

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский
технологический университет «МИСИС»**

ФАМ ДИК ТХАНГ

**ОБОСНОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО
ПЛАНИРОВОЧНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО
ИНТЕНСИВНОЙ ОТРАБОТКЕ НАКЛОННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ
СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУАНГНИНЬ СРВ**

Специальность 25.00.21 – «Теоретические основы проектирования
горнотехнических систем» и 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и
строительная)»

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доцент, кандидат технических наук
Виткалов Виктор Григорьевич.

Москва – 2018

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований и степень ее проработанности:

Одной из важнейших задач стоящих перед угольной промышленностью Вьетнама, является дальнейшее совершенствование технологии подземной добычи угля при повышении технико-экономического уровня развития шахт и уровня безопасности горных работ.

По итогам работы угольной промышленности Вьетнама за 2017год, добыча угля составила 57 млн.тон. При этом добыча угля с использованием буровзрывных работ и погрузкой угля вручную на конвейер составила 95%.

Добыча угля с использованием средств комплексной механизации в 2017г составила 3% в бассейне Куангнинь по данным вьетнамской компании «Винакомин».

Однако, для угольной промышленности Вьетнама остается серьезной проблема добычи угля с наклонных угольных пластов средней мощности, в которых сосредоточено 24, 03% от общих балансовых запасов угля.

Это связано с весьма сложными горно-геологическими условиями залегания угольных пластов, подверженных интенсивной дизъюнктивной нарушенности, что затрудняет применение высокопродуктивных систем подготовки и ведения очистных работ.

Научные и практические основы технологии подземной добычи угля развиваются на протяжении более 150 лет. В концентрированном виде подземная геотехнология представлена в фундаментальных работах Российских и Вьетнамских учёных: А.А. Скочинского, Б.Ф. Братченко, Л.Д. Шевякова, В.В. Ржевского, Ю.Ф. Васючкова, Ю.Н. Кузнецова, В.И. Коваленко, В.В. Мельника, В.В Агафонова, А.С. Бурчакова, Н.В. Мельникова, А.Н. Панкратенко, В.А. Атрушкевич, И.Н. Савич, А.В. Докунина, Л.А. Пучкова, В.Г. Виткалова, Ю.Н. Жежелевского, А.В. Ремезова, В.А. Потапенка, Ле Ны Хунг, Нгуен Ань Туан, Фам Чунг Нгуен и другие, которые внесли большой вклад в дело реализации данной проблемы.

Из анализа перспектив развития угольной промышленности Вьетнама следует, что резерв повышения эффективности подземной добычи угля из наклонных угольных пластов средней мощности лежит в использовании различных технологий подготовки и отработки выемочных полей, адаптированных к конкретным горно-геологическим и горнотехническим условиям, с использованием нетрадиционных технологий для угольной промышленности Вьетнама.

Следовательно, разработка технологических схем, отработки наклонных угольных пластов средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя и камерно-столбовой системой разработки и обоснования их пространственной ориентации в пределах шахтного поля весьма своевременна.

Ниже приведенные системы разработки отличаются мобильностью и способностью адаптироваться к изменениям горнотехнических и горно-геологических условий залегания наклонных угольных пластов средней мощности при отработке ограниченных запасов угля в пределах этажа.

В связи с вышеизложенными исследованиями решения по обоснованию пространственной ориентации выемочных участков и определению технологических параметров систем разработки по эффективной и безопасной отработке запасов наклонных угольных пластов средней мощности провинции «Куангнинь», являются актуальными научными задачами, что подтверждает необходимость проведения исследования в данной области.

Целью диссертации является обоснование инновационных пространственно-планировочных и технологических решений по интенсивной отработке запасов наклонных угольных пластов средней мощности, обеспечивающих повышение технико-экономической эффективности и безопасности горного производства на шахтах СРВ.

Идея работы заключается в использовании выявленных закономерностей направленного изменения угла диагонального положения горных выработок, очистного забоя и обоснования технологических параметров предохранительных целиков с целью обеспечения безопасности и эффективности горных работ по отработке запасов Куангнинского каменноугольного месторождения.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1. Выбор варианта раскройки запасов этажа следует осуществлять с учетом пространственной ориентации скатов, камер и диагональной линии очистного забоя при различных углах падения наклонных угольных пластов средней мощности, что позволяет увеличить нагрузку на очистной забой от 1,5 до 2,5 раз и полноту извлечения запасов в 1,2 раза (паспорт специальности 25.00.21- пункты 2.3 и 3.1).

2. Обоснование на стадии проектирования параметров технологии отработки запасов наклонных угольных пластов средней мощности с использованием камерно-столбовой системы разработки должен осуществляться с учетом параметров предохранительной пачки угля и подзавальных целиков в зависимости от горнотехнических и горно-геологических факторов (паспорт специальности 25.00.22- пункты 3.2 и 3.3).

3. Пространственная ориентация и технологические параметры выемочного участка при отработке наклонных угольных пластов средней мощности, с использованием системы разработки с диагональным расположением линии очистного забоя, оснащенного самопередвигающимися шарнирно-оградительными крепями и уровнем нагрузки на очистной забой не

менее 600 т в сутки, должна осуществляться с учетом угла наклона линии очистного забоя и глубины ведения горных работ (паспорт специальности 25.00.21- пункты 2.2 и 25.00.22- пункты 3.1).

Научная новизна результатов исследования:

1. Установлена закономерность рационального угла диагонального расположения подготовительных выработок и линии очистного забоя в зависимости от угла падения пласта на основе математического моделирования, позволяющая обоснованно реализовать пространственную ориентацию и параметры выемочного участка в пределах этажа, что позволяет снизить в 1,7 раза капитальные вложения на тонну извлекаемых запасов;

2. Выведено аналитическое выражение и разработан программный модуль, позволяющие в зависимости от глубины горных работ, мощности и угла падения пласта, оптимизировать угол наклона очистного забоя и мощность предохранительной пачки угля и подзавальных целиков с учетом запаса прочности горных пород и уменьшить потери угля от 10 до 15%;

3. Предложена инновационная технологическая схема высокоэффективной отработки запасов наклонных угольных пластов средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя с применением самопередвигающихся шарнирно-оградительных крепей, позволяющая механизировать процесс выемки угля и управления кровлей в лаве и повысить нагрузку на очистной забой от 1,5 до 2,5 раза.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается:

- анализом представительного объема существующих отечественных и зарубежных технологий отработки наклонных угольных пластов средней мощности и нормативно-методической базы проектирования выемочных блоков;

- корректным использованием комплексного метода исследований, включающего метод научно-технического обобщения информации и аналитические методы исследований, с использованием математических методов и применением для их обработки технологического и компьютерного моделирования;

- значительным объёмом проанализированной горнотехнической литературы по вопросам, связанным с повышением эффективности отработки наклонных угольных пластов средней мощности; удовлетворительной сходимостью результатов теоретических исследований с данными, полученными при опытно-промышленных испытаниях предложенной технологии на шахте Уонгби бассейна Куангнинь (отклонении не превышении 15%).

Научное значение работы заключается в развитии методических положений по обоснованию оптимальных пространственно-планировочных и

технологических параметров выемочного участка при отработке запасов наклонных угольных пластов средней мощности, обеспечивающих высокоэффективное и безопасное освоение георесурсного потенциала Куангнинского месторождения.

Практическое значение работы:

- в разработке инновационных технологических схем отработки запасов Куангнинского угольного месторождения и обосновании методики выбора приоритетной технологии с обеспечением устойчивого развития горного производства;

- разработан программный модуль, позволяющий с учетом горно-геологических условий залегания наклонных угольных пластов средней мощности определять параметры предохранительной пачки угля и подзавальных целиков при камерно- столбовой системе разработки.

Реализация результатов исследований. Основные научные результаты диссертации были использованы Ханойским институтом горной науки и технологии (ХИГНиТ) при подготовке проектной документации на отработку наклонного угольного пласта средней мощности «8 –Донгвонг» на шахте Уонгби бассейна Куангнинь. Разработанный программный модуль для определения параметров технологической схемы задействован в учебном процессе Куангнинского индустриального университета (КИУ) при изучении дисциплины «Подземная геотехнология».

Апробация работы. Основные научные положения диссертационной работы докладывались на научных семинарах кафедры «Геотехнология освоения недр» НИТУ МИСиС, докладывались на международных симпозиумах «Неделя горняка» (г. Москва 2016- 2018гг), на конференции о горной науке и технологии во Вьетнаме «Горное дело в интересах устойчивого развития» (г. Ханой, институт “ХИГНиТ”, 2018г).

Публикации. По результатам научных исследований опубликованы 9 научных статей, из них 4 статьи в журналах, индексируемых в наукометрических базах данных – Scopus и 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Структурный объем работы. Выполненная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, содержит 85 рисунков, 22 таблицы и список литературы из 105 источников и 2 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертации, сформулирована цель диссертации, идея работы и поставлены основные научные положения, выносимые на защиту, а также приведены научная новизна, практическое значение работы и реализация выводов и рекомендаций.

В первой главе диссертации проведены анализ особенности условий функционирования и развития шахтного фонда угольной промышленности Вьетнама, аналитический обзор технологий подземной разработки наклонных угольных пластов средней мощности на шахтах Вьетнама и зарубежных стран, выполнен анализ горно-геологических и горнотехнических условий залегания наклонных угольных пластов средней мощности на шахтах Вьетнама и перспективы применения высокоэффективных технологий и средств механизации.

По перспективному плану развития Вьетнамской генеральной компании «Винакомин» в период с 2010 по 2025 годы рост добычи угля должен составлять: 7,7% с 2010 по 2015 год, и 4,6% с 2016 по 2025 год. По этому плану до 2025 года предусмотрено довести добычу угля до 71.1 млн.т в год, в том числе около 80 - 86% подземным способом, т.е подземная добыча угля будет доминировать над открытыми горными работами

На основании итогов работы угольной промышленности Вьетнама за 2017г. и анализа статистических данных национальной угольной компании «Винакомин» добыча угля с использованием буровзрывных работ и погрузкой угля вручную на конвейер составила 95% от общей добычи по стране. Удельный вес подземной добычи угля из лав, оснащенных механизированными очистными комплексами от общей добычи по стране в 2017г. составил 2,7%.

