

На правах рукописи



ЮТЯЕВ Андрей Евгеньевич

**КОМПЛЕКСНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ
УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

**Специальность 25.00.21 – «Теоретические основы проектирования
горнотехнических систем»**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва 2017

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

Научный руководитель

Мельник Владимир Васильевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Сенкус Витаутас Валентинович
доктор технических наук, профессор,
зам. управляющего по науке филиала
ОАО «Сибниуглеобогащение»
в городе Прокопьевске,

Дьяченко Константин Игоревич
кандидат технических наук, старший
научный сотрудник лаборатории
«Научные основы развития и
регулирования угольной
промышленности » Институт
энергетических исследований
Российской академии наук

Ведущее предприятие

**Тульский государственный
университет (ТулГУ)**

Защита диссертации состоится « » _____ 2017 г. в _____ часов
на заседании диссертационного совета Д 212.132.14 на базе ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
(НИТУ «МИСиС») по адресу: 119991, г. Москва, Ленинский проспект, д.6,
стр.2, ауд. А-305.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке
НИТУ «МИСиС» и по адресу: <http://misis.ru/science/dissertations/2017/3348/>.

Автореферат разослан « » _____ 2017г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.132.14,

доктор технических наук, профессор

В.В. Агафонов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Изменчивость и разнообразие горно-геологических условий разработки угольных месторождений России предопределяют необходимость использования различных проектных и технологических решений с учетом возможности дальнейшей их корректировки.

В последнее время развитие подземной добычи угля происходило, в основном, за счет применения современного, надежного и эффективного очистного и проходческого оборудования и вспомогательной техники. В то же время технологические схемы и способы вскрытия, подготовки и системы разработки угольных месторождений, как правило, не изменяются в течение достаточно длительного времени. Многие из них, несколько видоизменяясь, используются уже десятилетиями.

Сложная пространственная система горных выработок является наиболее консервативной частью горнотехнической схемы угольной шахты, но при этом каждый этап развития техники совпадает с использованием характерных именно для этого этапа, наиболее рациональных технологических решений при проектировании сети горных выработок угольной шахты.

В связи с этим высокие требования должны предъявляться к качеству проектирования горнотехнической системы, которой и является угольная шахта с участком недр, подлежащих освоению. Обоснованные проектные решения во многом определяют облик будущей высокопроизводительной шахты с высокой концентрацией и интенсификацией горных работ.

Одним из путей решения этой задачи является совершенствование проектных работ, обеспечивающих синтез достаточного множества вариантов на основе использования математического моделирования и методов оптимизации проектных решений при выборе рационального варианта горнотехнической системы угольной шахты.

В свете вышеизложенного задача комплексного обоснования параметров горнотехнических систем высокопроизводительных угольных шахт, безусловно, является весьма своевременной и актуальной.

Цель работы – разработка научно-методического обеспечения комплексного обоснования параметров горнотехнических систем высокопроизводительных угольных шахт на основе синтеза рациональных пространственно-планировочных решений, оптимизации параметров основных технологических подсистем и выбора горнодобывающего оборудования для повышения уровня концентрации и интенсификации процессов подземной угледобычи.

Идея работы заключается в использовании системного подхода к оптимизации параметров функционирования горнотехнических систем высокопроизводительных угольных шахт на базе синтеза прогрессивных технологических решений с учетом многоуровневой оценки качества принимаемых проектных решений.

В соответствии с поставленной целью в диссертации были сформулированы и решены следующие основные задачи:

- анализ производственного опыта и аналитических исследований по выбору и обоснованию прогрессивных горнотехнических систем высокопроизводительных угольных шахт;
- установление перечня уровней и элементов прогрессивности и экономичности горнотехнической системы шахты;
- разработка модели формирования альтернативных вариантов отработки запасов шахты и выемочных полей с максимизацией полноты извлечения запасов и минимизации эксплуатационных издержек;
- определение области применения структурных элементов разработанной модели;
- разработка алгоритма формирования матрицы совокупных коэффициентов эффективности отдельных элементов горнотехнической системы на основе статистической отчетности прогрессивных шахт исследуемого региона на базе экспертного опроса;
- формирование совместимых проектных вариантов горнотехнических систем угольных шахт по горно-геологическим и горнотехническим условиям и совместимости отдельных элементов;
- выбор оптимального варианта горнотехнической системы шахты из множества допустимых с учётом адаптивности и совместимости отдельных подсистем внутри каждого варианта;
- апробация и верификация результатов исследований на конкретном проектируемом угледобывающем предприятии (шахта «Жерновская - 1», Кузбасс).

Основные научные положения, выносимые на защиту:

- модель определения совокупных коэффициентов эффективности синтезированных проектных решений горнотехнической системы высокопроизводительных угольных шахт, отличающаяся возможностью формирования совместимых вариантов проектирования на основе определения уровня

значимости и полезности каждого показателя и его соответствия принятому эталону;

- комплексный критерий оценки эффективности горнотехнической системы угольных шахт, целевая функция которого определяется на основе использования методов теории принятия сложных решений с учетом адаптивности и совместимости коэффициентов эффективности отдельных элементов при ограничении горно-геологического и горнотехнического плана;

- методика выбора рациональных вариантов горнотехнических систем высокопроизводительных угольных шахт, отличающаяся поуровневой оценкой качества отдельных подсистем и позволяющая путем совместной оптимизации количественных характеристик и параметров конструировать для конкретных горно-геологических условий отработки запасов шахтных полей проектные решения с высокой концентрацией и интенсификацией горных работ.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- предложена модель обоснования функциональной структуры горнотехнической системы высокопроизводительной угольной шахты, реализующая все адаптивные и совместимые технологические элементы отработки запасов шахтных полей;

- установлены взаимосвязи между подсистемами и элементами горнотехнической системы высокопроизводительной шахты с учётом количественных и качественных характеристик угольных пластов;

- разработаны методические основы формирования алгоритма оценки и выбора рациональной горнотехнической системы высокопроизводительной угольной шахты, обеспечивающей должную конкурентоспособность угольной продукции в современных рыночных условиях.

