

*На правах рукописи*

**ДО НГОК ХОАН**



**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОВМЕСТНОЙ  
ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЕОНАЙ,  
КОКШАУ И КАОШОН (ВЬЕТНАМ) ГРУППОЙ РАЗРЕЗОВ**

*Специальность 25.00.22 – Геотехнология  
(подземная, открытая и строительная)*

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Санкт-Петербург - 2020**

**Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»**

**Научный руководитель:**

доктор технических наук, профессор

*Фомин Сергей Игоревич*

**Официальные оппоненты:**

*Гавришев Сергей Евгеньевич*

доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», кафедра «Разработки месторождений полезных ископаемых», заведующий кафедрой

*Ларин Николай Сергеевич*

кандидат технических наук, Открытое акционерное общество по проектированию предприятий нерудной промышленности «Гипро-неруд», генеральный директор

**Ведущая организация** - Общество с ограниченной ответственностью по проектированию предприятий угольной промышленности «СПб-Гипрошахт», г. Санкт-Петербург.

Защита диссертации состоится 10 декабря 2020 года в 11 ч 00 мин на заседании диссертационного совета ГУ 212.224.06 Горного университета по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, В.О., 21-я линия, д. 2, ауд. № 1171а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Горного университета и на сайте [www.spmi.ru](http://www.spmi.ru).

Автореферат разослан 09 октября 2020 г.

**УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ**  
диссертационного совета



**СИДОРОВ**  
Дмитрий Владимирович

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы исследования.** Угольная промышленность Вьетнама занимает стратегическое положение в экономике страны. Правительство рассматривает новые планы для реализации угольных энергетических проектов, требующих увеличения объёмов добычи угля на угольных разрезах и шахтах. Целью реализации угольных энергетических проектов является увеличение удовлетворения спроса на поставки электроэнергии в основные промышленные центры на севере и юге страны.

Государственная компания VINACOMIN имеет 15 угольных разрезов, в том числе 5 крупных разрезов и 30 угольных шахт. Почти 95% объёмов добычи угля во Вьетнаме приходится на компанию VINACOMIN. Согласно Генеральному плану развития угольной промышленности Вьетнама до 2030 года общий объём добычи угля должен составить 60 млн. т (2020 год), 65-70 млн. т (2025 год) и 65-75 млн. т (2030 год). Кроме того, добычу угля во Вьетнаме осуществляет компания Вьетминдо, расположенная в районе Вангзань - Уонгби в провинции Куангнинь. Это совместное предприятие угольной компанией Uong-Bi (дочерняя компания VINACOMIN) и индонезийской компании.

Открытая разработка угольных месторождений группой разрезов в единой горно-технологической системе позволяет обеспечить достижение установленной производительности и эффективности работы угледобывающего предприятия с учётом требований к качеству конечной продукции.

Однако, до настоящего времени не обоснованы технологии совместной отработки угольных месторождений группой разрезов в единой горно-технологической системе, учитывающие сложные климатические, горнотехнические и горно-геологические условия Вьетнама.

Предложенные ранее рекомендации по отработке угольных месторождений Вьетнама разрезами, как правило, имеют локальный характер, без учёта особенностей работы технологических комплексов горно-транспортного оборудования в единой горнотехнологической системе группы разрезов.

Таким образом, обоснование и разработка технологии отработки угольных месторождений Вьетнама группой разрезов в еди-

ной горно-технологической системе, обеспечивающей достижение установленной производительности и эффективности работы угледобывающего предприятия, является актуальной научной задачей.

**Степень разработанности темы исследования.** Решением проблем разработки технологии отработки угольных месторождений группой разрезов занимались ряд ученых, среди которых можно отметить работы Виноцкого К.Е., Ржевского В.В., Мельникова Н.В., Новожилова М.Г., Трубецкого К.Н., Анистратова Ю.И., Щадова М.И., Арсентьева А.И., С.И. Фомина, Холоднякова Г.А. и других.

**Целью работы** является обоснование и разработка технологии отработки угольных месторождений Деонай, Кокшау и Каошон (Вьетнам) группой разрезов в единой горно-технологической системе, на основе определения рациональных параметров системы разработки, обеспечивающей достижение установленной производительности и повышение экономической эффективности открытой геотехнологии.

**Основная идея работы.** Обоснование и определение рациональных параметров технологических схем совместной открытой разработки угольных месторождений группой разрезов в единой горно-технической системе должно базироваться на разработанных методах, с учетом горно-геологических, горнотехнических условий месторождений Деонай, Кокшау и Каошон (Вьетнам), обеспечивающих повышение экономической эффективности технологических решений.