На основании выполненного анализа горно-геологических и горнотехнических условий Куангнинского угольного бассейна видно, что для угольной промышленности СРВ остается серьезной проблемой добыча угля с наклонных угольных пластов средней мощности, в которых сосредоточено 24,03% (4,42 млрд.т) от общих балансовых запасов угля.

Горно-геологические условия залегания наклонных угольных пластов средней мощности угольного Куангнинского бассейна весьма сложные, что затрудняет применения высокоэффективных технологий добычи угля.

В мировой практике отсутствуют положительные примеры высокоэффективной отработки наклонных угольных пластов средней мощности, так как все знания и внимание сосредоточены на длинолавные системы разработки по отработке пологих угольных пластов по технологии “шахта-лава”, “шахта-пласт”.

В настоящее время можно выделить несколько перспективные направления развития технологий отработки наклонных угольных пластов средней мощности:

1. Оработки по длиннолавной технологии в благоприятных горно-геологических условиях, с расположением очистного забоя по простиранию ($\alpha \leq 25^\circ$) и с использованием специальных якорных устройств от сползания вниз механизированной крепи;

2. С обработкой этажа очистными забоями по падению ($\alpha \geq 30 \div 35^\circ$) с использованием щитовых агрегатов;

3. С расположением очистного забоя по простиранию ($\alpha \leq 30 \div 35^\circ$) и пласт мощностью до 1,5 м с использованием очистных комбайнов Темп или Комсомолец.

4. С диагональным расположением линии горных выработок и выемкой угля с использованием БВР;

5. С диагональным расположением очистной линии забоя с использованием самопередвигающихся шарнирно-оградительных крепей;

6. Камерно-столбовая система разработки с подготовкой выемочного блока диагональными скатами с выемкой камер по простиранию и обработкой междукammerного целика заходки по восстанию или падению

Из шести вариантов для обработки наклонных угольных пластов средней мощности для Куангнинского угольного бассейна наиболее перспективными являются 4, 5 и 6 варианты.

Из анализа перспектив развития угольной промышленности Вьетнама следует, что резерв повышения эффективности подземной разработки наклонных угольных пластов средней мощности лежит в комплексном использовании различных технологии, адаптированных к конкретным горно-геологическим и горнотехническим условиям, с применением камерно-столбовой технологии и выемкой угля длинными лавами с диагональным расположением линии очистного забоя.

Во второй главе проведено конструирование технологической схемы обработки наклонных угольных пластов средней мощности с применением камерно-столбовой системы и выемкой междукammerного целика буровзрывным способом; разработана технология обработки наклонных угольных пластов средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя с использованием самопередвигающихся шарнирно - оградительных крепей. Разработаны технологические схемы с использованием камерно-столбовой системы разработки, выемкой угля комбайном при обработке наклонных угольных пластов средней мощности на шахтах месторождения Куангнинь.

На основании проведенного анализа технологии обработки наклонных угольных пластов средней мощности на шахтах Вьетнама, а также мирового опыта подземной угледобычи и разработанных технологических схем, нами были разработаны направления технологии и блок-схема выбора системы разработки наклонных угольных пластов средней мощности Куангнинского угольного бассейна, которая приведена на рис.1 и рис.2.

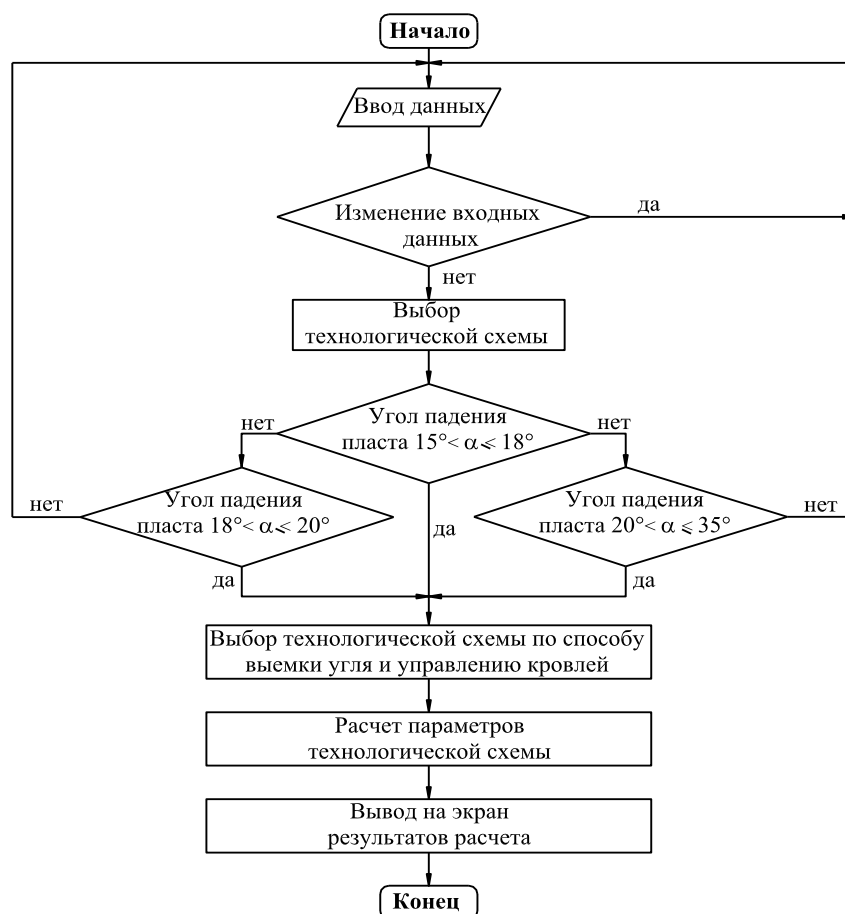


Рис.1 – Блок – схема алгоритма выбор системы разработки наклонных угольных пластов средней мощности

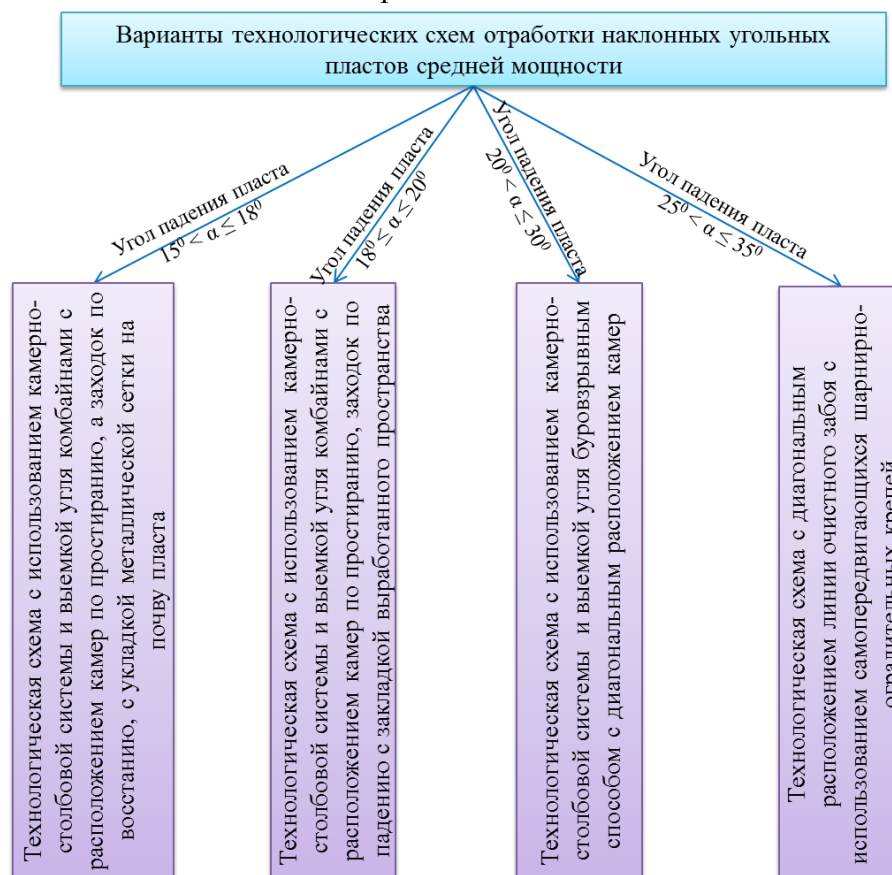


Рис. 2 - Варианты технологических схем отработки наклонных угольных пластов средней мощности

На основе проведенных опытно-промышленных испытаний технологической схемы при отработке наклонных угольных пластов средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя и управлением кровлей с использованием шарнирно-оградительных крепей и выемкой угля БВР, были получены хорошие результаты. На основании экспериментальных исследований установлен характер распределения максимума опорного горного давления, в горной выработке относительно кромки очистного забоя. Получены количественные силовые параметры крепи, для обеспечения эффективной и безопасной работы в исследуемом диапазоне горно-геологических условий.

Однако, применение традиционных технологических схем разработки наклонных угольных пластов средней мощности и средств механизации с буровзрывным способом добычи не соответствует в должной мере современным требованиям повышения безопасности и производительности добычи угля в лаве. Поэтому необходимы рациональные решения по интенсивной комплексно-механизированной отработке запасов наклонных угольных пластов средней мощности бассейна Куангнинь безвзрывным способом.