Научное значение исследования состоит в разработке методического подхода обоснования оптимальных параметров горнотехнической системы высокопроизводительной угольной шахты, включающего определение критериев эффективности рассматриваемых вариантов, а также отдельных структурных элементов внутри каждого варианта, которые позволяют всесторонне оценить качество принимаемых проектных решений с учетом возможности их дальнейшей корректировки.

Практическое значение исследований заключается в:

- выявлении рационального сочетания конструктивных элементов горнотехнической системы угольной шахты, обеспечивающей высокие технико-экономические показатели подземной угледобычи;

- объективной оценке эффективности функционирования подсистем и элементов проектируемой горнотехнической системы высокопроизводительной угольной шахты в различных горно-геологических условиях;

- разработке рекомендаций по обоснованию перспективных планов и программ развития горных работ с учетом ориентации на прогрессивные элементы горнотехнических систем угольных шахт Кузбасса.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются:

- применением современных методов научных исследований;
- анализом представительного объема статистической информации прогрессивных шахт ОАО УК «СУЭК-Кузбасс») о горно-геологических и горнотехнических условиях разработки пологих угольных пластов Кузбасса и технико-экономических показателях работы шахт;

- удовлетворительной сходимостью (расхождение не более 10%) теоретических и фактических технических и технологических решений, используемых на современных высокопроизводительных шахтах Кузбасса, добившихся высоких технико - экономических показателей;

- результатами практического использования разработанной методики комплексного обоснования рациональных вариантов горнотехнических систем высокопроизводительных угольных шахт

Реализация выводов и рекомендаций. Разработанная в диссертации «Методика комплексного обоснования параметров горнотехнических систем высокопроизводительных угольных шахт» утверждена ОАО УК «СУЭК-Кузбасс» и принята к использованию на шахтах угольной компании при проектировании работ по дальнейшему развитию горного производства.

Практическая апробация полученных результатов осуществлена на примере проектируемой шахты «Жерновская - 1» (Кузбасс).

Апробация работы. Основные результаты диссертации, основополагающие методические положения и аспекты были доложены на Международных симпозиумах «Неделя горняка» (г. Москва, 2012-2016гг.), Международной научно-исследовательской конференции «Повышение качества образования, современные инновации в науке и производстве» (г. Прокопьевск, 2015 г.), на научных семинарах кафедры «Геотехнологии освоения недр» НИТУ «МИСиС» (2014-2017 гг.).

Публикации. Автор диссертации опубликованы 6 научных работ (из них 4 статьи – в изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России).

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, содержит 30 таблиц, 13 рисунков и список литературы из 101 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Методологической основой для выполнения диссертации послужили труды видных отечественных и зарубежных ученых в следующих областях:

– проектирование угольных шахт: А.С. Бурчакова, В.Н. Вылегжанина, В.М. Еремеева, А.С. Малкина, А.В. Ремезова, В.А. Харченко, М.И. Устинова и др.;

– проектирование рудников и карьеров: акад. РАН К.Н. Трубецкого, чл.-корр. РАН Д.Р. Каплунова, М.В. Рыльниковой и др.

– технологии подземной разработки пластовых месторождений: А.С. Бурчакова, Н.К. Гринько, А.А. Атрушкевича, А.Б. Ковальчука, В.Н. Фрянова, П.В. Егорова, А.В. Ремезова, В.Д. Явлевского и др.;

– в теории систем и системного анализа: В.Н. Вылегжанина, Н. Винера, Э. Квейда, Е.И. Рогова, Ф.И. Перегудова, Н.П. Федоренко, Ю. и др.;

– экономико-математического моделирования, оптимизации, экономики горной промышленности и организации: А.С. Астахова, Б. М. Воробьева, С.С. Резниченко, П.З. Звягина, К.К. Кузнецова, А.М. Курносова, Я.В. Моссаковского, В.И. Ганицкого, О.А. Байконурова, и др.

Представляют безусловный интерес диссертации, защищенные в том числе и в последнее время, а именно: Агафонова В.В., Оганесян А.С., Ясучени С.В., Заволокина Д.В., Лемешкина А.В., Бегезы Н.С., Езерского М.Ю., Стадника Д.А., Федорина В.А., Федаша А.В., Хуцишвили Г.А., Шулятьевой Л.И. и др.

В процессе выполнения диссертации использовался комплексный метод исследований, включающий всесторонний инженерно-технический анализ производственного опыта и научно-технических разработок, методы математической статистики, методы теории графов для построения графа «цели-решения» и формирования вариантов.

Комплексное обоснование параметров горнотехнических систем угольных шахт в работе рассматривается как совместное решение задач выбора рациональных пространственно-планировочных решений, оптимальных параметров функционирования основных подсистем (очистные и

подготовительные работы, вентиляция, транспорт, технологический комплекс поверхности и т.д.) и прогрессивного горно-шахтного оборудования.

