

На правах рукописи

Президенту совета 24.12.14

Генеральный секретарь



БЕЛЯЕВ Вячеслав Вячеславович

В.И.И.

СИНТЕЗ И КОМПЛЕКСНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Специальность 25.00.21 – Теоретические основы проектирования
горнотехнических систем

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва 2016

Работа выполнена в ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Научный руководитель

Агафонов Валерий Владимирович

доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Федаш Анатолий Владимирович

доктор технических наук, руководитель

отдела инноваций и развития ИПКОН РАН

Дьяченко Константин Игоревич

кандидат технических наук, старший

научный сотрудник лаборатории «Научные

основы развития и регулирования угольной

промышленности ИНЭИ РАН

Ведущая организация

Тульский государственный университет

(ТулГУ, г.Тула)

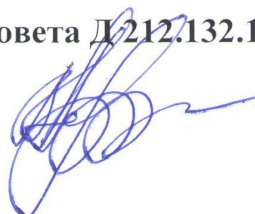
Защита диссертации состоится «15» сентября 2016 г. в 14.30 часов на заседании диссертационного совета Д 212.132.14 при ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (ФГАОУ НИТУ «МИСиС») по адресу: 119991, г.Москва, Ленинский проспект, д.6.

С диссертацией можно ознакомиться в диссертационном совете и на сайте ФГАОУ НИТУ «МИСиС».

Автореферат разослан « » _____ 2016г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.132.14

доктор технических наук, профессор

 **В.В.Агафонов**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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.

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.

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 отличие от традиционных подходов, должен предусматривать учет 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).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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, 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, 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, А.А.Петросова, В.П.Федорина, В.Н.Постникова, В.Н.Домрачева, Е.И.Рогова, В.И.Салли и др.).

По результатам анализа отмечено, что накопленный и сформированный научный потенциал в области проектирования, обоснования проектных решений и комплексной оптимизации функциональных структур технологических систем угольных шахт, перспектив их инновационного развития во многом предопределяет адаптацию современных тенденций и закономерностей для видоизменения и трансформации теоретических основ для разработки методологических основ, методики формирования и синтеза технологических систем угольных шахт с комплексной оптимизацией их структур.

В связи с этим возникают задачи совершенствования математического и методологического аппаратов решения оптимизационных задач, экономического обеспечения (критерий оптимальности, стоимостные показатели) и ряд других конкретных методических вопросов.

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.

Технология добычи угля подземным способом представляет собой сложную динамическую развивающую систему с иерархической функциональной структурой, которая должна гибко и адаптивно приспосабливаться к изменяющимся в сторону негативного воздействия горно-геологическим условиям эксплуатации. 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.

При этом подразумевается, что комплексная оптимизация технологических систем угольных шахт – это совместное решение задач выбора оптимальной пространственно-планировочной топологии сети горных выработок, оптимальных параметров работы основных подсистем (очистные и подготовительные работы, вентиляция, транспорт-подъем, технологический комплекс поверхности и т.д.) и 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 приведена на рис.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 технологических схем при добыче угля подземным способом 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 оценивать степень влияния отдельных проектных решений на уровень критерия оптимальности (целевую функцию), ранжировать их в строгом соответствии по этому признаку и определять наиболее предпочтительные для последующей оптимизации, 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 на основе гипотетической обобщенной технологической схемы и с помощью эвристического алгоритма синтеза топологии. Этот алгоритм соответствует интегрально-эвристической оптимизации топологии, параметров и элементов.