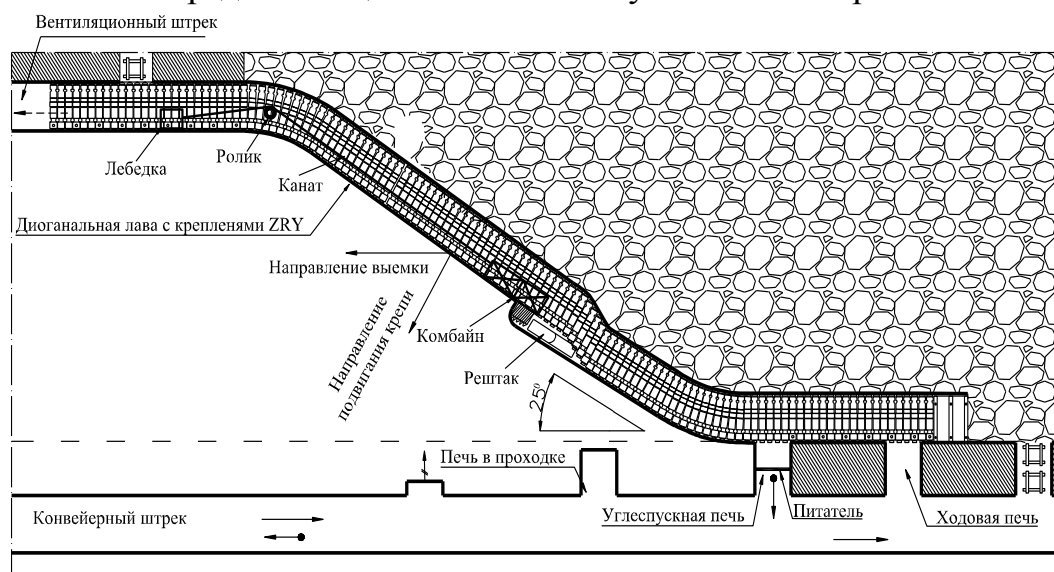


Рис.3 - Технологическая схема отработки наклонного угольного пласта средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя с выемкой угля комбайном

Учитывая специфические горно-геологические условия залегания наклонных угольных пластов средней мощности Куангниньского угольного бассейна, для отработки угольных пластов средней мощности с углом падения до от 30^0 до 35^0 автором была разработана рекомендация технологической схемы по отработке запасов выемочных полей с использованием системы разработки с диагональным забоем с выемкой угля очистными комбайнами и использованием шарнирно - оградительных крепей «ZRY» (Технологическая схема представлена на рис.3).

Учитывая специфические горно-геологические условия залегания наклонных угольных пластов ($15^{\circ} \leq \alpha \leq 35^{\circ}$) средней мощности, нами были разработаны рекомендации и варианты технологических схем по отработке блоков с использованием камерно-столбовой системы разработки, которая приведена на рис.4, рис.5, рис.6, рис.7 и рис.8.

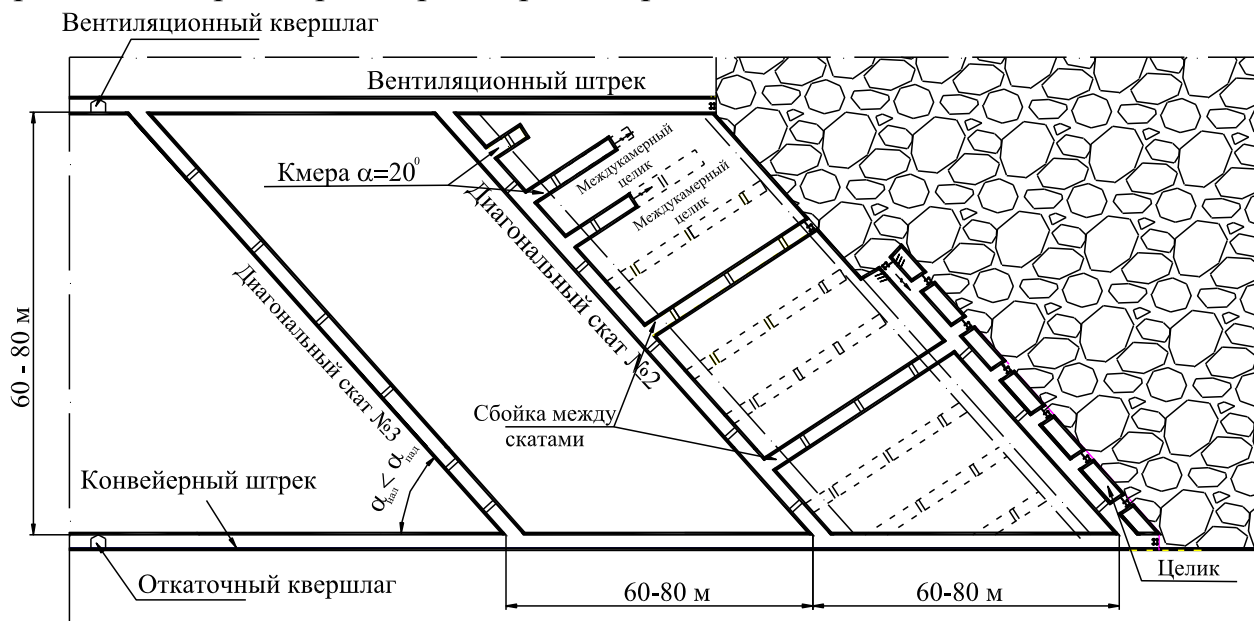


Рис.4 - Технологическая схема камерно-столбовой системы разработки с выемкой угля буровзрывным способом (уголь падения пласта от 20 – 30°)

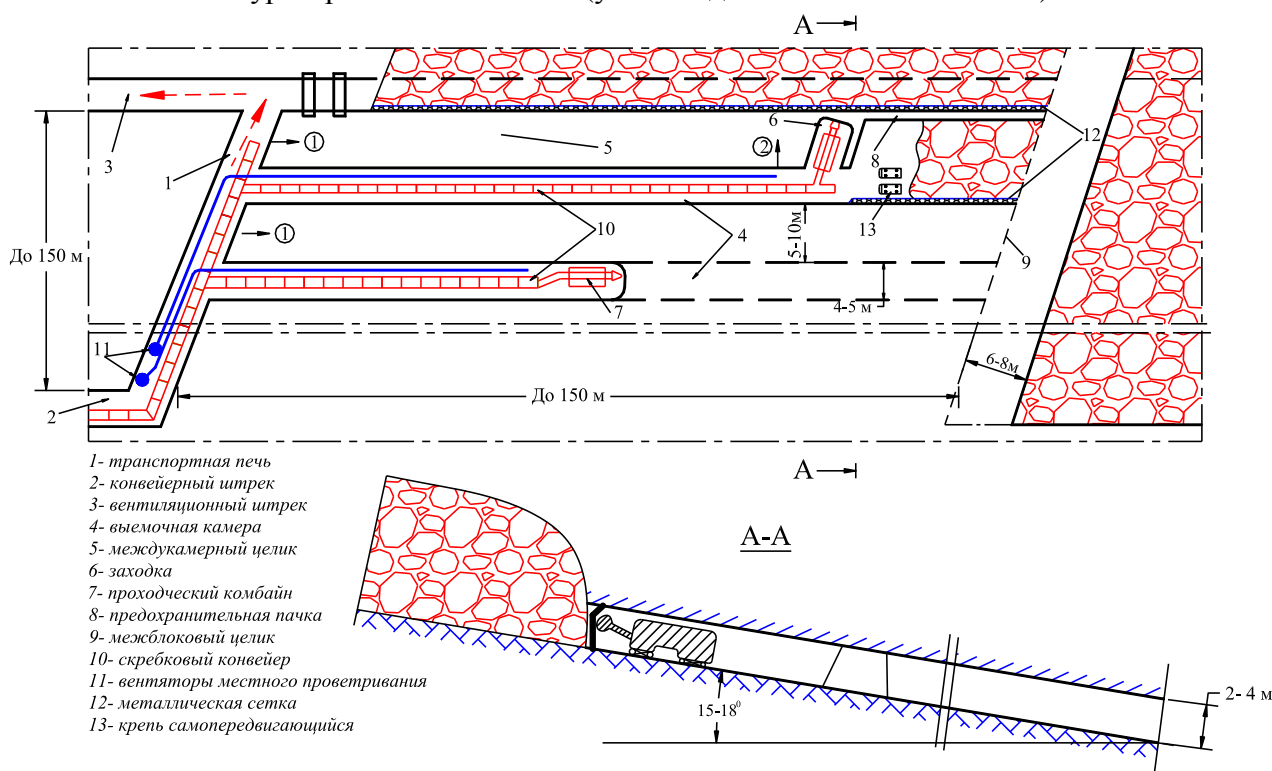


Рис.5- Технологическая схема отработки угольного пласта с использованием камерно-столбовой системы разработки при углах падения пласта от $15-18^{\circ}$ с расположением камер по простиранию и заходок по восстанию, с укладкой металлической сетки на почву пласта и оставлением предохранительной пачки угля

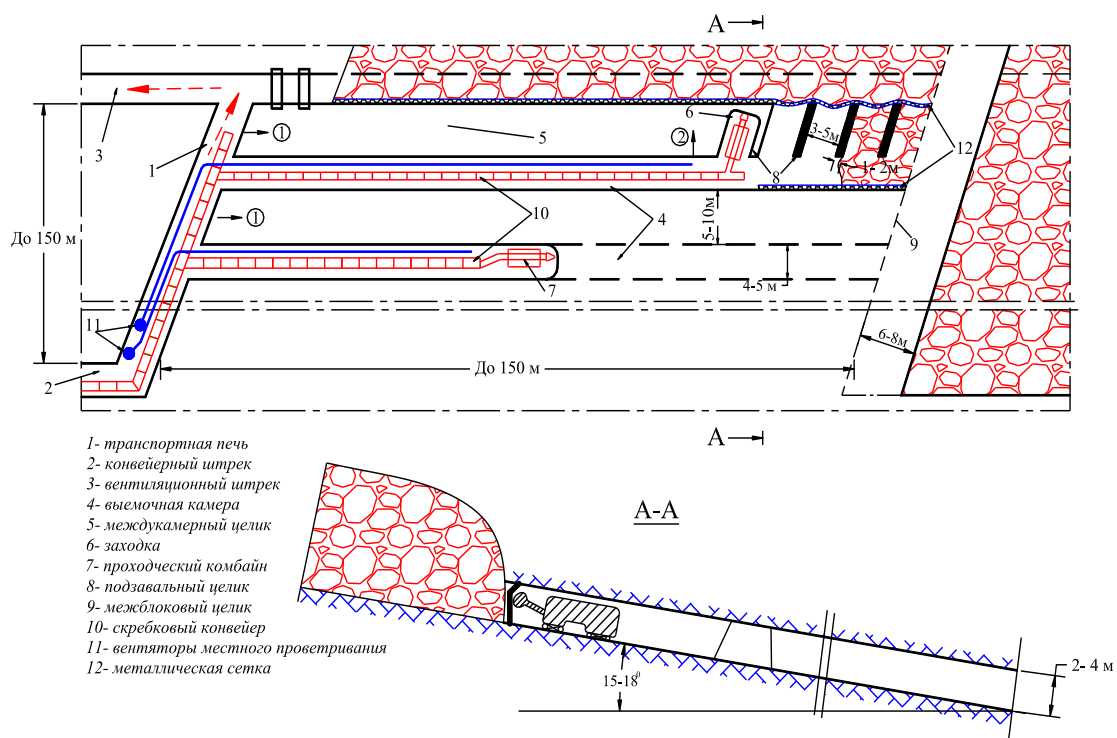


Рис.6 - Технологическая схема отработки угольного пласта с использованием камерно-столбовой системы разработки при углах падения пласта от $15-18^{\circ}$ с расположением камер по простиранию, а заходок по восстанию, с укладкой металлической сетки на почву пласта и оставлением подзавальных целиков угля