Традиционные методы проектирования шахт, основанные на выборе небольшого числа вариантов и их детальной оценке, не всегда приводят к нахождению оптимального варианта горнотехнической системы предприятия. Уменьшение вероятности выбора оптимального варианта обусловлено некоторой субъективностью процесса принятия решений, недостаточным анализом и учетом взаимосвязей между отдельными объектами и процессами. Существующие в настоящее время методы, даже с применением ЭВМ, не исключают возможности получения не в полной мере оптимального решения вследствие локальной оптимизации по отдельным процессам и отсутствия совокупного критерия, позволяющего оценить эффективность всей горнотехнической системы угольной шахты.

В настоящее время задача объективного выбора горнотехнических систем угольных шахт рассматривается как многокритериальная задача выбора оптимальной системы из исходного множества систем.

Сущность применяемого комплексного обоснования горнотехнических систем угольных шахт состоит в следующем:

- определение перечня исходных данных для синтеза проектных решений прогрессивных технологических систем угольных шахт;
- выбор критериев оценки вариантов (интегральный критерий или набор критериев);
- обоснование и выбор оптимальной пространственно-планировочной решений проектируемой шахты;
- обоснование основных количественных и качественных параметров горнотехнических систем угольных шахт;
- выбор рационального горнодобывающего оборудования.

Дальнейшее повышение эффективности работы угольных предприятий Кузбасса невозможно без реализации качественно нового подхода к решению вопросов их проектирования современными методами с использованием математического моделирования. Данные методы призваны подкрепить опыт и интуицию проектировщиков и помочь им получить информацию, необходимую для объективного принятия решения, тщательно ее проанализировать и, таким образом, принимать более обоснованные варианты.

Ранее проведенные исследования показали, что при решении задачи конструирования вариантов горнотехнической системы шахты целесообразно в

качестве критерия оптимальности принимать единый для всей системы показатель, выводимый из совокупных коэффициентов эффективности функционирования структурных элементов.

Их установление предполагается осуществлять с использованием экспертного опроса, а рассчитывать их значения – на основе статистического материала по прогрессивным шахтам исследуемого угольного региона. Причем необходимо учесть зависимость значений совокупных коэффициентов отдельных элементов от горно-геологических условий, поскольку очевидно, что один и тот же элемент может быть более или менее эффективен при применении его в различных условиях.

Постановка задачи формирования вариантов горнотехнической системы заключается в следующем: определить такие наперед заданные качественные характеристики и параметры будущей горнотехнической системы шахты, которые позволят обеспечить минимум комплексного критерия эффективности с учетом ограничений на применение технологических элементов по горно-геологическим условиям и при выполнении условий совместимости элементов между собой.

Условный эталон формируется на базе самых высоких, прогрессивных и экономических показателей работы шахты за t лет. Из статистических данных работы шахт района (региона) формируется прямоугольная матрица показателей за t лет, размером $m \times n$, где m – число учитываемых показателей оценки горнотехнической системы, а n – количество шахт в данном угольном районе (регионе).

Совокупный коэффициент эффективности l -го элемента технологической схемы определяется по выражению:

$$K_l = \sqrt{\sum_i (\delta_{il} \cdot \varphi_{ij})^2},$$

где δ_{il} – относительное отклонение i -го производственно-экономического показателя у l -го элемента технологической схемы от эталонного показателя;

φ_{ij} – функциональная полезность (важность) конкретного i -го показателя эффективности j -го уровня технологической схемы.

Для выполнения задачи оптимизации в диссертации разработана структурная модель вариантов технологической системы угольной шахты,

включающей учет совместимости отдельных технологических и технических элементов внутри каждого варианта.

Целевая функция математической модели формирования вариантов горнотехнической системы шахты имеет вид:

$$\Phi_p = \sum_{\epsilon} \eta_{lp} \cdot \kappa_l \rightarrow \min_p, \quad (1)$$

где Φ_p – комплексный критерий эффективности p -го варианта горнотехнической системы шахты;

$$\eta_{lp} = \begin{cases} 1, & \text{если } l\text{-й технологический элемент} \\ & \text{принадлежит } p\text{-ому варианту горнотехнической} \\ & \text{системы;} \\ 0, & \text{если не принадлежит} \end{cases}$$

κ_l – совокупный коэффициент эффективности l -го элемента.

На область допустимых значений функции Φ_p наложены следующие ограничения:

- на допустимость отдельных элементов технологической системы по горно-геологическим условиям:

$$G_l^{\min} \leq G \leq G_l^{\max}, \quad (2)$$

где $G_l^{\min} \leq \{m, \alpha, q, \dots\}_l^{\min(\max)}$ множество горно-геологических и горнотехнических условий для l -го элемента технологической схемы;

- на совместимость технологических элементов внутри каждого варианта горнотехнической системы:

$$x_{l_1 l_2} = 1 \text{ при } \eta_{l_1 p} \cdot \eta_{l_2 p} = 1, \quad (3)$$

где $x_{l_1 l_2}$ – условие совместимости элементов с номерами l_1 и l_2 .

Для их установления было предложено использовать экспертный метод.

