_{61}$ – 0.134	$ТС9_{61}$ – 0.134
$ТС9_7$	$ТС9_{71}$ – 0.149	$ТС9_{71}$ – 0.149
$ТС9_8$	$ТС9_{82}$ – 0.212	$ТС9_{82}$ – 0.212
$ТС9_9$	$ТС9_{93}$ – 0.285	$ТС9_{93}$ – 0.285
$ТС9_{10}$	$ТС9_{101}$ – 0.189	$ТС9_{101}$ – 0.189
$ТС9_{11}$	$ТС9_{112}$ – 0.293	$ТС9_{112}$ – 0.293
ТС10	$ТС10_2$ – 0.383 импортное	$ТС10_3$ – 0.412 смешанной комплектации
$ТС10_{21}$	$ТС10_{21}$ – 0.185 Джой	$ТС10_{21}$ – 0.214 ДБТ
$ТС10_{22}$	$ТС10_{22}$ – 0.123 Джой КСП-33	$ТС10_{22}$ – 0.247 КСП-32
$ТС10_{24}$	$ТС10_{24}$ – 0.098	$ТС10_{24}$ – 0.098

$TC10_{23}$	$TC10_{23}$ – 0.085	$TC10_{23}$ – 0.085
$TC10_{25}$	$TC10_{25}$ – 0.075	$TC10_{25}$ – 0.075
$TC10_{26}$	$TC10_{26}$ – 0.064	$TC10_{26}$ – 0.064
$TC10_{27}$	$TC10_{27}$ – 0.000 дегазация отсутствует	$TC10_{27}$ – 0.000 дегазация отсутствует
$TC10_{28}$	$TC10_{28}$ – 0.056	$TC10_{28}$ – 0.056
TC11	$TC11_{23}$ – 0.156 Многофункциональный комплекс поверхности	$TC11_{21}$ – 0.345 Классический комплекс поверхности с обогатительной фабрикой
Интегральный критерий эффективности технологической схемы	**8.191**	**8.659**
Комплексный критерий технологической эффективности ТС	**1.297**	**1.345**
Комплексный критерий экономической эффективности ТС	**1.112**	**1.168**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выходная формула работы трактуется следующим образом: - диссертация является научно-квалификационной работой, в которой в авторском изложении представлены методологические и методические положения синтеза высокопродуктивных и прогрессивных технологических систем угольных шахт на базе эвристического подхода, имеющих важное значение для развития теоретических и практических основ проектирования угледобывающих предприятий на современном этапе эволюции технологии подземной добычи угля.

Основные результаты работы научного и практического плана, полученные лично автором, формализуются следующим образом:

1. В результате обзора и анализа научных исследований, практических разработок в области проектирования горнодобывающих предприятий, формировании и синтеза их технологических систем с комплексной оптимизацией параметров установлено, что результативность их реализации должна быть увязана с учетом последних достижений научно-технического прогресса в области угледобычи, а стратегия развития проектирования – с системным подходом и современными информационными технологиями.

2. Показано, что теоретической основой методологического и научно-методического обеспечения концепции формирования и обоснования функциональных структур угольных шахт при сложившихся тенденциях и закономерностях в угольной отрасли должен составлять эвристический подход с учетом комплексной оптимизации структуры технологической системы подземной угледобычи, включая систему основных пространственно-планировочных решений и взаимоувязанных элементов основных технологических подсистем.

3. На базе проведенных исследований установлено, что общий алгоритм синтеза функциональных структур угольных шахт эффективно реализуется на базе интеграции методологических основ эвристического подхода и

иерархической системы декомпозиции (классификационной структуры технологической системы) с учетом принципов совместимости элементов.

5. На основании выполненных расчетов, реализации вариативного моделирования и эвристического подхода установлено:

- разработанные методические положения для принятия, обоснования и синтеза проектных решений позволяют количественно оценивать технологическую, экономическую и совокупную эффективность проектных решений,

- при синтезе технологических систем угольных шахт вариабельность исходных данных статистически неустойчива, - идеология эвристического подхода предполагает ориентирование проектных организаций на пошаговое осуществление оптимизации проектных решений, что предполагает гармонизацию целей элементов синтезированной технологической системы и расчетного синергетического эффекта.

6. Разработанные практические рекомендации нашли применение при формировании и обосновании проектных решений по планированию и развитию подземных горных работ в рамках производственных единиц открытого акционерного общества «Сибирская угольно-энергетическая компания - Кузбасс».