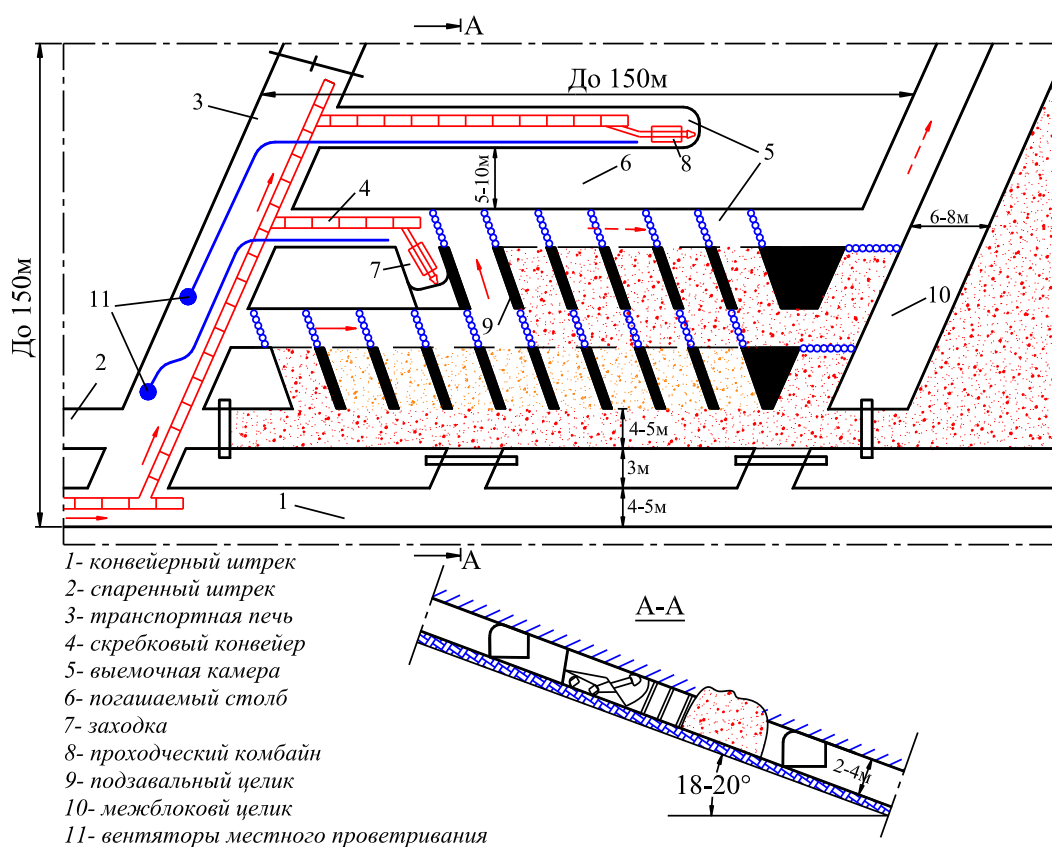


Рис.7- Технологическая схема камерно-столбовой системы при углах падения пласта от $18-20^{\circ}$ с расположением камер по простиранию и заходок по падению с закладкой выработанного пространства

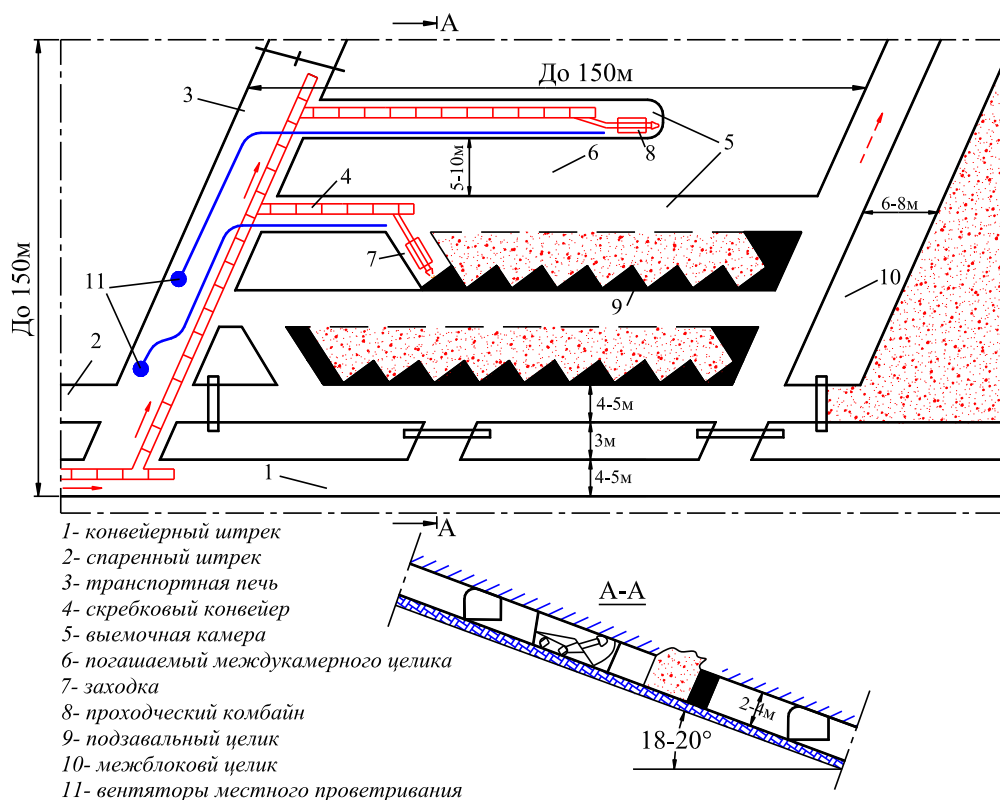


Рис. 8- Технологическая схема камерно-столбовой системы при углах падения пласта от 18-20° с расположением камер по простиранию и заходок по падению с закладкой выработанного пространства

В третьей главе проведены аналитические исследования по обоснованию параметров технологии отработки наклонных угольных пластов средней мощности Куангнинского угольного бассейна.

Проведены аналитические исследования по обоснованию оптимального угла разворота горных выработок и линии очистного забоя в зависимости от угла падения пласта.

Один из основных элементов технологической схемы отработки наклонных угольных пластов средней мощности камерно-столбовой системой разработки заключается, в диагональном расположении линии горных выработок относительно горизонтальной плоскости в зависимости от угла падения пласта, с целью создания благоприятных условий для транспортирования угля конвейером и передвижения комбайна при проведении наклонных горных выработок.

Для обоснования оптимального угла разворота горных выработок в зависимости от угла падения пласта и выведения аналитического выражения, отражающего связь между изменением угла наклона горной выработки и забоя ($\alpha_{\text{накл}}$) от угла диагонального положения горных выработок (γ) при различных углах падения пластов, нами была составлена и рассмотрена схема (рис.9).

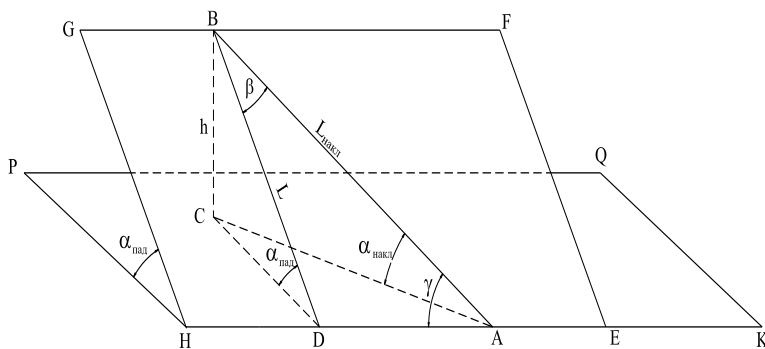


Рис.9 - Схема для расчета зависимости уменьшения угла наклона горной выработки и наклона забоя от угла диагонального положения горных выработки при различных углах падения пласта

$EFGH$ – плоскость пласта; $KQRH$ – горизонтальная плоскость; EH, FG - линия простирания; EF, HG – линия падения; h - вертикальная высота этажа; L – наклонная длина этажа; $\alpha_{пад}$ - угол падения пласта; $\alpha_{накл}$ - угол наклона угольного пласта; γ - угол диагонального положения горных выработок;

В окончательном виде получим формулу, которая обеспечивает связь между углом наклона горной выработки и падением угольного пласта ($\alpha_{накл}$ и $\alpha_{пад}$), которую удобнее будет записать следующем виде:

$$\sin \alpha_{накл} = \sin \alpha_{пад} \cdot \sin \gamma, \quad (1)$$

На основании полученного аналитического выражения (1) и принятых углов падения пласта $\alpha_{пад}$ согласно классификации ХИГНиТ ($15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$), нами были проведены вычисления и построены графические зависимости, отражающие связь между изменением угла наклона горной выработки $\alpha_{накл}$ от угла диагонального положения горных выработок γ , град при различных углах падения пластов $\alpha_{пад}$, которые показаны на рис. 10.