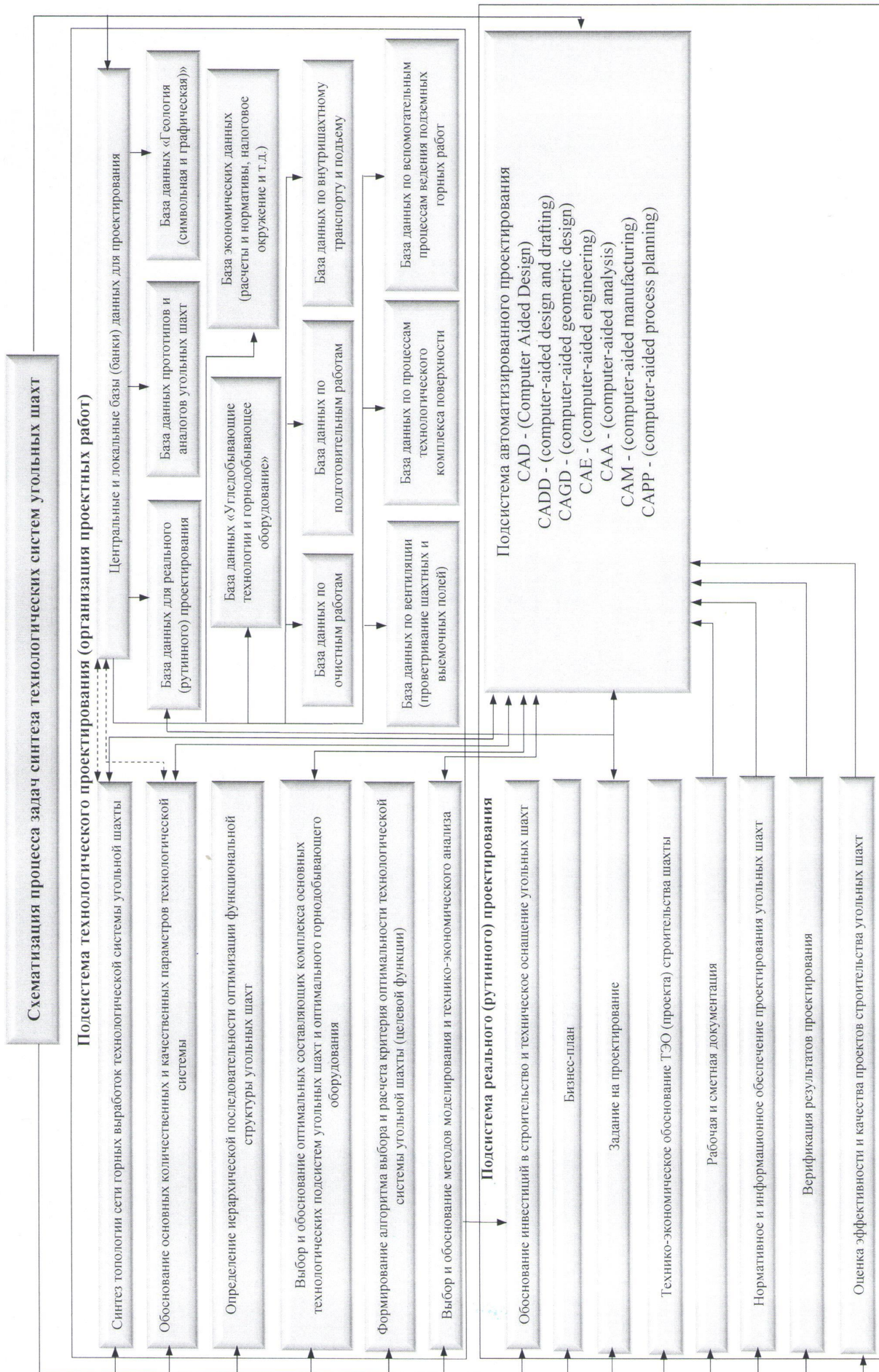


Рис.1. Логико-информационная модель проектирования технологических систем угольных шахт

Для синтеза технологической системы угольной шахты вводятся понятия «потокосная матрица смежности обобщенной схемы» и алгоритмы вариации элементами и связями. Далее идет варьирование переменными и процедуры повторяются до тех пор, пока для данной топологии технологической системы не будут найдены оптимальные параметры и оборудование.

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. Гипотетическая обобщенная технологическая схема добычи угля включает в себя предельно возможное количество технологических элементов и связей потоков. Она сформирована на основе анализа существующих современных способов и схем добычи угля и включает в себя практически все самые современные научно-технические решения, элементы и узлы.