**Основные задачи исследований:**

- Анализ особенностей технологий открытой разработки угольных месторождений Вьетнама.
- Разработка технологических схем открытой разработки угольных месторождений Деонай, Кокшау и Каошон (Вьетнам) в общей горнотехнической системе группой разрезов.
- Обоснование варианта совместной отработки угольных месторождений Деонай, Кокшау и Каошон (Вьетнам) разрезами с учётом определения рациональных границ разрезов группы.
- Определение рациональных параметров технологических схем добычи угля с учётом горно-геологических и горнотехнических особенностей открытой разработки угольных месторождений Деонай, Кокшау и Каошон (Вьетнам) группой разрезов.

### **Научная новизна:**

- Обоснованы и разработаны технологические схемы ведения горных работ для горно-геологических и горнотехнических условий открытой разработки угольных месторождений Вьетнама группой разрезов.

- Установлена закономерность, характеризующаяся увеличением эффективности работы единой горнотехнической системы-разрез по сравнению с отдельным разрезом группы.

- Обоснован показатель оценки экономической эффективности открытой разработки угольного месторождения в общей горнотехнической системе группой разрезов.

### **Теоретическая и практическая значимость работы:**

1. Обоснована и разработана модель оценки эффективности реализации геотехнологии для горнотехнических условий открытой разработки группой разрезов угольных месторождений в единой административной системе.

2. Разработаны технологические схемы с учётом горно-геологических и горнотехнических особенностей открытой разработки угольных месторождений Деонай, Кокшау и Каошон (Вьетнам) группой разрезов, установленных рациональных параметров систем разработки добычи угля.

**Методология и методы исследования.** Для решения поставленных в диссертации задач применён системный анализ геотехнологий совместной открытой разработки угольных месторождений группой разрезов, горнотехнических и горно-геологических условий угольных разрезов Вьетнама, изучение и анализ технико-экономических показателей работы угледобывающих предприятий Вьетнама, горно-геометрический анализ, графоаналитический метод исследований развития рабочей зоны угольных разрезов, технико-экономические расчеты.

**Соответствие паспорту специальности.** Тема исследования соответствует п.1 «Изучение горно-геологических и горнотехнических условий и характеристик месторождений твердых полезных ископаемых», п.4 «Создание и научное обоснование технологии разработки природных и техногенных месторождений твердых полезных ископаемых» области исследований паспорта специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

### **Основные защищаемые положения:**

1. Планирование разработки группы угольных разрезов Деонай, Кокшау и Каошон (Вьетнам) в единой горно-технической системе должно проводиться с разделением процесса разработки месторождения на этапы по глубине и в плане, при максимально возможном сокращении текущего коэффициента вскрыши первого этапа отработки, обеспечивающим установленную производительность по углю, при использовании общих внешних и внутренних отвалов, единой взаимосвязанной дренажной системы, обеспечивающим повышение эффективности работы технологической системы.

2. Обоснование рационального варианта открытой разработки угольных месторождений группой разрезов целесообразно проводить с использованием разработанной технико-экономической модели, при принятых технологических ограничениях, по критерию максимум чистой текущей стоимости (NPV), с учётом горнотехнических условий отработки, обеспечивающей повышение эффективности принимаемых технических решений.

3. Технологические схемы открытой разработки, с учётом горно-геологических и горнотехнических условий угольных месторождений Деонай, Кокшау и Каошон (Вьетнам), должны выбираться на основании определения рациональных параметров системы разработки при использовании гидравлических экскаваторов, результатов анализа горно-геологических и горнотехнических условий отработки, обеспечивающих достижение установленной производительности по углю и повышение экономической эффективности работы группы разрезов.

**Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** обеспечивается применением в исследованиях системного подхода к изучению геотехнологий открытой разработки угольных месторождений Вьетнама, обобщением и анализом результатов исследований других авторов по теме диссертации, использованием экономико-математического моделирования на персональных компьютерах, классических теорий и практики отработки угольных разрезов в современных условиях.

**Апробация результатов работы:** Результаты исследований найдут применение при эксплуатации, проектировании и планиро-

вании развития горных работ на разрезах по добыче угля Деонай, Кокшау и Каошон (Вьетнам).

Защищаемые положения были представлены для обсуждения и апробации на следующих международных научных и научно-практических конференциях:

International conference on geo-spatial technologies and earth resources - GTER (Vietnam, 10/2017); международной научно-практической конференции «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование» (Санкт-Петербург, 10/2017); IV международной научно-практической конференции «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке» (Санкт-Петербург, 2018).

**Данные о публикациях автора.** По результатам исследования опубликовано 8 работ, в том числе 3 статьи в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее - Перечня ВАК), 1 - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus.