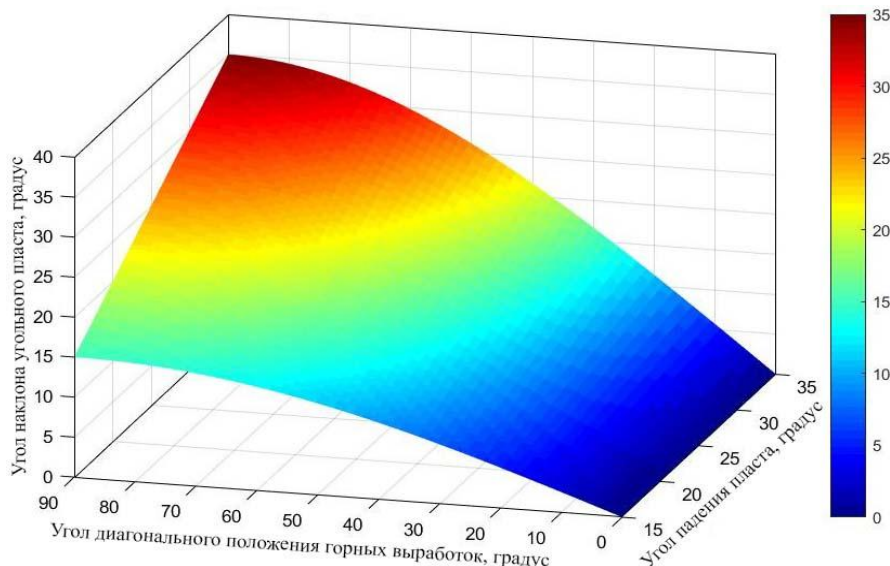
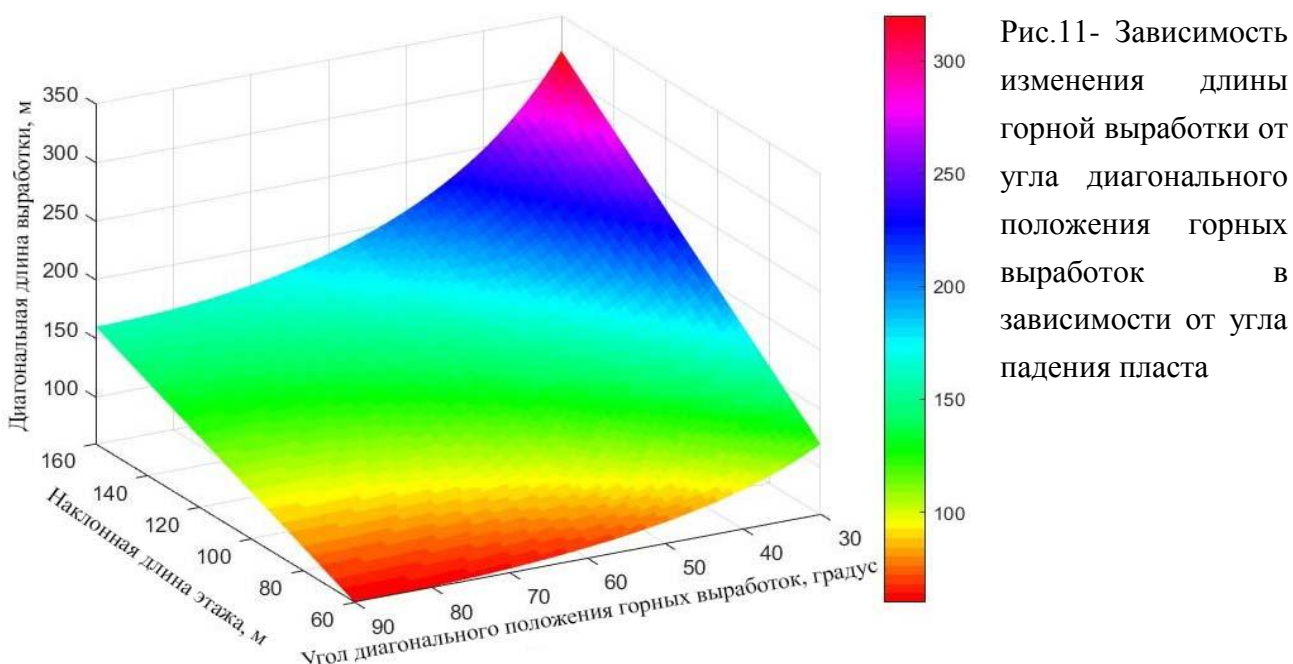


Рис.10. Зависимость изменения угла наклона горной выработки $\alpha_{накл}$ от угла его диагонального положения γ при различных углах падения пластов $\alpha_{пад}$

Для обоснования изменения длины выработки от угла диагонального положения горных выработок в зависимости от угла падения пласта на основании аналитического выражения $L_{накл} = L / \sin \gamma$ был построен предел изменения длины выработки, который показан на рис.11.



На основании установленных закономерностей изменения диагонального положения линии горных выработок (скатов, печей) в зависимости от угла падения угольного пласта, позволяют производить пространственно-планировочные решения по раскройке этажа, с целью повышения эффективности отработки выемочных блоков, в зависимости от принятой технологической схемы, зависящей от горно-геологических условий и принятых средств комплексной механизации.

При отработке пласта камерно-столбовой системой разработки различают понятие о целиках-столбах (междукамерных целиках), которые погашаются из камер обратным ходом, о предохранительных целиках угля, оставляемых на границе каждого междукамерного целики. Во всех случаях предохранительные целики угля необходимы для обеспечения минимального сдвижения подрабатываемых пород кровля в действующих забоях в течение необходимого времени и безопасности работ.

От размеров предохранительных целиков и поперечного сечения горных выработок соотношения их размеров, площади отработанных участков, залегания угольного пласта, глубины горных работ, а также от характера и величины деформация горных пород в значительной степени зависит сложность расчетных схем, по определению размеров оставленных угольных целиков.

Обоснование параметров угольных целиков (предохранительный целик, подзавальный целик, предохранительная пачка) технологической схемы отработки наклонных угольных пластов средней мощности с использованием

камерно-столбовой системы разработки.

При камерно-столбовой системе разработки управление кровлей обеспечивается междукамерными целиками и подзавальными целиками, расположенными между заходками. В качестве допускаемых напряжений в теории целиков принимают предел прочности пород при одноосном сжатии. По условию равновесия целиков общая внешняя нагрузка на целик и учитывающий влияние угла падения угольного пласта, ширина подзавального целика определяется по выражению:

$$b_{пз} = \frac{b_3}{\frac{k}{n \cdot k_H} \cdot \frac{100\sigma_{сж}}{\gamma_{п} \cdot H \cdot (\cos \alpha + \lambda \cdot \sin \alpha)} - \frac{\gamma_y \cdot h}{\gamma_{п} \cdot H} - 1} \quad (2)$$

В результате расчётов по предлагаемой методике с использованием программы Excel (выражения 2) нами была получена зависимость отражающая характер изменения допустимой ширины подзавальных целиков от глубины ведения горных работ и ширины заходок при использовании камерно-столбовой системы разработки идентичных для горно-геологических условий Куангинского угольного бассейна, которая представлена на рис.12.

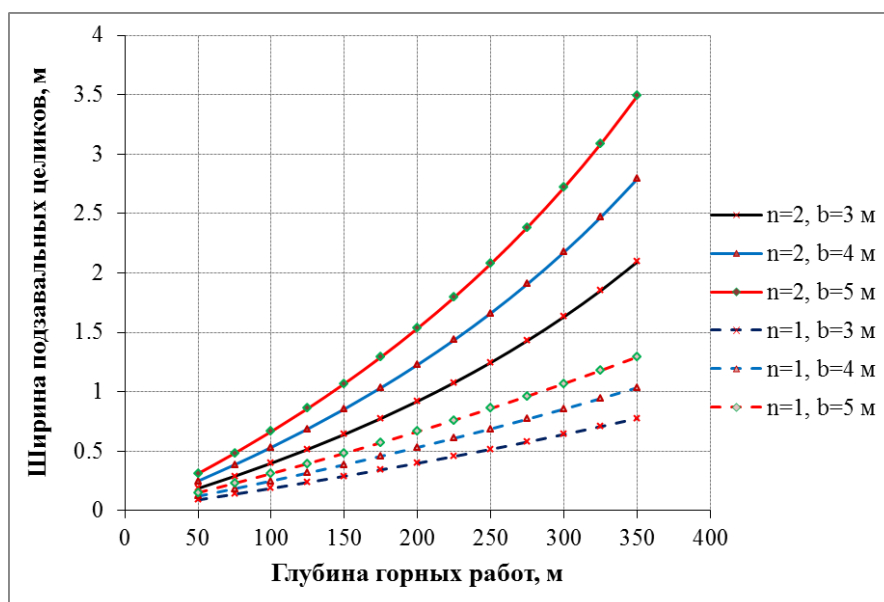


Рис.12 - Характер изменения ширины подзавальных целиков от глубины ведения горных работ и ширины заходок при различных коэффициентах запаса прочности

Для обоснования изменения ширины подзавального целика от предела прочности угля на сжатие при различных глубинах горных работ на основании аналитического выражения (2) были построены кривые отражающие связи между шириной подзавального целика и пределом прочности угля на сжатие, которые показаны на рис.13.