Основные положения диссертации отражены в следующих опубликованных работах автора:

1. Беляев В.В., Агафонов В.В. Методические основы модульного синтеза прогрессивных технологических систем угольных шахт. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). -2015.- №5 (специальный выпуск 22). – 16с. –М.: Издательство «Горная книга».

2. Беляев В.В., Агафонов В.В. Обоснование проектных решений по освоению Чертандинского каменноугольного месторождения. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). -2015.- №5 (специальный выпуск 22). – 16с. –М.: Издательство «Горная книга».

3.Беляев В.В., Постников В.И., Ткач В.Р., Агафонов В.В. Выявление взаимообусловленных элементов прогрессивности и экономичности технологии подземной добычи угля. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. №5. С.30-34.

4.Беляев В.В., Антонов М.А., Агафонов В.В. Классификация ситуационных основ управления гибкими технологиями угледобычи. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 51. С. 343-345.

5.Беляев В.В., Агафонов В.В. Когенерация ресурсосберегающих технологий при разработке угольных месторождений. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 6. С. 231-235.

6.Беляев В.В., Агафонов В.В., Ягудин Д.В. Проектирование и обоснование параметров технологических систем угольных шахт с учетом рисков. Международный научный институт «EDUCATO». Ежемесячный научный журнал, Новосибирск, №2(9), 2015, с.6-8.

7.Беляев В.В., Агафонов В.В. Адаптация методов теории принятия сложных решений к процедуре синтеза технологических систем угольных шахт. Евразийский союз ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал, Москва, №3(12), 2015, с.13-16.

8.Беляев В.В., Оганесян Н.К., Агафонов В.В. Оценка ресурсного потенциала и выявление перспектив развития и обновления шахтного фонда. Международное научное объединение «PROSPERO». Ежемесячный научный журнал, Москва, №3(15), 2015, с.5-9.

9.Беляев В.В., Агафонов В.В. Итерационная процедура системного подхода и специальных методов оценки сложных динамических систем угольных шахт. Научно-методическое обеспечение формирования проектных, технологических и организационных механизмов эффективного функционирования угольных шахт. Сборник научных трудов. – М.: МГГУ, 2012. -150 –с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование и комплексная оптимизация параметров шахт. Бурчаков А.С., Воробъев Б.М., Малкин А.С. и др. – М.: Недра, 1972. – 368с.

2. Устинов М.И. Особенности решения задач оптимизации параметров угольных шахт на ЭВМ. – ИГД им. А.А.Скочинского, 1969. – 44с.

3.Харченко В.А. Научные основы создания и выбора высокопроизводительных схем угольных шахт для условий пологих пластов средней мощности. Дисс. докт.техн.наук – Москва: МГИ, 1972.

4. Бурчаков А.С., Малкин А.С., Устинов М.И. Проектирование шахт. – Москва: Недра, 1985. – 299с.

5.Кафорин Л.А. Исследование и выбор рациональных схем и способов вскрытия и подготовки пологих пластов средней мощности. Дисс. канд.техн.наук. М.:МГИ, 1971.

6. Малкин А.С., Саламатин А.Г. Моделирование технологических систем шахт. Сб. Инженерные проблемы разработки недр. М.: Нива России, 1996.

7. Золотдинов Ю.О. Формирование в автоматизированном режиме вариантов технологических схем угольных шахт и обоснование их характеристик. Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. МГИ. М.: 1987. – 21с.

8. Бограчев Ю.А. Метод конструирования рациональных технологических схем разработки тонких крутых пластов и оценки уровня их качества. Дисс. канд. техн. наук. ИГД им. А.А.Скочинского. Люберцы.: 1987. – 16с.

9. Ливенцев В.В., Попов М.В. Синтез оптимальной технологической схемы добычного участка шахты. – Научные основы создания высокопроизводительных комплексно-механизированных и автоматизированных шахт. Сборник научных трудов МГИ. М.: 1972. – 27с.

10. Каблашов А.В. О методах выбора качественных характеристик технологических схем угольных шахт. Сборник научных трудов МГИ. М.: 1977. – 29с.

11. Петренко Л.С. Систематизация элементов технологической схемы отработки пластов тонких и средней мощности. Сборник научных трудов МГИ. М.: 1977. – 11с.

12. Петренко Л.С. Методические указания по выбору технологических схем выемочных участков. – М.: МГИ, 1978. – 29с.

13. Петренко Л.С. Методика выбора оптимальных технологических решений. Сборник научных трудов МГИ. М.: 1978. – 38с.