Общая последовательность формирования оптимального из множества вариантов горнотехнической системы шахты заключается в следующем:

– определение перечня уровней и элементов горнотехнической системы шахты;

- определение области эффективного применения элементов технологической системы шахты;
- разработка модели определения совокупных коэффициентов эффективности отдельных элементов угольной шахты, учитывающей уровень их полезности и соответствия принятому эталону;
- формирование базы совокупных коэффициентов эффективности отдельных элементов горнотехнической системы на основе статистической отчетности по действующим шахтам и результатам экспертного опроса;
- разработка математической модели формирования вариантов горнотехнической системы, включающей учет совместимости и допустимости отдельных технологических элементов внутри каждого варианта;
- программное обеспечение решения задачи конструирования вариантов горнотехнической системы угольной шахты в заданных условиях,
- обоснование рационального варианта технологической системы из множества допустимых вариантов.

Блок-схема конструирования оптимальной технологической системы угольной шахты представлена на рис. 1.

Разработанная в диссертации методика предназначена для использования на предварительном этапе проектирования горнотехнических систем шахт для выявления рационального сочетания конструктивных элементов технологической схемы с высокими технико-экономическими показателями работы. Кроме того она может быть использована для исследования и прогнозирования различных элементов горнотехнической системы при реконструкции шахты, подготовки новых горизонтов, выемочных участков и частей шахтного поля.

- по управлению процессом реконструкции шахты, подготовки новых запасов горизонтов, обеспечивающих улучшение экономических показателей.

В качестве объектов исследования были приняты 8 действующих шахт ОАО УК «СУЭК-Кузбасс», для чего по указанным объектам были сформированы массивы горно-геологических, горно-технологических и технико-экономических данных.

Из достаточно большой совокупности горно-геологических и горнотехнических показателей наиболее важными для оценки эффективности функционирования отдельных структурных элементов горнотехнической системы шахты являются 45 показателей, характеризующих природные



Рис. 1. Блок-схема конструирования оптимальной горнотехнической системы (ГТС) высокопроизводительной угольной шахты

условия (угол падения и мощность пласта, относительную газообильность шахты и т.д.) и горнотехнические условия (глубина ведения горных работ, размер шахтного поля, длина транспортирования и т.д.), на основе которых разработана качественная характеристика исследуемых угольных шахт Кузбасса, и фактическая область применения их элементов.

Соответствие вариантов решений по элементам горнотехнических систем горно-геологическим условиям разработки угольных месторождений определялось исходя из возможности применения отдельных вариантов технологических решений.

В базовую характеристику горнотехнической системы шахты вносились все элементы качественных характеристик, встречающихся хотя в одном из моделируемых вариантов, и каждому элементу присваивался свой код.

Различные состояния угольной шахты как сложной производственной системы характеризуются большим количеством технико-экономических показателей.

При этом, если рассматривать всю систему «угольная шахта» в смысле совокупности отдельных взаимосвязанных элементов, объединенных общей целью функционирования, то показатели, относящиеся к разным элементам, могут иметь противоречивые тенденции изменения.

Такие явления обусловлены различным характером цели некоторых элементов, что приводит к несовпадению показателей, отвечающих их локальным оптимальным состояниям.

Для каждого конкретного технико-экономического показателя существует такое состояние системы «угольная шахта», при котором его значение становится экстремальным, т.е. по данному частному критерию достигается локальным оптимум.

Оптимальные состояния системы по различным критериям, как правило, не совпадают, поэтому вопрос построения комплексного критерия оптимальности, который позволил бы всесторонне оценить результаты процесса функционирования исследуемого объекта, является достаточно сложным.

Для дальнейшей статистической обработки данных использовалась следующая информация:

– горно-геологические условия (мощность пластов, угол падения, глубина ведения горных работ, водообильность и др.).

– технико-экономические показатели работы горнотехнической системы шахты (нагрузка на очистной забой, себестоимость, удельные капитальные вложения, приведенные затраты, производительность труда и др.).

– технологические и технические решения, соответствующие горнотехнической системе исследуемой шахты (схемы и способы вскрытия и подготовки шахтного поля, системы разработки угольных пластов, оборудование очистных, подготовительных и транспортных работ и т.д.).

Общая последовательность определения совокупных коэффициентов эффективности элементов горнотехнической системы шахты заключалось в следующем:

– проведение экспертного опроса с целью определения стандартизированных рангов производственно-экономических показателей для всех уровней технологической системы шахты;

– формирование матрицы максимальных и минимальных значений i -го показателя эффективности 1-элемента горнотехнической системы для проектируемой шахты (горизонта) в t -м году и условного эталона самых высоких, прогрессивных и экономических показателей работы шахт исследуемого района за t лет;

– формирование матрицы фактических значений i -го показателя эффективности 1-го элемента технологического элемента для проектируемой шахты (горизонта) в t -м году;

– разработка математическая модель определения совокупных коэффициентов эффективности элементов горнотехнической системы с использованием статистической информации по действующим шахтам и результатов экспертного опроса;

– создание программного обеспечения задачи определения совокупных коэффициентов эффективности элементов горнотехнической системы для конкретных горно-геологических условий.

Для реализации задачи определения оценочных совокупных коэффициентов эффективности отдельных элементов горнотехнической системы в различных горно-геологических и горнотехнических условиях разработана блок-схема (рис. 2).