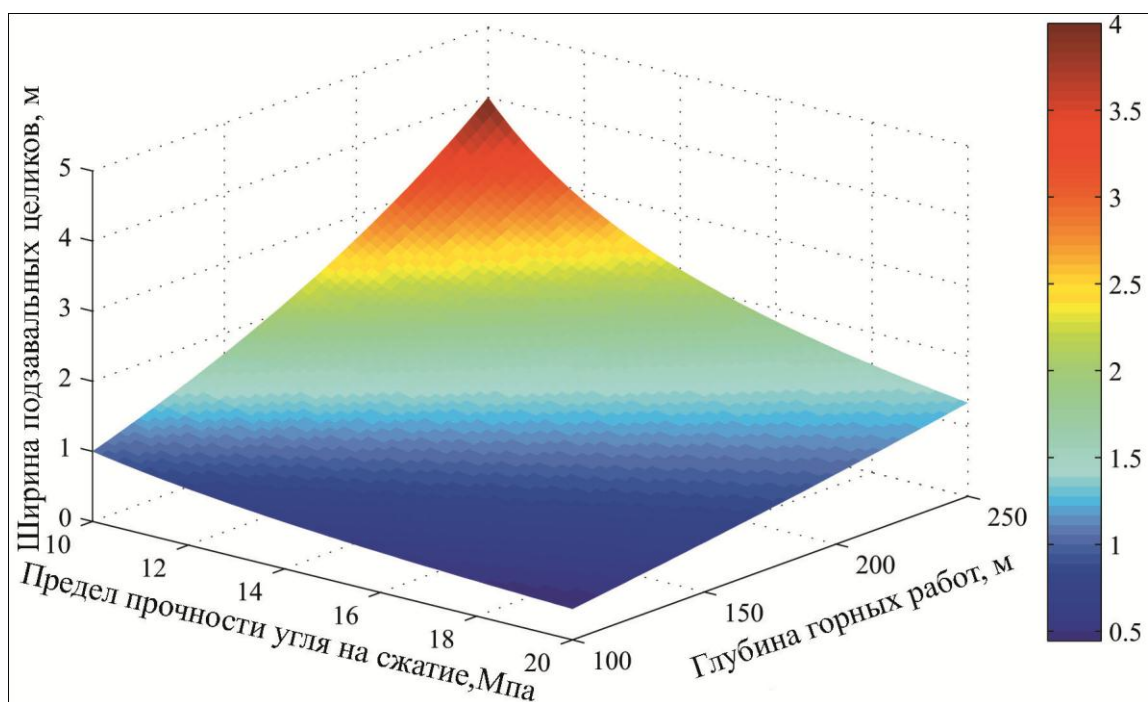


Рис.13 - Характер изменения ширины подзавальных целиков от предела прочности угля на сжатие при различных глубинах горных работ.

Проведены теоретические исследования по обоснованию ширины предохранительной пачки при применении камерно-столбовой системой с выемкой угля комбайном и оставлением предохранительной пачки угля, основанный на условии равновесия целиков общая внешняя нагрузка на целик. Ширина предохранительной пачки определена по выражению:

$$b_{\text{ц}} = \frac{b}{\frac{\sigma_{\text{сж}}}{(\cos \alpha + \lambda \sin \alpha) \cdot n \cdot \gamma_{\text{п}} \cdot H} - \frac{\gamma_{\text{у}} \cdot m}{\gamma_{\text{п}} \cdot H}} \quad (3)$$

Проведение расчета зависимости от ширины предохранительной пачки угля для горно-геологических условий на шахтах бассейна Куангнинь Вьетнама (на шахте Уонгби при $n=1$, $b=6$ м, $\alpha=18^\circ$, $m=3,5$ м, $\gamma_{\text{п}}=2,5$ Т/м³, $\gamma_{\text{у}}=1,7$ т/м³), нами была получена зависимость отражающая характер изменения допустимой ширины предохранительных пачек от предела прочности угля на сжатие при различных глубинах горных работ. На этой основе были построены кривые отражающие связи между шириной предохранительных пачек и пределом прочности угля на сжатие при различных глубинах горных работ, которые представлены на рис. 14 и рис. 15.

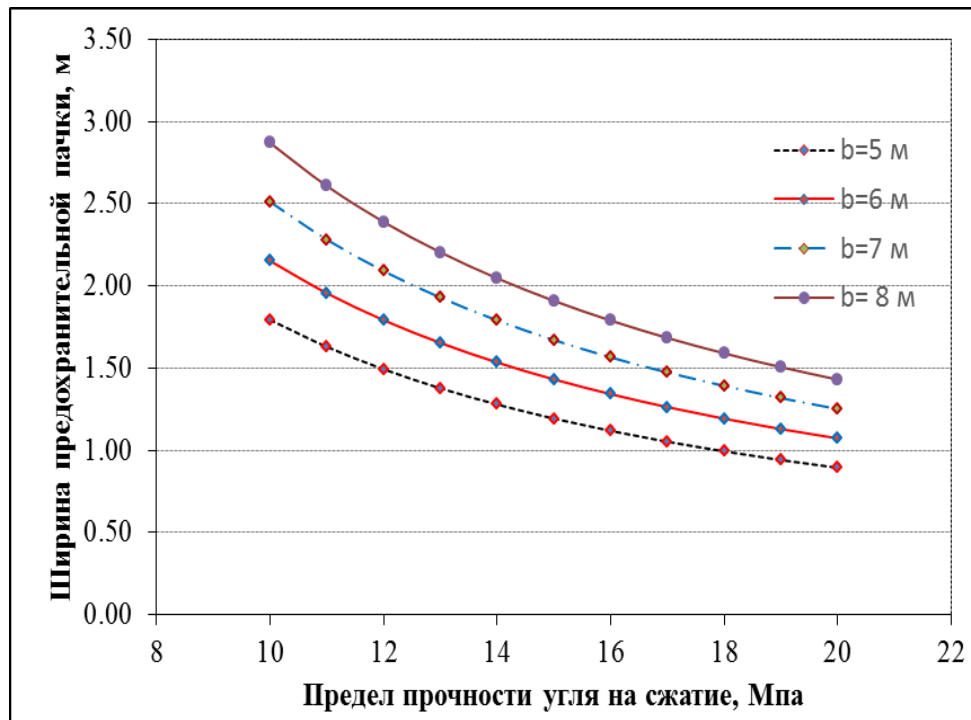


Рис.14 - Зависимость ширины предохранительной пачки от предела прочности угля на сжатие

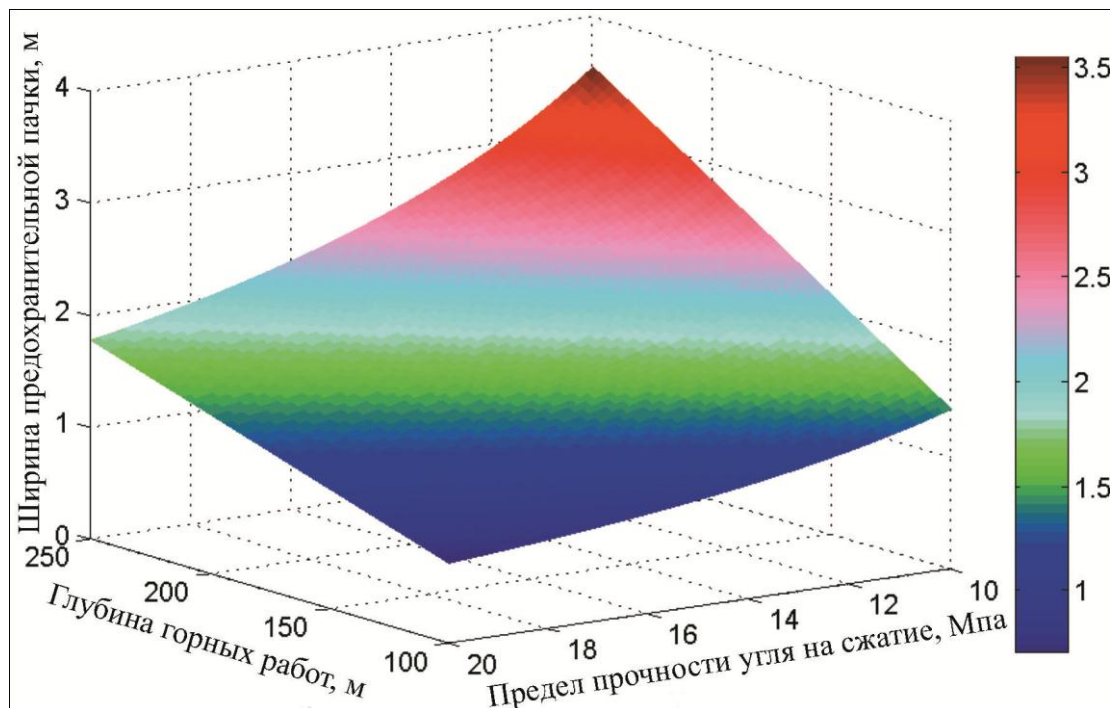


Рис.15 - Зависимости ширины предохранительной пачки от предела прочности угля на сжатие и глубины горных работ.

Для расчета ширины параметров целиков (предохранительный целик, подзавальный целик, предохранительная пачка) нами были составлены блок-схема (рис.16) и программный модуль с интерфейсом (платформой) программы (рис.17), разработанного автором, которые позволяют в автоматизированном режиме в зависимости от параметров.