14. Петренко Л.С. Определение оптимальной технологической схемы выемочного участка ш.им.Стаханова. Сборник научных трудов МГИ. М.: 1978. – 14с.

15. Плакиткин Ю.А. Методические положения выбора рациональной технологической схемы угольной шахты. Сборник научных трудов МГИ. М.: 1980. – 21с.

16. Березняк А.Т. Обоснование и выбор топологии сети горных выработок при подготовке шахтопластов. Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. М.: МГИ. 1985. – 16с.

17. Жежелевский Ю.А., Бегеза Н.С. Конструирование и выбор технологической схемы угольной шахты. Сборник научных трудов МГИ. М.: 1996. – 102с.

18. Кузьмич А.С., Бетаннели К.П. и др. Создание шахт нового технико-экономического уровня. М.: Недра, 1977. С.423.

19. Бурчаков А.С., Малкин А.С., Устинов М.И. Проектирование шахт. Москва: Недра. 1978. – 407с.

20. Ялевский В.Д. Модульные горнотехнологические структуры вскрытия и подготовки шахтных полей Кузбасса (Теория. Опыт. Проекты) / В.Д. Ялевский, В.А. Федорин. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2000. – 224с.

21. Шулятьева Л.И. Разработка и обоснование проектных решений на различных этапах эксплуатации шахтного фонда. Москва, журн. Уголь: №7, 2006. – 22с.

22. Малкин А.С., Пучков Л.А., Еремеев В.М. и др. Проектирование шахт. М.: издание Академии горных наук. 2000. – 375с.

23. Митейко А.И. Методические и организационные аспекты создания и использования САПР угольных предприятий. –«Проектирование и инженерные изыскания», 1989, №2. С.18-22.

24. Курносов А.М., Москвин В.Б., Брук С.Е. Технико-экономический анализ в угольной промышленности. Москва: Недра. 1981. -176с.

25. Сагинов А.С., Квон С.С., Адилов К.Н. Методы анализа и оптимизации технологических схем угольных шахт. Москва: Недра. 1974. -295с.

26. Астахов А.С. Экономическая оценка запасов полезных ископаемых.. Москва: Недра, 1981.

27. Астахов А.С., Гитин Е.М., Гойзман Э.И. Оптимальное планирование на ЭВМ в угольной промышленности. Москва: Недра. 1974. – 304с.

28. Рогов Е.И. Системный анализ в горном деле. Казахстан, Алма-Ата. Наука. 1978. – 207с.

29. Рогов Е.И. Теория и методы математического моделирования производственных процессов в горном деле. Казахстан, Алма-Ата. Наука. 1976. – 141с.

30. Методы оптимального проектирования угольных шахт / А.М. Курносов, М.И. Устинов, И.П. Набродов, Л.А. Ликальтер и др. - М.: Недра,1974. – 368с.

31. Маросин П.И. Модели угольной шахты и региона. Москва, журн.Уголь. 1984.№2. – 8с.

32. Кузнецов Ю.Н., Стадник Д.А., Федаш А.В. Проектирование отработки запасов выемочных участков на базе технологического картографирования. - М.: Изд-во «Горная книга», 2012. – 180 с.

33. Лукин М.А. Структура технологической системы угольной шахты и функциональная значимость ее подсистем в процессе добычи угля. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), Выпуск № 10 / 2011.

34.Лейсле А.В. Обоснование параметров горнотехнической системы шахты при комплексном извлечении угля и метана в условиях Ерунаковского месторождения. Дисс. канд.техн.наук. Санкт-Петербург, НМСУ «Горный», 2013.

35. Маджумдер Сурджо Кинкар. Обоснование и выбор технологических схем шахт и их параметров для условий подземной разработки угольных месторождений Народной Республики Бангладеш. Дисс. канд.техн.наук. М.МГГУ,1985.

36. Тюрнин В.А. Обоснование параметров технологических схем отработки свит пологих угольных пластов, склонных к самовозгоранию. Дисс. канд.техн.наук. Санкт-Петербург, НМСУ «Горный», 2013.

37. Шулятьева Л.И. Применение метода поэтапной оптимизации параметров технологических схем при проектировании шахт. Москва: МГГУ. ГИАБ. 2009. №7. – 179с.

38. Короткий С. В. Концепция построения комплексных информационных систем. – М.: Корпоративный менеджмент, 2001.– С.1-10.

39. Пасечник И.А. Моделирование антропогенных изменений массива горных пород в зоне очистных работ с использованием ГИС-технологий. Дисс. канд.техн.нак. М.: МГГУ, 2012.