Блок 1 - производит ввод из входного потока матриц S_{ij} , $J_{il}^{\text{эт}}$, $J_{il}^{\Phi n}$, J_{il}^{max} ,

где S_{ij} – весовой балл i -го показателя эффективности j -го уровня горнотехнической системы, определяемый путем экспертного опроса;

$J_{il}^{\text{эт}}$ – эталонное значение i -го показателя эффективности работы j -го элемента горнотехнической системы в проектируемом районе за t лет;

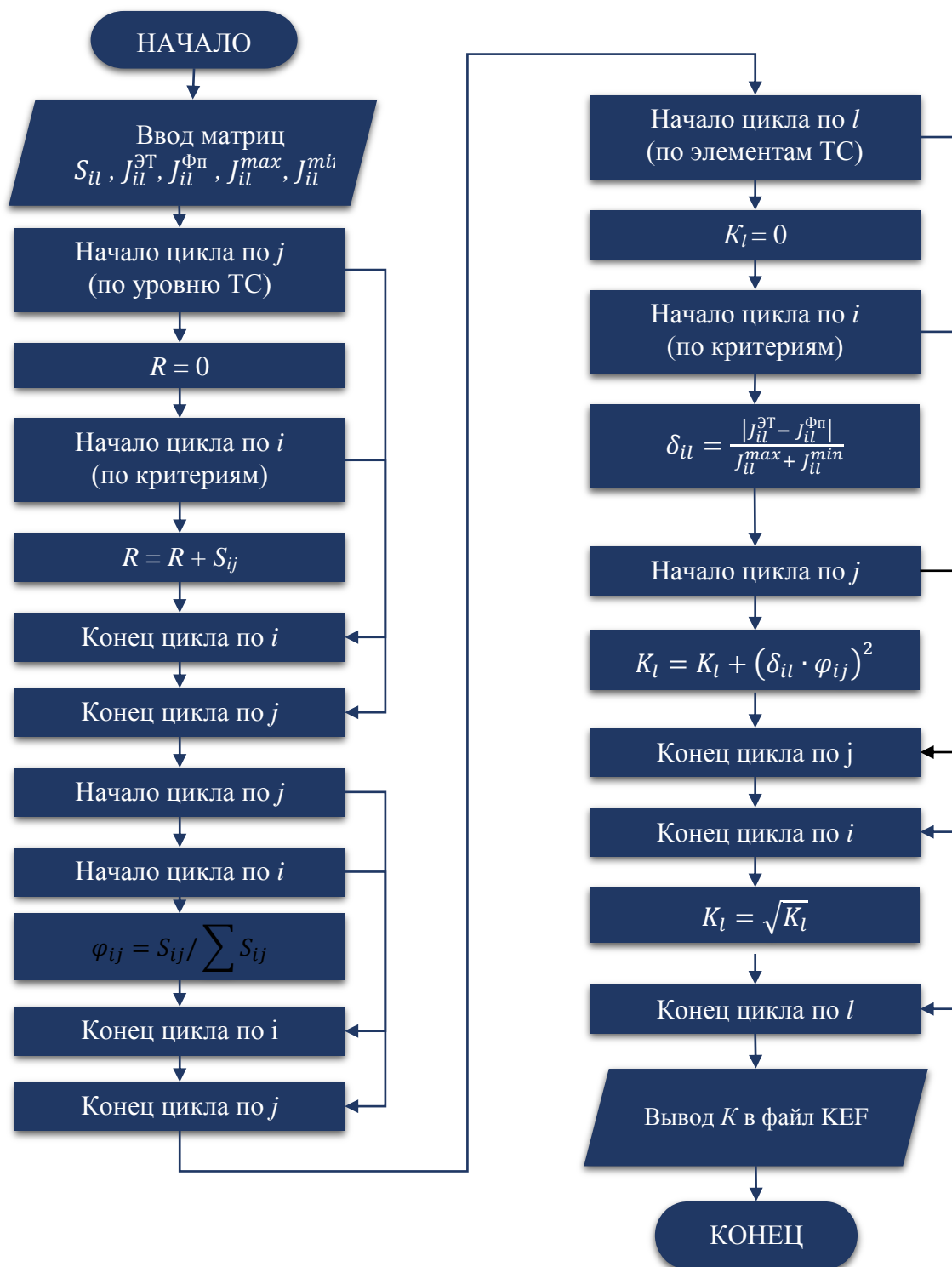


Рис. 2. Блок-схема определений совокупных коэффициентов эффективности отдельных элементов горнотехнической системы шахты

$J_{il}^{\text{фп}}$ – фактическое значение i -го показателя эффективности работы j -го элемента для проектируемой горнотехнической системы шахты (горизонта) в t году;

$J_{il}^{\max (\min)}$ – максимальные и минимальные значения i -го показателя эффективности работы l -го элемента горнотехнической системы в проектируемом районе за t лет.

Блок 2 – начало цикла по уровням горнотехнической системы (j - счетчик цикла).

Блок 3 – зануление рабочей величины R .

Блок 4 – начало цикла по критериям (i - счетчик цикла).

Блок 5 – производит суммирование весовых баллов S_{ij} .

Блок 6 – конец цикла по i .

Блок 7 – рассчитывает величину φ_{ij} важности (полезности) весового балла S_{ij} по формуле:

$$\varphi_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sum S_{ij}}. \quad (3.5)$$

Блок 8 – конец цикла по j .

Блок 9 – начало цикла по элементам горнотехнической системы (l - счетчик цикла).

Блок 10 - зануление величины K_l совокупного коэффициента эффективности 1-го элемента горнотехнической системы.