Для решения задачи синтеза различных топологий наиболее удобным является построение и анализ характеристического потокового графа гипотетической обобщенной схемы с использованием его «структурных возможностей». Вершины характеристического потокового графа соответствуют элементам обобщенной схемы, которые изменяют конкретную характеристику потоков. На рис.2 приведено несколько узлов этого графа, изоморфного топологии технологической системы. Дуги характеристического графа отвечают потокам данной конкретной характеристики. В целях минимизации объема обрабатываемой информации рациональнее использовать потоковую матрицу смежности. С учетом вышеизложенного укрупненный эвристический алгоритм процедуры синтеза технологических систем угольных шахт представлен на рисунке 3.

Связь между элементами системы в матрице показана номером связующего элемента потока. При этом разными считаются потоки, различающиеся составом и/или параметрами. Матрица смежности используется для синтеза конкретных технологических систем на основе обобщенной (табл. 1). Максимальное число элементов схемы приведено в табл.2. На рис.4 приведена блок-схема комплексной оптимизации функциональной структуры технологической системы.

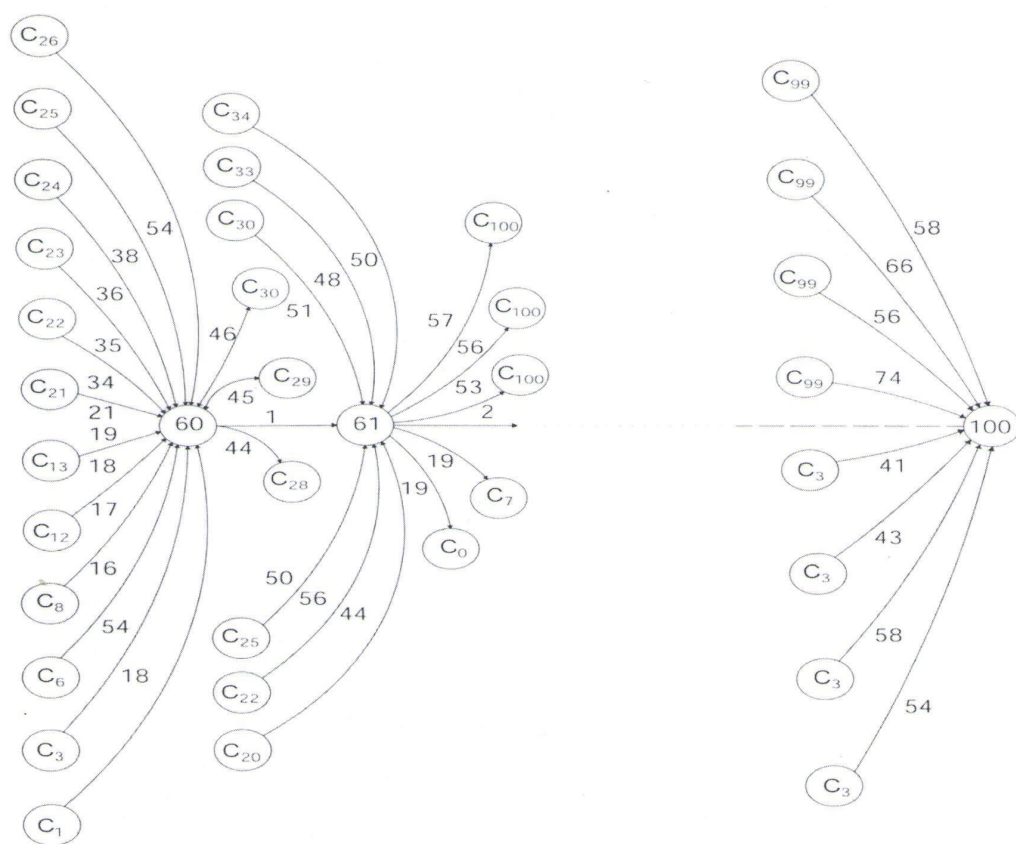


Рис.2. Фрагмент упрощенного изображения характеристического потокового графа

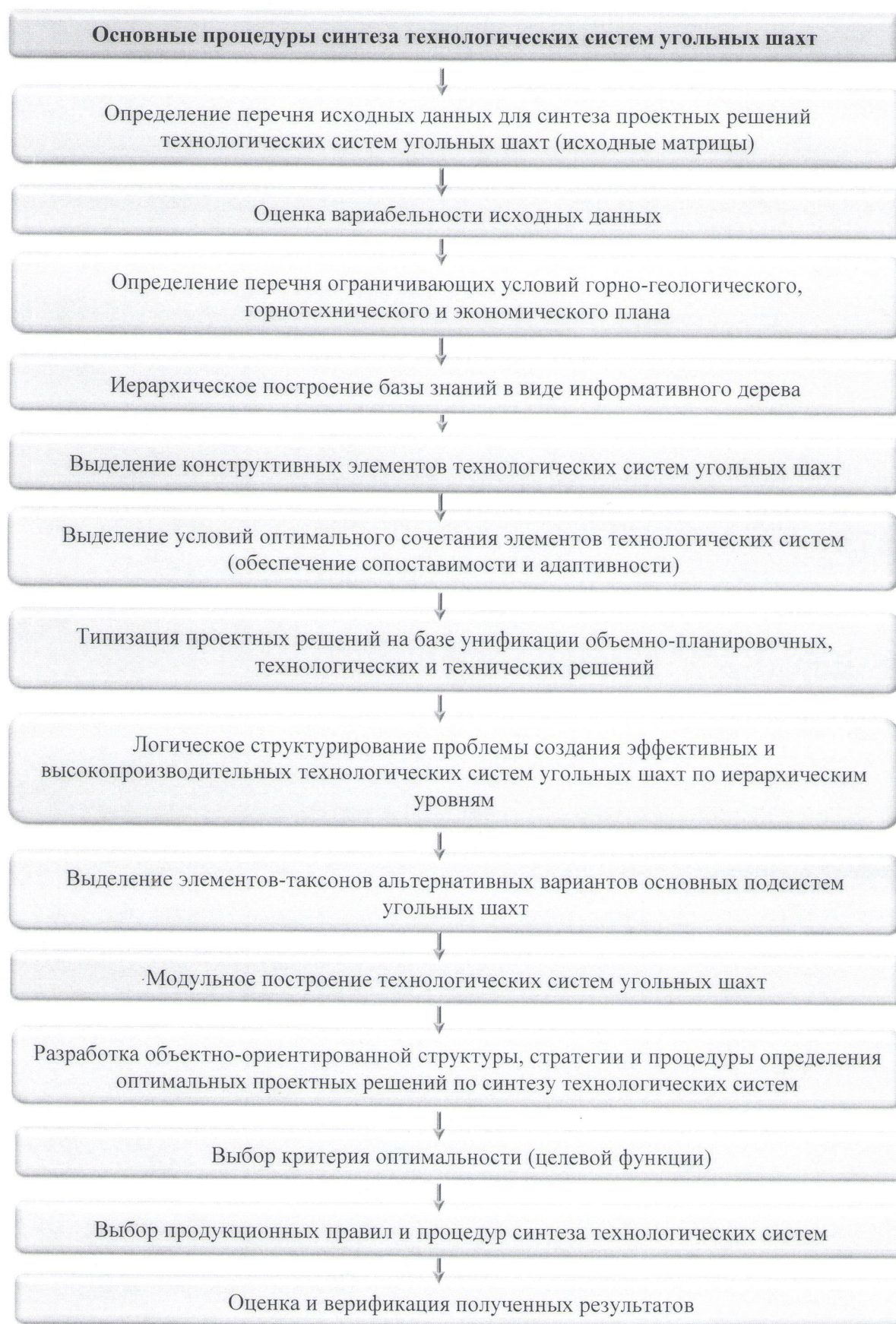


Рис.3. Укрупненный эвристический алгоритм процедуры синтеза технологических систем

Таблица 1. Потокосая матрица смежности технологической системы №1
(компакт-вектор генерации лучших альтернатив)

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																	

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 появляются индексно-числовые множества, определяющие возможно реализуемые технологические системы и параметры отработки запасов участка месторождения:

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

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;

$\Gamma(J)$ - технологические и технические параметры технологической системы;

Γ_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.