**Структура и содержание.** Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Материалы работы изложены на 157 страницах машинописного текста, в том числе содержат 51 таблицу, 54 рисунка и список литературы из 102 наименований.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе** проведён анализ существующих технологических схем добычи угля, обоснование совершенствования и развития методов определения параметров технологических схем добычи угля, а также рассмотрены перспективы развития угольной отрасли Вьетнама, основные особенности открытой разработки угольных месторождений, краткая горно-геологическая характеристика месторождений угля и современное состояние горных работ на угольных разрезах Вьетнама.

**Во второй главе** проведен анализ горно-геологических и горнотехнических условий разработки месторождений, анализ и оценка выбора высоты уступов и ширины рабочих площадок для горнотехнических условий разработки угольных разрезов.

**В третьей главе** представлен метод определения рациональных границ, обоснование режима горных работ совместной отработки угольных месторождений Деонай, Кокшау и Каошон (Вьетнам) группой разрезов и оценка эффективности технологических решений по разработке угольного месторождения группой разрезов.

**В четвертой главе** представлена реализация метода определения параметров системы разработки угольных разрезов, приёмной способности отвалов при совместной отработке угольного месторождения группой разрезов и технологические мероприятия по защите рабочей зоны группы угольных разрезов от водопритоков. Предложены варианты технологических схем добычи угля с учётом горнотехнических условий рассматриваемых месторождений.

Основные результаты исследований отражены в следующих защищаемых положениях:

**1. Планирование разработки группы угольных разрезов Деонай, Кокшау и Каошон (Вьетнам) в единой горнотехнической системе должно проводиться с разделением процесса разработки месторождения на этапы по глубине и в плане, при максимально возможном сокращении текущего коэффициента вскрыши первого этапа отработки, обеспечивающим установленную производительность по углю, при использовании общих внешних и внутренних отвалов, единой взаимосвязанной дренажной системы, обеспечивающим повышение эффективности работы технологической системы.**

Снижение объемов удаления вскрышных пород в первый период эксплуатации обеспечивает сокращение периода окупаемости, объемов горно-капитальных работ и в итоге увеличение чистого дисконтированного дохода от отработки месторождения. Продолжительность реализации этапа при неравномерном режиме должна быть соизмерима со сроком амортизации основного горнотранспортного оборудования и составляет 12 - 15 лет.

Горно-технические условия отработки глубоких горизонтов карьера характеризуются большими объемами извлекаемой горной массы в конечных контурах, увеличением дальности транспортирования полезного ископаемого и вскрыши, сокращением длины фронта горных работ. Доля эксплуатационных затрат на транспортирование горной массы

при глубине карьера более 400 м возрастает на 60 - 80%. Такие горно-технические условия открытой разработки месторождений требуют рассмотрения специфических особенностей геотехнологии при разработке месторождений глубокими разрезами, выбора технологических схем разработки с учетом горнотехнических и горно-геологических условий разработки угольных месторождений группой разрезов.

В таблице 1 представлены данные о параметрах режима отработки группы угольных разрезов Вьетнама.

Таблица 1– Параметры режима отработки группы разрезов

Параметры	Ед. измер.	Значение			
		Кокшау	Деонай	Каошон	Деонай - Кокшау
Высота уступа	м	15	15	15	15
Высота подступа	м	5÷7,5	5÷7,5	5÷7,5	5÷7,5
Высота уступа в конечном положении	м	30	30	30	30
Ширина рабочей площадки, $V_{\min}$	м	40÷45	40÷45	40÷45	40÷45
Ширина нерабочего уступа, $b_k$	м	15÷18	18	18	18
Количество добычных уступов в группе	-	3	3	3	3
Ширина дна разреза, $b$	м	20÷25	20÷25	20÷25	20÷25
Длина экскаваторного блока, $L_x$	м	250÷300	250÷300	250÷300	250÷300
Форма борта разреза на конец отработки	-	Выпукло - вогнутый	Выпукло - вогнутый	Выпукло - вогнутый	Выпукло - вогнутый

Эксплуатационный коэффициент вскрыши на кумулятивном графике зависимости нарастающих объемов удаляемых вскрышных пород от нарастающих объемов полезного ископаемого, при пони-

жении горных работ, зависит от тангенса угла наклона касательной к кривой  $V = f(P)$  в определённой точке. В случае, если прямая линия, характеризующая коэффициент вскрыши равенный среднему, расположена ниже кривой для  $\varphi_{\max}$ , то вскрышные работы не будут обеспечивать необходимую скорость движения фронта горных работ на уступах при углубке карьера. При этом рабочие площадки станут меньше минимальных, а угол откоса рабочего борта превысит допустимую величину.

На рисунке 1 представлен график зависимости нарастающего объёма удаляемых вскрышных пород от нарастающего объёма полезного ископаемого при понижении горных работ для горнотехнических условий разреза Деонай – Кокшау.