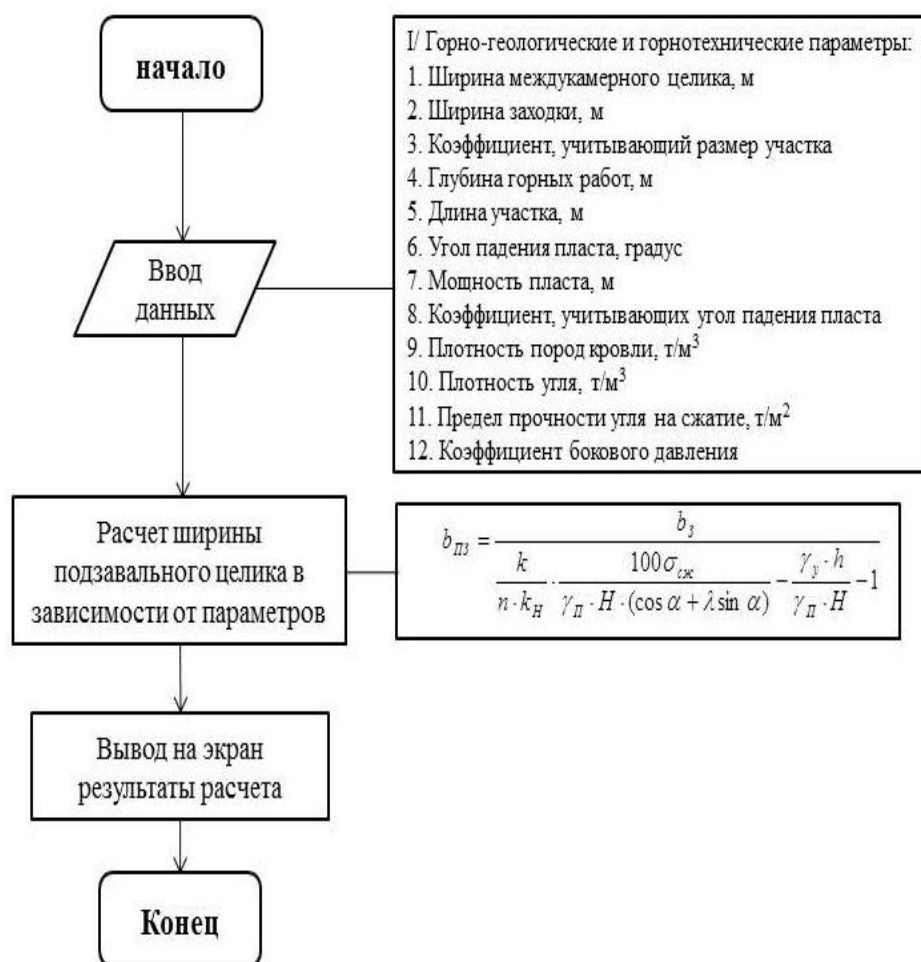


Рис.16 - Блок- схема к определению подзавальных целиков

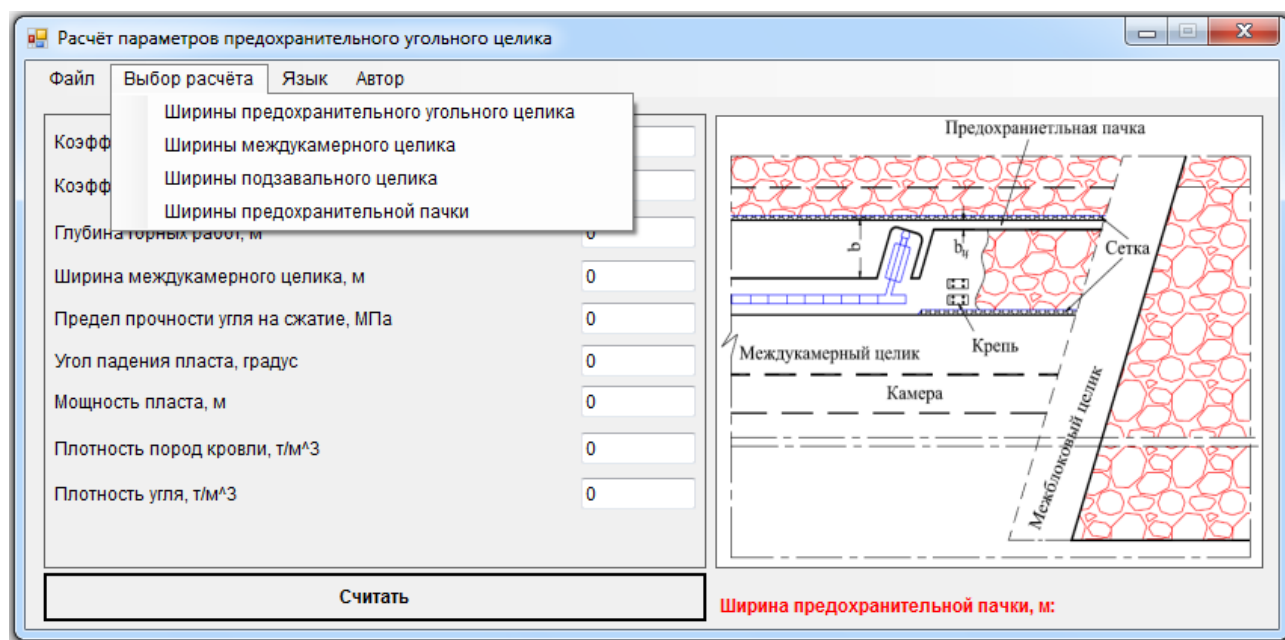


Рис.17 - Программный модуль к определению ширины предохранительной пачки угля и подзавальных целиков.

В четвертой главе проведена оценка экономической эффективности при отработке наклонных угольных пластов средней мощности с использованием

перспективной технологической схемы с диагональным расположением линии очистного забоя и использованием шарнирно-оградительных крепей, анализ и перспективы применения камерно-столбовой системы в угольной промышленности Вьетнама, а также технико-экономическое сравнение двух систем разработки длинными столбами и камерно-столбовой системой.

Проведенный анализ чувствительности для определения колебаний показателя экономической эффективности чистой прибыли (ЧП), чистой приведенной стоимости (NPV), внутренней нормы доходности проекта (IRR) от изменения цены на уголь, себестоимости производства товаров и первоначальных инвестиций при отработке наклонных угольных пластов средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя с использованием шарнирно-оградительных крепей на шахте Уонгби, которые показаны на рис.18, рис.19, рис.20.

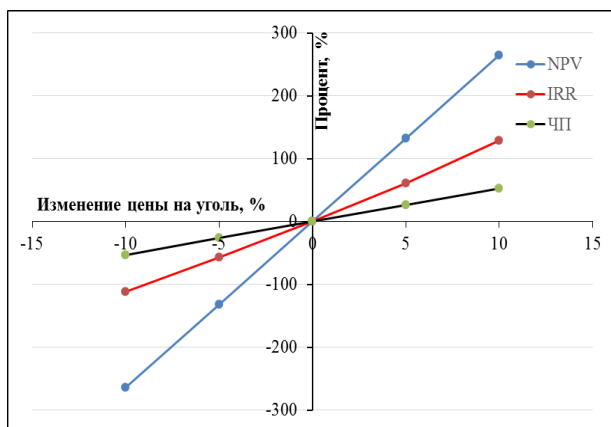


Рис.19 - Анализ чувствительности NPV, IRR и ЧП от изменения цены на уголь.

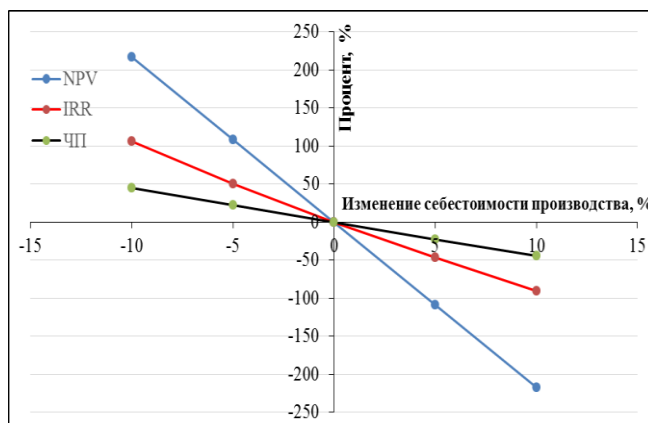


Рис.20 - Анализ чувствительности NPV, IRR и ЧП от изменения себестоимости производства.

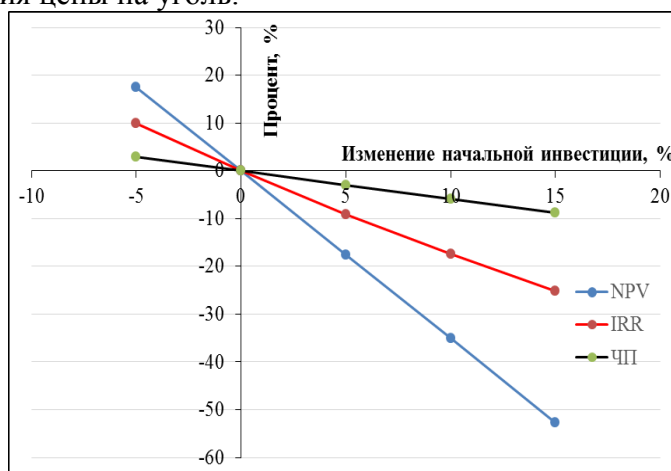


Рис.21 - Анализ чувствительности NPV, IRR и ЧП от изменения начальной инвестиции.

Проведено сравнение потери угля и нагрузки добычи угля для технологических системы разработки на шахтах угольного бассейна Куангнинь

между существующими и перспективными технологиями, которое показано на рис.22.