Таблица 2. Соответствие вершин характеристического потокового графа $X = (A, \Gamma)$ элементам обобщенной гипотетической схемы угледобычи

Номер	Подсистемы (основные элементы)	Примечания
1	2	3
C_1	Подсистема 1 (способ отработки запасов угольных месторождений)	
C_2	Подсистема 2 (подземный способ отработки запасов месторождения)	
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 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)	



Рис.4. Эвристический алгоритм синтеза технологических систем угольных шахт на основе обобщенной классификационной схемы угледобычи

Из изложенного выше алгоритма следует, что таким образом к рассмотрению привлекаются все возможные и совместимые сочетания технологических систем угледобычи. 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 1-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 учёту были привлечены следующие технико-экономические показатели, разбитые по своей сущности на две группы: - производственно-технические и экономические.

1 группа – годовая мощность шахты, удельный объем проводимых горных выработок, удельная протяженность поддерживаемых горных выработок, удельная протяженность транспортных магистралей, удельная

протяженность вентиляционных магистралей, удельный объем зданий и сооружений на поверхности, потери угля, нагрузка на очистной забой.

2 группа – себестоимость добычи 1т угля, производительность труда ППП, сметная стоимость строительства, рентабельность.

Таким образом, можно сформировать два дополнительных интегральных функционала эффективности технологической системы: технологический и экономический.

Данная процедура формирования совокупных коэффициентов эффективности отдельных элементов технологической системы позволяет весьма значительно сократить их объем на стадии предварительного рассмотрения вариантов и практически исключить возможность возникновения ошибок при выборе множества альтернативных решений.

Общий алгоритм выбора оптимального и формирования множества рациональных вариантов технологической системы угольной шахты в соответствии с постановкой задачи выглядит следующим образом:

- формируется обобщенная классификационная структура технологических систем угольных шахт (упорядоченный перечень элементов и уровней),
- формируется структурная модель всех возможных вариантов технологической системы с учетом совместимости и адаптации отдельных технологических элементов внутри каждого варианта,
- в модель вводятся ограничения горно-геологического и горнотехнического плана (области применения элементов технологической схемы),
- на базе математической модели формируются матрицы совокупных коэффициентов эффективности отдельных элементов технологической системы на основе статистических данных (технико-экономических показателей) угольных шахт региона,
- на базе вычисленных интегральных показателей эффективности определяется рациональный вариант технологической системы.

В целях апробации разработанной методики в диссертации выполнен синтез проектных решений технологической системы отработки запасов Чертандинского каменноугольного месторождения и шахты Талдинская-Западная-1. С экономической точки зрения при заданных условиях и ценах отработка запасов месторождений является эффективной и целесообразной, что подтверждается выполненными расчетами. За период отработки достигаются положительные показатели эффективности вложения инвестиций, что указывает на правомерное извлечение угольных запасов с использованием предложенных проектных решений. После завершения синтеза основных проектных решений был проведен анализ результатов моделирования составляющих ее подсистем с целью оценки результатов верификации метода. В качестве альтернативного варианта для сравнения с синтезированной схемой был использован вариант института «Гипроуголь».

Сравнительная характеристика обобщенных коэффициентов эффективности альтернативных вариантов отработки запасов подтверждает высокую сходимость результирующих данных (результатов реального проектирования 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).

Резюмируя вышеизложенное, можно отметить, что реальное использование разработанных рекомендаций позволит проектным организациям и угледобывающим компаниям минимизировать риск принятия неправильных проектных решений и повысить обоснованность и адекватность основных проектных решений с максимальной адаптацией к

конкретным горно-геологическим и горнотехническим условиям эксплуатации.

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 к задаче 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 угольных шахт 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 предопределяет 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. -М.: 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. –М.: 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. –М.: 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.

Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве, заключается в следующем:

[1], [2] – разработка концепции, основных теоретических и методических положений, разработка блок-схемы и алгоритма проведения расчетов, этапы обработки данных, результаты практической апробации;

[3], [4], [5], [6] – проведение аналитического обзора, разработка экономико-математических моделей и алгоритмов, формулировка выводов и рекомендаций;

[7], [8], [9] – обоснование направлений и методов исследований, построение моделей, формулировка выводов.