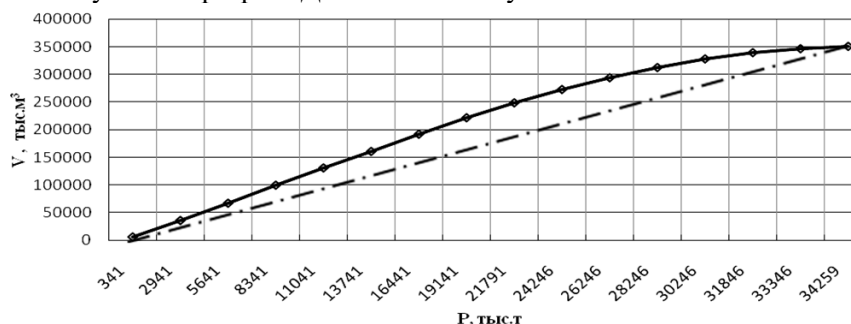


Рисунок 1 – График  $V = f(P)$  зависимости кумулятивного объёма вскрыши от кумулятивного объёма угля при углубке разреза Деонай – Кокшау

Для определения рациональных границ разреза Кокшау рассмотрены три варианта исходных данных. В таблице 2 представлены результаты сравнения вариантов определения границ для горнотехнических условий угольного разреза Кокшау.

В варианте 2 абсолютная отметка дна угольного разреза на 15 м меньше, однако объём удаляемой вскрыши больше на 33,42 млн.м<sup>3</sup> по сравнению с вариантом 1. Граничный коэффициент вскрыши  $K_r = 24,94 \text{ м}^3/\text{т}$ , намного больше контурного коэффициента вскрыши  $K_k = 12 \text{ м}^3/\text{т}$ . В варианте 3 абсолютная отметка дна угольного разреза на 15 м выше, запасы угля на 0,53 млн.т меньше, а объём вскрыши на 8,38 млн.м<sup>3</sup> больше по сравнению с вариантом 1. Таким образом, вариант 1 является предпочтительным, рисунок 2.

Таблица 2 – Результаты сравнения вариантов определения границ для горнотехнических условий угольного разреза Кокшау

Показатели	Варианты			Результаты сравнения	
	Вар. 1 (-300 м)	Вар. 2 (- 315 м)	Вар. 3 (- 285 м)	Вар. 2 - вар 1	Вар. 3 - вар 1
Объём вскрыши, млн.м <sup>3</sup>	230,10	263,53	238,49	33,42	8,38
Запасы угля, млн.т	20,219	21,56	19,69	1,34	- 0,53
К <sub>ср</sub> , м <sup>3</sup> /т	11,38	12,22	12,11	24,94	-
Длина дна, м	250	510	660	-	-
Форма борта	выпукло вогнутый	выпукло – вогнутый	прямолинейный	-	-

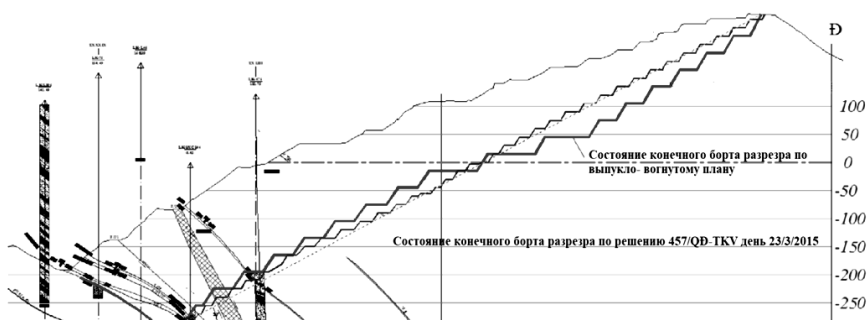


Рисунок 2 – Положение конечного борта угольного разреза Кокшау по линии разреза XVI б

Анализ результатов сравнения вариантов определения границ угольных разрезов группы позволяет сделать выводы:

1. Наблюдается тенденция уменьшения среднего коэффициента вскрыши по предлагаемым вариантам границ разрезов входящих в группу по сравнению с проектным.

2. В целом, по группе угольных разрезов, на 3,51 млн.т увеличиваются запасы угля по предлагаемым вариантам границ разрезов по сравнению с проектным.

**2. Обоснование рационального варианта открытой разработки угольных месторождений группой разрезов целесообразно проводить с использованием разработанной технико-экономической модели, при принятых технологических ограничениях, по критерию максимум чистой текущей стоимости (NPV), с учётом горнотехнических условий отработки, обеспечивающей повышение эффективности принимаемых технических решений.**

Эффективность принимаемых технологических решений зависит от определения последовательности строительства и отработки угольных разрезов в единой горнотехнической системе, с учётом специфических особенностей принятых геотехнологий, геологических и экономических факторов.