Блок 11 – начало цикла по критериям (i - счетчик цикла),

Блок 12 – рассчитывается δ_{il} - величина относительного отклонения i -го производственно-экономического показателя 1-го элемента горнотехнической системы от эталонного показателя:

$$\delta_{il} = \frac{|J_{il}^{\text{эм}} - J_{il}^{\Phi n}|}{J_{il}^{\max} + J_{il}^{\min}}. \quad (3.6)$$

Блок 13 – производит суммирование квадратов произведения $\varphi_{il} \cdot \delta_{il}$.

Блок 14 – конец цикла по i .

Блок 15 – рассчитывает K_l по формуле:

$$K_l = \sqrt{\sum_i (\delta_{il} \cdot \varphi_{il})^2} \quad (3.7)$$

Блок 16 – конец цикла по l .

Блок 17 – производит заполнение файла KEF матрицей K_l – совокупных коэффициентов эффективности l -го элемента горнотехнической системы.

Если величина $K_l \rightarrow 0$, то l -й элемент является эффективным для данных горно-геологических и горнотехнологических условий, т.е. его наличие в технологической системы окажет положительное влияние на технико-экономические показатели проектируемого объекта и ему следует отдавать

предпочтение при выборе рационального сочетания конструктивных элементов.

Описанный алгоритм определения совокупных коэффициентов эффективности отдельных элементов горнотехнической системы позволяет, во-первых, существенно сократить их объем на предварительной стадии проектирования, что положительно влияет на затраты машинного времени и труда при решении задач формирования вариантов горнотехнической системы, а во-вторых, исключить возможность возникновения ошибок при выборе множества альтернативных решений, что нельзя гарантировать при существующих методах, не исключающих наличие элементов субъективности.

Отличительная его черта (его преимущество) - он базируется на статистической информации о работе действующих шахт Кузбасса за период с 2010 по 2016 гг. и его использование при проектировании горнотехнической системы для горно-геологических условий, заложенных в модели, не требует повторных расчетов.

Базовая качественная характеристика горнотехнической системы угольной шахты для разработки пологих пластов месторождений Кузбасса включает следующие уровни: схема отработки шахтного поля; схема вскрытия по числу откаточных горизонтов; расположение главных вскрывающих выработок относительно шахтного поля; тип главных вскрывающих выработок; тип вспомогательных вскрывающих выработок; схеме вентиляции; порядок отработки пластов; схема подготовки шахтного поля; способ подготовки пластов; порядок отработки части шахтного поля; порядок отработки частей шахтного поля; расположение подготовительных выработок относительно пласта; способ проведения выработок; порядок отработки столбов в наклонной плоскости и направление подвигания очистного забоя; порядок обработки столбов; способ управления горным давлением; схема проветривания участка (лавы); наличие мероприятий по упрочнению (разупрочнению) кровли; система разработки, схема расположения откаточной выработки, способ ее проведения; система разработки, схема расположения вентиляционной выработки, способ ее проведения; тип крепи очистного забоя; тип выемочной машины; тип транспорта угля вдоль забоя; тип транспорта угля по участковым выработкам; тип вспомогательного транспорта по участковым выработкам; тип транспорта угля по подготовительным наклонным выработкам; тип вспомогательного транспорта по подготовительным наклонным выработкам; тип транспорта угля по подготовительным магистральным горизонтальным выработкам; тип

вспомогательного транспорта по подготовительным магистральным горизонтальным выработкам.

При конструировании горнотехнических систем высокопроизводительных угольных шахт следует иметь в виду, что основные технологические элементы отличаются значительным сроком службы, поэтому проектирование этих элементов для реализации первого этапа функционирования шахты должно вестись с учетом возможного эффективного и гибкого использования их на последующем этапе развития шахты.

Практическая апробация результатов выполненных исследований осуществлена на шахте «Жерновская - 1» (Кузбасс).

В соответствии с проектом строительство шахты предусматривается в две очереди: 1 очередь - 3000 тыс. т в (вскрытие и подготовка запасов пласта 50); 2 очередь (вскрытие и подготовка запасов пластов 48, 48-45) - 3000 тыс. т.

Полная проектная мощность шахты будет составлять порядка 6000 тыс. т угля в год.

В диссертации рассмотрены три варианта вскрытия запасов горнотехнической системы шахты «Жерновская - 1»:

- вариант 1- вскрытие выработками, пройденными по пластам 51 и 50 с единой площадки;
- вариант 2 - комбинированное вскрытие вертикальным и наклонным конвейерным стволами с единой площадки;
- вариант 3 - комбинированное вскрытие вертикальным и наклонными конвейерным и вспомогательным стволами с разных площадок.

В каждом из рассматриваемых вариантов вскрытия строительство шахты «Жерновская - 1» будет осуществляться в две очереди: к первоначальной отработке принят пласт 50 во вторую очередь вскрывается пласт 48-45.

Наиболее рациональным вариантом вскрытия запасов пластов шахтного поля, исходя из проведенного сравнения, является вариант №1, который и принимается к дальнейшей реализации.

Исходя из горно-геологических и горнотехнических условий залегания в границах проектируемого шахтного поля для очистной выемки основных запасов пластов принимается система разработки длинными столбами по простиранию с полным обрушением кровли.

Отработка запасов угольных пластов осуществляется на полную мощность их. Принятая длина лавы составляет 300 м в восточном крыле шахтного поля и 200-250 м в западном крыле при длине выемочных столбов от 1500 до 4000 м.

Второй системой разработки, применяемой для отработки участков пластов шахтного поля, имеющих ограниченные размеры и неправильную форму границ, изолированные от основных запасов мощными дизъюнктивами, является камерно-столбовая система разработки.