40.Бочарников В.П. Fuzzy Technology: Модальность и принятие решения в маркетинговых коммуникациях. – К.: Ника-Центр, Эльга, 2002. – 224 с. 41.Бочарников В.П., Свешников СВ. Fuzzy Technology: Основы моделирования и решения экспертно-аналитических задач. – К.: Эльга, Ника-Центр, 2003. – 296 с.

42.Когнитивная модель. http://mirslovarei.com/content_psy/KOGNITIVNAJA-MODEL-33578.html

43. Тейменсон Я.Е.. Структурно-параметрический синтез моделей динамики горной промышленности : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.01.- Москва, 2001.- 121 с.: ил. РГБ ОД, 61 01-5/2657-4.

44. Швецов А. Н. Агентно-ориентированные системы: от формальных моделей к промышленным приложениям, М.: Технологии, 2008.

45. Прангишвили И.В. Энтропийные и другие системные закономерности. Вопросы управления сложными системами. М.: 2003 -428с.

46. Методология IDEFO. http://www.moy-univer.ru/metodologiya-idefo

47. Крюкова В.В: Система имитационного моделирования угольной шахты (СИМ УШ) // Информ.листок, 101-94.-Кемерово:ЦНТИ,1994.- 2с.

48. Крюкова В.В. Интерактивная проблемно-ориентированная имитационная система угольной шахты (СИМ УШ)// Тез.докл. Всерос. н-пр. конф. по безопасности жизнедеятельности предприятий в угольных регионах.- Кемерово:КузГТУ, 1994.-С.58-59.

49.Крюкова В.В. .Применение модифицированных сетей Петри для имитационного моделирования угольной шахты ... Всерос. н-пр. конф. по безопасности жизнедеятельности предприятий в угольных регионах.- Кемерово:КузГТУ, 1994.-С.58-59.

50. Езерский М.Ю. Алгоритм реализации сети нечеткого вывода, моделирующей технологическую систему шахты. - М.: Рукоп. деп. №667/12- 08. Опубл. в ГИАБ. - 2008. - № 12.

51. Грошенкова О.В. Применение информационных технологий в решении горных задач. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). М.: МГГУ, Выпуск№ 8 / 2005.

52. Ясюченя С.В. Резервы повышения качества продукции угольных шахт / С.В Ясюченя// Нетрадиционные и интенсивные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: Материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., СибГИУ. Новокузнецк, 2002. - С. 67-70.

53. Федорин В.П. Модульные геотехнологические структуры вскрытия и подготовки шахтных полей Кузбасса. Кемерово. Кузбассвузиздат.2000. -115с.

54. Логинов А.К. Комплексное обоснование прогрессивных технологических решений по интенсивной отработке высокогазоносных угольных месторождений. Автореф. дис. на соискание ученой степени докт. техн. наук. М.: МГГУ. 2009. – 32С.

55. Заволокин Д.В. К вопросу обоснования технологичности отработки запасов угленосных геологических структур подземным способом. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). М.: МГГУ, Выпуск№ 2 / 2009.

56. Соснин В.В. Разработка моделей и методов синтеза проектных решений для технических систем с приоритетами : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.12 / Соснин Владимир Валерьевич; [Место защиты: С.-Петерб. нац. исслед. ун-т информац. технологий, механики и оптики].- Санкт-Петербург, 2012.- 125 с.

57. Мельник В.В., Агафонов В.В. Развитие методологии проектирования и обоснования функциональных структур предприятий подземной угледобычи. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). М.:2015, отдельный выпуск №1, с.363.

58. Борисов В.В., Устиненков Е.С. Нечеткие когнитивные модели для выявления коалиций в мультиагентных системах. Москва: 2010.

59. Аксенов С. В., Новосельцев В. Б. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии) / Под общ. ред. В. Б. Новосельцева. — Томск: Изд-во НТЛ, 2006. — 128 с.

60. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. (+CD) — СПб. Питер, 2003. — 688с.

61. Нейронные сети. STATISTJCA Neural Networks: Методология и технологии современного анализа данных / Под редакцией В. П. Боровикова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Горячая линия – Телеком, 2008. — 392 с.

62. Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007. – 284с.

63. Федаш А.В. Анализ состояния и направления совершенствования системы проектирования угледобывающих предприятий. В сб. Системный подход к проектированию и отработке угольных месторождений [Текст] / Г.И. Козовой, А.И. Рыжов, А.В. Федаш // Препринт. - М.: МГГУ, 2010. – С.16-31.