Экономическая оценка эффективности технологических решений по разработке угольного месторождения, обрабатываемого группой разрезов, может быть проведена по разработанной модели и целевой функции. Критерием экономической эффективности принимается максимум чистой текущей стоимости (чистого дисконтированного дохода) за срок отработки месторождения (1).

$$NPV_{coal} = \sum_{j=1}^T \sum_{f=1}^m \left[ (NC_{jf} \cdot G_{jf}^{-n}) - \sum_{t=1}^{T_c} \sum_{f=1}^m (K_{ft} \cdot G_{ft}^{-n}) \right] \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$j \in k_1, \quad f \in k_2, \quad t \in k_3,$$

$$k_1 = \{1, 2, 3, \dots, T\}, \quad k_2 = \{1, 2, 3, \dots, m\}, \quad k_3 = \{1, 2, 3, \dots, T_c\},$$

где  $k_1 = \{1, 2, 3, \dots, T\}$  - время отработки угольного разреза, лет;  
 $k_2 = \{1, 2, 3, \dots, m\}$  - число разрезов в единой горнотехнической системе группы;  $k_3 = \{1, 2, 3, \dots, T_c\}$  - время проведения инвестирования за срок отработки разреза, лет;  $NC_{jf}$  - чистая прибыль, получаемая при отработке f-го разреза в j-й год, с учётом интереса и налоговой ставки;  $G_{jf}^{-n} = (1+i)^{-n}$  - коэффициент дисконтирования чистой прибыли, получаемой при отработке f-го разреза в j-й год;  $G_{ft}^{-n}$  - коэффициент дисконтирования инвестиций в отработку f-го разреза в t-й год;  $K_{ft}$  - величина инвестиций в проектную документацию, строительство и отработку f-го разреза в t-й год;  $i$  - интерес по инвестициям в разработку угольного месторождения группой разрезов;  $n$  - порядковый номер года оценки результатов разработки угольного месторождения.

При реализации модели и определении максимума целевой функции проводится учёт ряда ограничивающих технико-экономических факторов.

Итоговые результаты календарного планирования разработки группы разрезов в единой горно-технической системе представлены на рисунке 3.

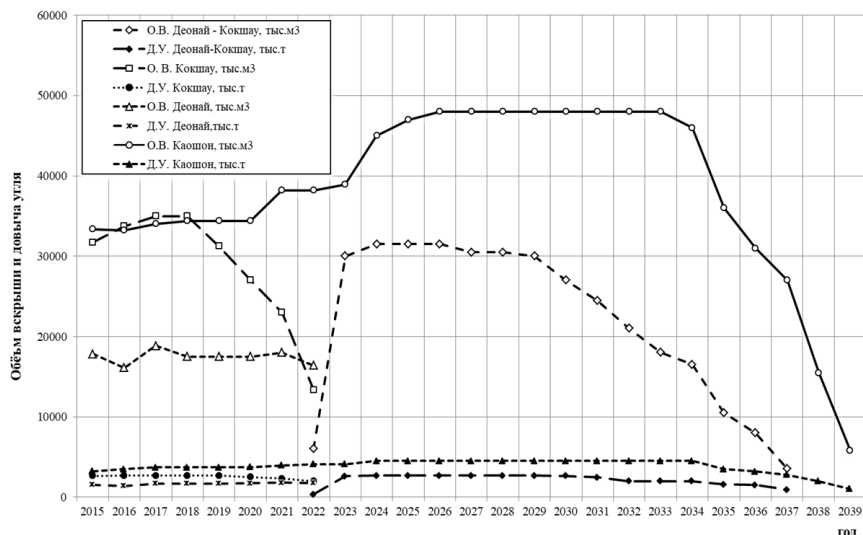


Рисунок 3 – Результаты календарного планирования разработки группы разрезов в единой горно-технической системе

Реализацию наиболее сложного варианта выравнивания календарного плана развития горных работ, когда выполнение пиковых объемов работ переносят на более поздние периоды, целесообразно осуществлять путём применения последовательности технологических способов:

1. Разделение процесса разработки месторождения на этапы по глубине и в плане, при продолжительности этапа 12 – 15 лет (срок амортизации горного оборудования).

2. При определении контуров этапа следует устанавливать промежуточные границы разреза с учетом их перспективного увеличения при максимально возможном сокращении текущего коэффициента вскрыши первого этапа.

3. Переходы от одного этапа к другому, как правило, могут сопровождаться кардинальными изменениями в технологии разработки, видов горно-транспортного оборудования, способов вскрытия и систем разработки. В ряде случаев в пределах промежуточного контура (этапа) разработки целесообразно формирование временно нерабочего борта с углом откоса до  $30^\circ$ , который необходимо разнести по мере углубки разреза.