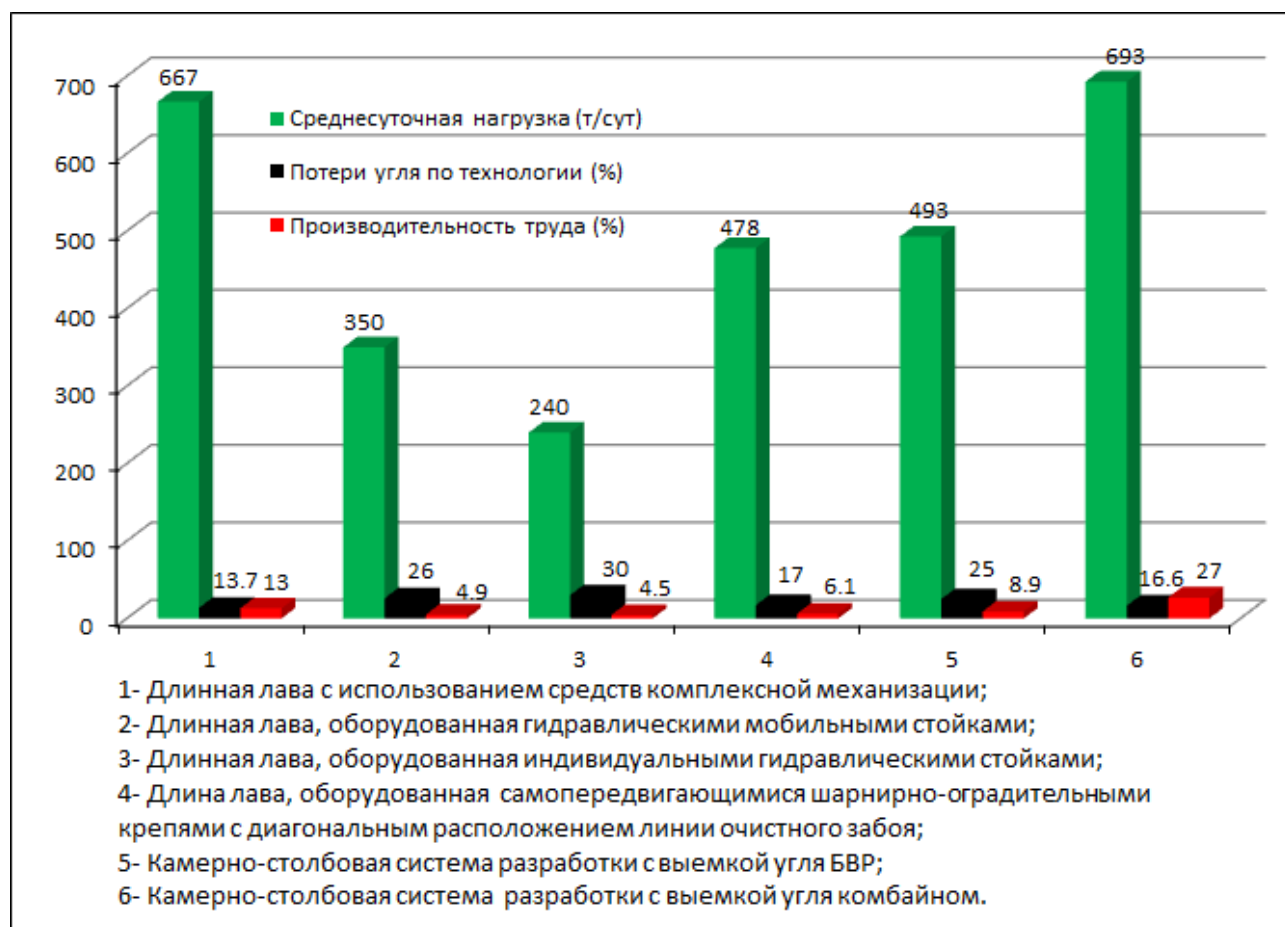


Рис.22 – Сравнения потерь угля и нагрузки на очистной забой по технологиям добычи угля

Из рис.22 видно, что нагрузка на очистной забой по технологии с диагональным расположением линии очистного забоя и управлением горным давлением самопередвигающимися шарнирно-оградительными креплениями и камерно-столбовой системы разработки с выемкой угля комбайном при отработке наклонных угольных пластов средней мощности, на шахтах бассейна Куангнинь от 1,5 до 2,5 раз выше, чем с использованием технологии разработки длинными лавами и управлением кровлей гидравлическими стойками.

Заключение

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи обоснование инновационных пространственно планировочных решений по интенсивной отработке запасов наклонных угольных пластов средней мощности на базе разработанных

технологических схем, адаптированных к конкретным горно-геологическим и горнотехническим условиям, внедрение которых позволит повысить эффективность и безопасность горных работ и вносит существенный вклад в развитие угольной промышленности Вьетнама и направлена на совершенствования практики и научной базы проектирования горнотехнических систем.

Основные теоретические и практические результаты работы, полученные лично автором:

1. Перспективным направлением выполнения государственного плана по добыче угля Вьетнама в значительной степени зависит от эффективности дальнейшего промышленного освоения потенциала бассейна Куангнинь на основе дальнейшего совершенствования существующих технологий добычи угля и создание современных технических средств, с целью повышения технико-экономического уровня развития шахт.

2. Предложена классификация технологических схем отработки наклонных угольных пластов средней мощности для определения области эффективного освоения запасов угольного бассейна «Куангнинь», в зависимости от угла падения пласта с учетом применения средств комплексной механизации.

3. Предложены прогрессивные варианты технологических схем отработки запасов наклонных угольных пластов средней мощности бассейна Куангнинь, с диагональным расположением линии очистной забоя и управлением кровлей самопередвигающимися шарнирными крепями и камерно-столбовой системой разработки с подготовкой выемочного блока диагональными скатами и выемкой камер по простиранию и отработкой междукammerного целика заходками по восстанию или падению.

4. Обоснованы пространственно-планировочные решения и параметры выемочного блока, по интенсивной отработке наклонных угольных пластов средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя и камерно-столбовой системой разработки с подготовкой диагональными скатами.

5. На основе математического моделирования построена 3D-модель, позволяющая определять закономерность изменения угла наклона линии

очистного забоя, скатов и диагональной длины выработки в зависимости от угла падения пласта.

6. Предложена инновационная технологическая схема высокоэффективной отработки наклонных угольных пластов средней мощности с диагональным расположением линии очистного забоя с применением самопередвигающихся шарнирно-оградительных крепей и рекомендована к использованию в практике составления концептуального проекта в условиях шахты «Уонгби».

7. Определена рациональная длина блока по простиранию от 60 до 90 м на основе оптимального соотношения между подготовительными и очистными работами при отработке наклонных угольных пластов средней мощности с углом падения от 25- 35° с использованием камерно-столбовой системы разработки и выемкой угля буровзрывным способом с целью обеспечения безопасности и эффективности работ.

8. Выявлены закономерности рационального угла диагонального расположения подготовительных выработок и линии очистного забоя, позволяющие обоснованно реализовать пространственную ориентацию и параметры выемочных участков в пределах этажа.

9. Разработан программный модуль и критерии, позволяющие в зависимости от угла падения пласта, глубины горных работ, предела прочности угля на сжатие и мощности пласта, оптимизировать мощность предохранительной пачки угля и подзавальных целиков с целью непроникновения обрушенных пород в забой заходки.

10. Разработан концептуальный проект разработки наклонных угольных пластов средней мощности в условиях Куангнинского угольного бассейна с использованием диагональной технологии, где определены его основные технико-экономические показатели.

Основные положения диссертации отражены в следующих работах автора:

В научных изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных - Scopus

1. Фам Д.Т., Фан Т.А., Ле К.Ф., Виткалов В.Г. Определение рациональной ширины предохранительной пачки угля при отработке наклонных угольных

пластов средней мощности с использованием камерно-столбовой системы // Уголь.-2018. - №9.- С.36-39.

2. Thang Pham Duc, Anh Phan Tuan, Viktor Vitvalov, Phuc Le Quang. Justification of Spatially-Planned Solutions and Determination of the Dimension Block in the Working of the Medium Thick Inclined Coal Seams with the Room and Pillar System. : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101024//> E3S Web of conferences. 41, 01024 (2018).

3. Thang Pham Duc, Huynh Pham Ngoc. Analytical and Mining Experimental Studies about the Character of Interaction on the Mechanized Supports of ZQY3600/12/28 at the Quang Hanh Mine in the Quang Ninh Coal Basin. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101036//> E3S Web of conferences 41, 01024 (2018).

4. Фам Д.Т., Виткалов В.Г., Агафонов В.В., Нгуен З.Ф. Обоснование рациональных вариантов технологии отработки наклонных угольных пластов средней мощности с использованием камерно-столбовой системы разработки бассейна Куангнинь // Уголь.-2018. - №6.- С.27-31.

В научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России

5. Фам Дик Тханг, Виткалов В.Г., Фам Нгок Хюнь. Стратегия развития угольной промышленности и возможность применения механизированной технологии добычи угля в Куангнинском угольном бассейне Вьетнама // Горный информационно-аналитический бюллетень.-№8. -2018. – С. 65-70.

6. Виткалов В.Г, Фам Дик Тханг. Обоснование пространственно-планированных и технологических решений по интенсивной отработке наклонных угольных пластов средней мощности с использованием шарнирно-оградительных крепей на шахтах бассейна Куангнинь // Горный информационно-аналитический бюллетень.- №12.- 2017.- С. 5-13.

7. Виткалов В.Г, Фам Дик Тханг. Обоснование технологических решений по отработке наклонных угольных пластов на шахтах куангнинского угольного бассейна // Горный информационно-аналитический бюллетень. - №10. - 2017.- С. 113-121.

8. Абрамкин Н.И., Фам Дик Тханг. Выбор технологии механизации и разработки наклонных угольных пластов средней мощности в горно-

геологических условиях на шахте «Куангхань» // Горный информационно-аналитический бюллетень.-№1. -2017. – С. 202-210.

В прочих изданиях

9. Pham Duc Thang, Vitcalov V.G. Determination of the rational length of the block along the strike for expansion to provide safety and efficiency in the working of the medium thick inclined coal seams with the room and pillar system in the Quang Ninh coal basin. // Горные науки и технологии. -№2.-2018.-р.3-8.

В работах, опубликованных в соавторстве, лично соискателю принадлежит:

- анализ горно-геологических и горнотехнических условий месторождения в Куангнинском угольном бассейне [5];
- определение ширины предохранительной пачки и разработка программного модуля при отработке наклонных угольных пластах с использованием камерно-столбовой системой разработки [1];
- установление закономерности рационального угла диагонального расположения подготовительных работок и линии очистного забоя в зависимости от угла падения пласта [2, 7];
- разработка блок-схемы алгоритма выбора системы разработки наклонных угольных пластов средней мощности [4];
- возможность и целесообразность применения шарнирно-оградительных крепей с диагональным расположением линии очистного забоя при отработке угольных пластов на шахтах месторождения Куангнинь[6, 8];
- установление динамика реакции механизированной крепи по длине выемочного столба [3];
- определение технологических параметров выемочного блока при отработке наклонных угольных пластов средней мощности [9].