64. Организационно-технологическое и научно-методическое обеспечение проектирования угледобывающих предприятий: монография / В.В.Мельник, В.В.Агафонов, С.С.Гребенкин и др. – Донецк: «ВИК», 2015.-380с.

65.Каневец Г. Е., Берлин М. А. Принципы автоматизированного проектирования и оптимизации технологических производств. – Киев: Общество «Знание» УССР, 1981. – 30 с.

66. Назаренко Р.Н. Сравнение некоторых эволюционных методов оптимизации сложных систем. – Харьков, Сб. трудов ХНУРЕ, 2000.

67. Кузнечиков В.А., Берлин М. А., Гаврилова В. П. «Эвристический алгоритм синтеза технологических схем газоперерабатывающих заводов». Там же, с.38.

68. International workshop on combination of genetic algorithms and neural networks (1992; Baltimore, Md), June 6, 1992. / COGANN-92; Ed. L.P. Whitley, J.P. Schoffer. – Los Alamatic (Ca) et al.: IEEE computer. soc. press, 1992, VIII. – 262p.

69. Берлин М.А. «Правила синтеза технологических схем низкотемпературной ректификации». – М., Труды /ВНИПИГазпереработка, 1980 г. стр.63–68.

70. Агафонов В.В. Разработка методики обоснования параметров технологических систем угольных шахт с учетом рисков. Дисс. канд. техн. наук. М.: МГГУ, 2013.

71. Федорин В.П. http://www.icc.kemsc.ru/index.php

72. Харитонов В.Г., Ремезов А.В., Новоселов С.В. Теория проектирования и методы создания многофункциональных шахтосистем. Кемерово. ГУ КузГТУ. 2011. -349с.

73. Харитонов В.Г., Ремезов А.В., Новоселов С.В. Предпосылки генезиса инновационных проектов горнотехнических систем типа SDS, RTS, MFMS. М.: Уголь, 2011. №10. -48с.

74. Коровкин Ю.А., Савченко П.Ф., Саламатин А.Г., Постников В.И. Теория и практика длиннолавных систем. Москва: Техгормаш. 2004. – 600с.

75. Bergmann Miner _ 2/03/2010.

76. Агафонов В.В., Оганесян Н.К. Сопоставительный анализ работы горношахтного оборудования в современных рыночных условиях. Научно-методическое обеспечение формирования проектных, технологических и организационных механизмов эффективного функционирования угольных шахт. Сборник научных трудов. М.:МГГУ, 2012.-150с

77. infomine@mining-enc.ru

78. Кузбасский информационный портал. http://forsmi.ru/node/20635.

79. Агафонов В.В., Антонов М.А., Оганесян А.С. Адаптация методов оптимизации многофакторных задач и специальных методов оптимизации сложных систем к технологическим схемам угольных шахт. М. МГГУ, Горный информационно-аналитический бюллетень. -2014.-№11.

80. Малкин А.С., Саламатин А.Г. и др. Оценка шахтного фонда и повышение использования ресурсов. – Москва: МГГУ, 1996.

81.Агафонов В.В. Оценка шахтного фонда и повышение технико-экономической эффективности действующих шахт. Дисс. канд.техн.наук. Москва: МГИ. 1986.

82. Математические методы в планировании отраслей и предприятий / Под ред. И.Г. Попова. М.: Экономика, 2003 г.

83. Петросов А.А. Статистическое планирование и прогнозирование. – М.: МГГУ, 2001.

84. Gordon T., Helmer O. Report on a Long Range Forecasting Study. RAND Paper P-2982. RAND Corporation, Santa Monica, California, 1964.

85. Linston H., Turoff M. The Delphi Method: Techniques and Applications. Addison Wesley Longman Publishing Co , 1975.

86. Delphi ’98 Umfrage. Zukunft Nachgefracht. Studie zur Globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. BMBF, 1998.

87. «Прогрессивные технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах», Москва, ИГД им. А.А. Скочинского,1979 г.

88. «Нормативы нагрузки на очистные забои действующих угольных шахт при различных горно-геологических условиях и средствах механизации выемки», Москва, ИГД им. А.А. Скочинского,1982 г.

89. «Общесоюзные нормы технологического проектирования подземного транспорта горнодобывающих предприятий», ОНТП 1-86, Минуглепром СССР, Москва, 1986г.

90. «Технико-экономическое обоснование комплексной (совместной) отработки открыто-подземным способом запасов Чертандинского каменноугольного месторождения (Северного и Южного участков)». Новосибирск. Гипроуголь. 2010.