4. Необходимо стремиться к удалению вскрышных пород в последующие этапы отработки месторождения, для достижения сокращения затрат на горностроительные и горно-капитальные работы и увеличения ЧДД за время отработки угольного месторождения.

**3. Технологические схемы открытой разработки, с учётом горно-геологических и горнотехнических условий угольных месторождений Деонай, Кокшау и Каошон (Вьетнам), должны выбираться на основании определения рациональных параметров системы разработки при использовании гидравлических экскаваторов, результатов анализа горно-геологических и горнотехнических условий отработки, обеспечивающих достижение установленной производительности по углю и повышение экономической эффективности работы группы разрезов.**

В настоящее время на большинстве угольных разрезов Вьетнама используются экскаваторы мехлопаты ЭКГ-4,6, ЭКГ-5А при рациональной высоте уступа  $h = 15$  м.

Наибольшее количество уступов на разрезе Кокшау (17,1%) имеет высоту 13 м, а уступов с высотой 16 м и более - 14,3%.

Увеличение ширины рабочих площадок, особенно при одновременном увеличении мощности карьера по горной массе, требует существенного увеличения площади рабочей зоны или (и) перехода на более производительное горнотранспортное оборудование.

В результате проведённого анализа установлено, что уступы на разрезе Деонай (33,3%) имеют площадки 11 - 15 м, что соответствует параметрам площадок меньше минимальных нормативных, 20% уступов имеют ширину рабочих площадок, соответствующую технологическим нормам; на разрезе Каошон (23,8%) уступы имеют площадки 16 - 20 м, что соответствует параметрам площадок меньше нормативных, 9,52% уступов имеют ширину рабочих площадок,

соответствующую технологическим нормам и обеспечивающую безопасную и эффективную работу горнотранспортного оборудования. На рисунке 4 представлена диаграмма изменения дополнительных эксплуатационных затрат и дополнительных затрат на БВР, по сравнению с  $h = 15$  м, для различной высоты уступов. Анализ данных позволяет сделать вывод об увеличении эксплуатационных и затрат на БВР с уменьшением высоты уступов в рассмотренных угольных разрезах группы.

Проведённый анализ данных по ширине рабочих площадок на разрезе Кокшау показывает, что наибольшее количество уступов (25,7%) имеют площадки, где проводятся горные работы, менее 6 м, что соответствует параметрам предохранительных берм и берм механической очистки.



Рисунок 4 – Диаграмма изменения дополнительных эксплуатационных затрат и дополнительных затрат на БВР, по сравнению с  $h = 15$  м, для различной высоты уступов для разреза Кокшау

Только 14,3% уступов имеют ширину рабочих площадок, соответствующую технологическим нормам.

При отработке сложноструктурных угольных месторождений, для обеспечения селективной экскаваторной выемки, необходимо учитывать условия залегания угольных пластов. Проведено определение максимальной мощности угольного пласта, которая может

быть отработана в зависимости от высоты подступа  $h_p$  и угла падения угольного пласта  $\gamma$ . На рисунке 5 представлена технологическая схема отработки угля гидравлическими экскаваторами, в условиях проведения взрывных работ на трех уступах.