Для условий шахты «Жерновская-1» рекомендуются следующие параметры камерно-столбовой системы разработки: длина выемочного столба – 100-200 м; расстояние между очистными камерами – 8-10 м.

В качестве основного оборудования для проведения нарезных выработок и очистной выемки угля из заходов планируется применение высокопроизводительного комплекса JOY, современного технического уровня.

С перечисленными параметрами и комплектацией основным оборудованием фирмы JOY один забой системы КСО обеспечивает среднюю суточную нагрузку - 1000т (300 тыс.т./год).

В качестве проходческого оборудования предусматривается применение комбайнов DBT 30M3 с навесным бурильным оборудованием и комбайнов RH-22 избирательного действия для проведения подготовительных выработок, арочной формы.

В диссертации в соответствии с принятым вариантом вскрытия запасов №1 рассмотрены несколько вариантов развития подсистемы «очистные работы» в зависимости от применяемого оборудования, наличия резервных очистных забоев (таблица 1).

Результаты сравнения вариантов развития подсистемы «очистные работы» позволяют сделать следующие выводы: самым целесообразным является вариант применения на очистных и подготовительных работах наиболее производительного и надежного в эксплуатации импортного оборудования (вариант 3).

Данный вариант характеризуется наибольшей концентрацией очистных и подготовительных работ, более коротким периодом строительства и меньших затрат на ввод шахты в эксплуатацию.

Кроме того, данный вариант характеризуется высоким уровнем производственной мощности: на период сдачи - 3540 тыс.т; на освоение (после окончания строительства) – 6780 тыс.т (по варианту 4 (отечественное оборудование): на сдачу – 1875 тыс.т, на освоение – 6340 тыс.т), а также наиболее полным извлечением запасов угля.

Данные факторы определяют возможность получения более высоких доходов в первые годы отработки запасов, которые обеспечивают развитие

Таблица 1 - Варианты развития подсистемы «очистные работы» на шахте «Жерновская-1»

Варианты развития	Применяемое очистное оборудование	Средняя нагрузка на очистной забой, (тыс. т / год), очередь	Период отработки запасов лет	Капитальные вложения на строительство, млн. руб.	Себестоимость добычи	Срок окупаемости, лет	Проектная мощность, млн. т /год
Вариант № 1	Отечественное очистное оборудование КМ-138, К-500, КМ-144, К-700А	I очередь – 2180-2245; II очередь – 3560-4875 (среднее 4300)	Период отработки 51,50,48, 48-55 и 45 пластов составит 21 год	10 691,0	420,0	8,7	4,6
Вариант № 2	Отечественное оборудование КМ-138, К-500, КМ-144, К-700А. Дополнительно по каждому пласту предусмотрено ведение резервного очистного забоя	I очередь – 2560-2580; II очередь – 3760-5680 (среднее 5300)	Период отработки 51, 50, 48, 48-55 и 41 пластов составит 19 лет	11 737,2	430,5	8,1	5,3
Вариант № 3	Импортное очистное оборудование DBT 11/23, DBT 2200/4800, DBT 1500/3300 струговая установка GH 9-38ve /57 с комбайном EL 600 и EL 1000	I очередь – 3000; II очередь – 4560-6130 (средняя 5400)	16 лет	13 221,0	460,1	8,2	6,780 (при строительстве 3,540)
Вариант № 4	Отечественное оборудование КМ-138, К-500, КМ-144, К-700А три очистных забоя. Третий забой по пласту 51.			13 527,3	430,6	8,4	6,340 (при строительстве 1,875)

шахты за счет собственных средств предприятия и в целом улучшают показатели экономической эффективности.

По данному варианту чистый дисконтированный доход за рассматриваемый период выше, чем по варианту 4, на 400 млн.руб. или на 28%.

Таким образом к дальнейшему обоснованию принимается вариант 3 - применение в очистных и подготовительных забоях импортного оборудования фирмы «DBT» (Германия).

Выполненный анализ влияния проектных решений по элементам технологических систем исследуемой шахты на уровень значений совокупного коэффициента эффективности показывает, что наиболее весомо влияют технические элементы горнотехнической системы (тип крепи очистного забоя и выемочной машины, схема транспорта угля по выработкам и др.).

Именно с этими элементами технологической системы связаны менее объемные и дорогостоящие горные работы, следовательно, и затраты на их реализацию в период строительства и эксплуатации шахты при небольшом сроке их службы и высокой мобильности. Поэтому при управлении процессом проектирования шахты и подготовки новых горизонтов необходимо основное внимание уделять поиску рациональных технических решений с помощью элементов, обеспечивающих высокие технико-экономические показатели.

В диссертации дана оценка эффективности рекомендуемого варианта горнотехнической системы шахты «Жерновская-1». Комплексный критерий эффективности разработанной горнотехнической системы, определенный по предложенной методике, составляет 3,4228, что на 0,1766 меньше, чем у базового варианта (таблица 2).

Это позволяет рекомендовать результаты исследований для дальнейшей реализации при обосновании параметров горнотехнических систем высокопроизводительных угольных шахт.

Реализация разработанной методики дает возможность осуществить объективную оценку эффективности функционирования подсистем и элементов проектируемой горнотехнической системы высокопроизводительной угольной шахты в различных горно-геологических условиях;

Разработанные рекомендации по обоснованию прогрессивных вариантов горнотехнических систем угольных шахт Кузбасса переданы для дальнейшего использования в техническую дирекцию ОАО «СУЭК-Кузбасс».