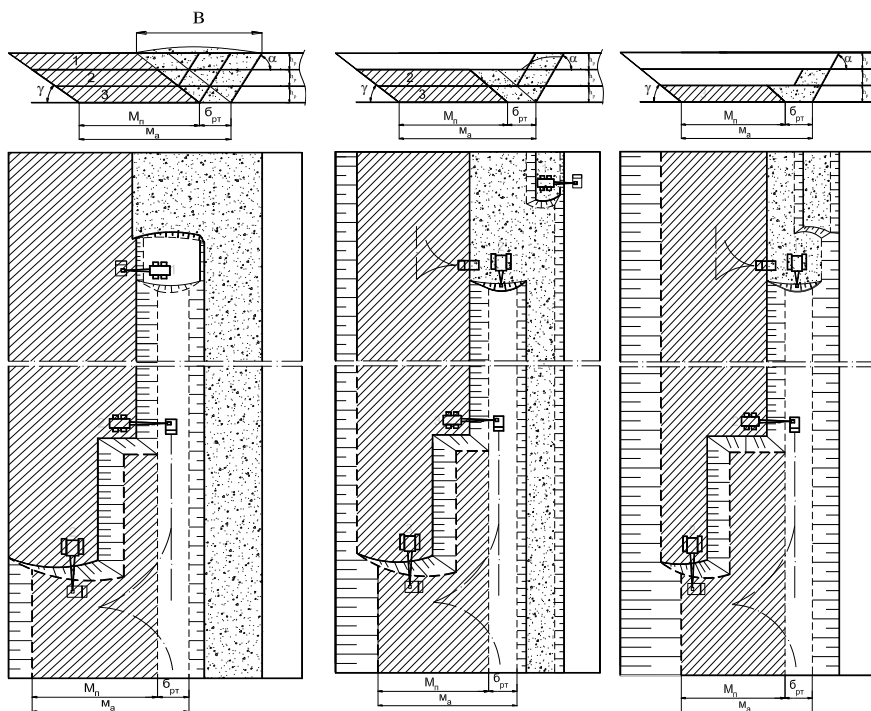


Рисунок 5 – Технологическая схема отработки угля гидравлическими экскаваторами, в условиях проведения взрывных работ на трех уступах

Рациональные технологические схемы работы экскаваторов на погрузке угля в автосамосвалы на уступах характеризуются взаимосвязанными параметрами  $M_п$ ,  $M_з$  и  $M_а$ :  $M_п$  – мощность угольного пласта по горизонтали;  $M_з$  – ширина заходки экскаватора (2), м

$$M_з = R_q + 0,5B_x + Z + m_0, \text{ м}; \quad (2)$$

$M_а$  – ширина рабочей площадки (3), м

$$M_а = L_a + R_a + 0,5 b_a + C_0 + Z_0, \text{ м}; \quad (3)$$

где  $m$  – мощность угольного пласта, м;  $\gamma$  – угол падения угольного

пласта, град.;  $R_q$  – конструктивный радиус вращения контргруза экскаватора, м;  $B_x$  - ширина корпуса вращения экскаватора, м;  $Z$  – установленное нормами безопасности расстояние от верхней бровки уступа до гусениц экскаватора, м;  $m_0$  - необходимый зазор между экскаватором и нижней бровкой уступа, м;  $L_a$  - длина автотранспорта, м;  $R_a$  - минимальный радиус поворота автотранспорта, м;  $b_a$  - ширина автотранспорта, м;  $C_0$  - безопасное расстояние от автотранспорта до нижней бровки уступа, м;  $Z_0$  - безопасное расстояние от верхней бровки уступа до края транспортной полосы, м.

Вариант  $M_a > M_n > M_3$  является наиболее характерным отношением. В этом случае целесообразно на добыче использовать гидравлический экскаватор типа обратная лопата нижним черпанием, фронтальным забоем, с погрузкой в автосамосвал, установленный под погрузку на нижней площадке уступа. При этом возможно вести селективную отработку от кровли до почвы угольного пласта в диапазоне ( $M_n - M_3$ ).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой законченную научно - квалификационную работу, в которой на основе определения основных рациональных технологических параметров системы разработки предлагается новое решение актуальной научной задачи обоснования технологических схем, с учетом горнотехнических особенностей совместной отработки угольных месторождений Вьетнама группой разрезов, обеспечивающих повышение экономической эффективности ведения горных работ.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы и рекомендации:

1. На основе анализа современных горнотехнических и горно-геологических условий открытой разработки угольных месторождений Вьетнама установлена необходимость в разработке новых технологических решений по отработке месторождений группой разрезов в общей технологической системе, позволяющих повысить экономическую эффективность открытой геотехнологии.

2. Установлено, что большинство рабочих горизонтов на разрезе Кокшау (17,1%) имеет высоту 13,0 м, а уступов с высотой 16,0 м и более - 14,3%.

3. Доказано, что большинство рабочих горизонтов на разрезе Деонай (33,3%) имеют площадки 11 - 15 м, что соответствует параметрам площадок меньше минимальных нормативных. Только 20% уступов имеют ширину рабочих площадок, соответствующую технологическим нормам и обеспечивающую безопасную и эффективную работу горно-транспортного оборудования.

4. Установлено, что наибольшее количество уступов на разрезе Каошон (23,8%) имеют площадки 16 - 20 м, что соответствует параметрам площадок меньше минимальных нормативных. Только 9,52% уступов имеют ширину рабочих площадок, соответствующую технологическим нормам и обеспечивающую безопасную и эффективную работу горно-транспортного оборудования.

5. Для горнотехнических условий рассмотренных угольных разрезов доказана тенденция увеличения эксплуатационных затрат и затрат на БВР с уменьшением высоты уступов.

6. Выявлена тенденция уменьшения среднего коэффициента вскрыши по предлагаемым вариантам границ разрезов входящих в группу по сравнению с фактическими.

7. Установлено, что по группе рассматриваемых угольных разрезов, на 3,51 млн.т увеличиваются запасы угля по предлагаемым вариантам границ разрезов по сравнению с фактическими.

8. Доказано, что отработка рассматриваемых месторождений группой разрезов с постоянным эксплуатационным коэффициентом вскрыши невозможна; объём горно-капитальной вскрыши на разрезе Кокшау в первые годы отработки больше, чем на других разрезах группы; для обеспечения стабилизации объёмов добычи угля на разрезах Каошон и Деонай - Кокшау необходимо разделить отработку месторождения на этапы с различными объёмами удаляемой вскрыши.

9. Анализ данных по разрезам группы показал, что при длине фронта работ по расширению разрезной траншеи 350 - 400 м, скорость углубки разреза Кокшау может достигать 13,4 - 14,9 м/год; в разрезе Деонай - 13,9 - 15,6 м/год. Для того, чтобы достичь нормативную скорость углубки 15 м/год при дальнейшей отработке месторождений необходимо интенсифицировать скорость движения фронта работ на уступах.

10. Между тремя разрезами группы существует взаимосвязь в

организации дренажных работ. Дренажные системы разрезов группы оказывают значительное влияние друг на друга, объединены в единую взаимосвязанную систему. Водопритоки разрезов Кокшау и Деонай, а также разреза Каошон направляются через систему траншей разреза Кокшау до двух сливных трубопроводов на уровне +28 разреза Кокшау, затем - в дренажную станцию и сбрасываются в море.

11. Борт разреза на конец отработки должен иметь выпукло - вогнутую текстуру не только для повышения устойчивости борта, но и для уменьшения коэффициента вскрыши, повышению надёжности работы технологической системы-разрез, эффективности отработки угольного месторождения.

12. Календарный план удаления вскрышных пород должен обеспечивать минимум дальности транспортирования, для обеспечения экономической эффективности отработки месторождения.

13. Установленная производительность разрезов по углю, соответствующая прогнозируемому спросу, обеспечивается при скорости углубки  $10 \div 13$  м/год.

Полученные в работе научные и практические результаты позволяют в дальнейшем проводить развитие геотехнологии добычи угля группой разрезов в единой технологической системе, с учётом горногеологических, горнотехнических и климатических особенностей открытой разработки угольных месторождений Вьетнама.

Предложенные технические решения могут быть внедрены на разрезах по добыче угля Деонай, Кокшау и Каошон (Вьетнам), при отработке, проектировании и планировании разработки угольных месторождений Вьетнама группой разрезов в единой горнотехнической системе.

**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

**Публикации в изданиях из Перечня ВАК:**

1. Фомин, С.И. Анализ параметров системы разработки угольных месторождений Вьетнама [Текст] / С.И. Фомин, До Нгок Хоан // Маркшейдерия и недропользование. – 2017. – № 5 (91). – С. 50-53.

2. Фомин, С.И. Анализ параметров системы открытой разработки угольных месторождений Вьетнама [Текст] / С.И. Фомин, До Нгок Хоан // Горный информационно-аналитический бюллетень.

– 2017. – № 11. – С.138-143.

3. Фомин, С.И. Определение параметров берм безопасности для горнотехнических условий карьеров Вьетнама [Текст] / Фомин С.И., Чан Динь Бао, **До Нгок Хоан** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – № 7. – С. 345-359.

**В изданиях, индексируемых в международной базе данных и системе цитирования Scopus:**

4. Fomin, S.I. Rational combination of capital mining and Construction mining Operations in coal cuts [Текст] / S.I. Fomin, V.V. Ivanov, **Do Ngoc Hoan** // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – 7 (4.38). – PP. 1118-1121.

**В прочих изданиях:**

5. Фомин, С.И. Организация горно-капитальных и горно-строительных работ при открытой разработке угольных месторождений [Текст] / Фомин С.И., **До Нгок Хоан** // Международное научное периодическое издание по итогам международной научно-практической конференции «Новая наука: техника и технологии». Стерлитамак, Российская Федерация. Агентство международных исследований. – 2017. – С. 73-76.

6. **Do Ngoc Hoan** A study on the drainage ability of Deo Nai, Coc Sau and Cao Son open-pit mines [Текст] / Do Ngoc Hoan, Fomin S.I., Vu Duc Tuan // International conference on geo-spatial technologies and earth resources – GTER, Vietnam. – 2017. – PP. 421-428.

7. **До Нгок Хоан**. Анализ данных по ширине рабочих площадок на разрезе Кок Шау (Вьетнам) [Текст] / До Нгок Хоан // Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование. Международная научно-практическая конференция, посвященная 185-летию кафедры «Горное искусство». – 2017. – С. 79-80.

8. Чан Динь Бао Определение параметров берм безопасности для горнотехнических условий карьеров Вьетнама [Текст] / Чан Динь Бао, **До Нгок Хоан** // Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке: Тезисы докладов международной научно-практической конференции Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование. РИЦ Горного университета, СПб. – 2018. – С. 140.