Таблица 2 – Оценка эффективности альтернативных вариантов горнотехнической системы шахты «Жерновская 1»

№ уровня технологической схемы	Номер 1-го элемента технологической схемы	
	Совокупный коэффициент эффективности I-го элемента технологической схемы	
	Рекомендуемый вариант	Проектный вариант, разработанный институтом Кузбассгипрошахт
I	1-0,563	1-0,563
II	3-0,0122	3-0,0122
III	6-0,0511	6-0,0511
IV	13-0,0396	13-0,0396
V	14-0,0514	14-0,0514
VI	24-0,0622	24-0,0622
VII	28-0,0967	28-0,0967
VIII	30-0,1180	30-0,1180
IX	33-0,1870	33-0,1870
X	39-0,0540	39-0,0540
XI	41-0,0719	41-0,0719
XII	42-0,0543	42-0,0543
XIII	46-0,3214	46-0,3214
XIV	49-0,17	49-0,17
XV	56-0,3527	56-0,3537
XVI	57-0,1179	57-0,1179
XVII	63-0,0973	63-0,0973
XVIII	65-0,0044	65-0,0044
XIX	66-0,0828	66-0,0828
XX	80-0,0864	80-0,0864
XXI	93-0,1779	93-0,2279
XXII	127-0,0587	130-0,0546
XXIII	151-0,0397	153-0,0703
XXIV	179-0,1115	179-0,1115
XXV	204-0,0727	203-0,0933
XXVI	239-0,1082	239-0,1082
XXVII	261-0,0941	270-0,0682
XXVIII	296-0,1680	296-0,1680
XXIX	323-0,1031	323-0,1031
Комплексный критерий эффективности горнотехнической системы (ГТС)	3,4228	3,5994

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи комплексного обоснования параметров горнотехнических систем высокопроизводительных угольных шахт на основе синтеза технологических и технических решений, обеспечивающих повышение качества, надежности и эффективности проектных решений и технико-экономических показателей функционирования горнодобывающего предприятия.

Основные научные выводы и результаты, полученные лично автором, заключаются в следующем.

1. В результате анализа производственного опыта и результатов исследований горнотехнических систем угольных шахт установлено, что методы синтеза горнотехнических систем в целом, и особенно в части выбора качественных и количественных характеристик, их требуют дальнейшего развития. Как состоящую из значительного числа подсистем и элементов многофункциональных систем.

2. Разработана методика комплексного обоснования параметров горнотехнической системы угольной шахты, предусматривающая интегральную оценку показателей функционирования горного предприятия, которая позволяет определить качество проектных решений с использованием коэффициентов совокупной эффективности элементов и подсистем.

3. Разработана математическая модель формирования вариантов горнотехнической системы шахты, которая реализует принцип выхода на минимум комплексного критерия оценки эффективности с учетом ограничений на совместимость и применимость ее элементов в заданных горно-геологических и горнотехнических условиях.

4. Предложена процедура определения совокупных коэффициентов эффективности для поуровневой оценки элементов технологической системы угольной шахты.

5. Сформированы матрицы условного эталона самых высоких прогрессивных технологических и экономических показателей работы шахт Кузбасса за 6 лет (2010-2016гг.) и фактических технико-технологических показателей эффективности работы угледобывающих предприятий исследуемого региона

6. На основе прогрессивных пространственно-планировочных, технологических и технико-экономических показателей работы шахт ОАО УК

«СУЭК-Кузбасс» сформирована база оценочных совокупных коэффициентов эффективности отдельных элементов горнотехнической системы высокопроизводительной угольной шахты.

7. Практическая апробация результатов исследований осуществлена посредством при комплексной обоснованности выбора рационального варианта развития шахты «Жерновская - 1», на основании которой установлено, что вариант развития шахты с годовой производственной мощностью 6000 тыс.т угля, предложенный автором, более перспективен. Расчетный годовой экономический эффект от внедрения результатов выполненной работы составляет 16,7 млн. руб.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах автора:

1. **Антонов М.А., Агафонов В.В., Ютяев А.Е.** Основы методологии проектирования гибкой технологии угледобычи // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011 - №11. – С.31-35.

2. **Ютяев А.Е., Беляев В.В., Агафонов В.В.** Когенерация ресурсосберегающих технологий при разработке угольных месторождений. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) - 2013 - №6. – С.69 – 74.

3. **Мельник В.В., Васючков Ю.Ф., Ивков М.А., Ютяев А.Е.** Научно-методические основы проектирования горнотехнических систем отработки запасов крупномасштабных месторождений на базе сочетания различных геотехнологий. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2014.- №12 (специальный выпуск) – 16с.

4. **Оганесян Н.К., Агафонов В.В., Ютяев А.Е., Беляев В.В.** Комплексная оптимизация структурных элементов технологических схем угольных шахт. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2016. - №2. – С.253-259.

5. **Агафонов В.В., Беляев В.В., Ютяев А.Е.** Информационно-методическое обеспечение процедуры синтеза технологических систем угольных шахт с учетом рисков // Повышение качества образования, современные инновации в науке и производстве» Сборник трудов Международные научно-исследовательской конференции. г. Прокопьевск, 2015. – С. 117-119.

6. **Гребенкин С.С., Мельник В.В., Ютяев А.Е. и др.** Проектирование технологических систем шахт. (Учебное пособие). //Донецк «ВИК» - 2014. – 511с.