

На правах рукописи

ВУ ДЫК ТУАН

**ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ ПОТЕРЬ И
ЗАСОРЕНИЯ УГЛЯ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ТАЙ НАМ ДА МАЙ», ВЬЕТНАМ**

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

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2018

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

Научные руководители —
доктор технических наук, профессор

Холодняков Генрих Александрович

доктор технических наук, ст. науч. сотр.

Решетняк Сергей Прокофьевич

Официальные оппоненты:

Гавришев Сергей Евгеньевич

доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых

Комаров Юрий Альбертович

кандидат технических наук, АО «Полиметалл Инжиниринг», заместитель главного инженера проектов дирекции по проектированию

Ведущая организация — ООО «Институт Гипроникель»

Защита состоится 12 декабря 2018 года в 13 ч 00 мин на заседании диссертационного совета Д 212.224.06 при Санкт-Петербургском горном университете по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, В.О., 21-я линия, д. 2, ауд. № 1171а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского горного университета и на сайте www.spmi.ru.

Автореферат разослан 12 октября 2018 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета



СИДОРОВ
Дмитрий Владимирович

Актуальность темы исследований. Современный этап развития мировой угольной промышленности характеризуется продолжающимся усложнением горно-геологических условий добычи угля на освоенных месторождениях, а также вовлечением в разработку труднодоступных неосвоенных месторождений. При этом происходит увеличение затрат на добычу, переработку и транспорт угля, и более острой становится проблема повышения полноты извлечения его запасов из недр на освоенных месторождениях.

Совершенствование и развитие открытого способа разработки месторождений сопровождается внедрением технологического оборудования большой единичной мощности и новых систем разработки с поточным транспортом угля и пород. Все это приводит к увеличению полей разрезов, более быстрому продвижению фронта работ и интенсивному увеличению глубины разработки, что в свою очередь, требует совершенствования способов оптимизации рационального уровня потерь и засорения, корректного определения количества и качества добываемого угля.

Решением проблем обеспечения рациональной выемки полезного ископаемого с учетом потерь и засорения его на контактах с вмещающими породами занимались многие ученые, такие как А.И. Арсентьев, Е.Г. Баранов, В.А. Болдырев, С.В. Гавришев, А.В. Гальянов, В.В. Квитка, А.И. Косолапов, Ю.В. Лаптев, Г.Г. Ломоносов, А.Н. Омельченко, Б.Р. Ракишев, Г.В. Секисов, И.А. Тангаев, С.И. Фомин, А.Н. Ханукаев, Г.А. Холодняков, В.С. Авраамов, Ю.А. Комаров, К.Р. Аргимбаев, Н.В. Косенко, Д.Н. Лигоцкий и другие.

Разработанные ими методы установления рациональных уровней потерь и засорения полезных ископаемых реализованы для многих типовых залежей полезных ископаемых. Однако в условиях некоторых угольных месторождений, для которых характерна значительная изменчивость мощностей, углов залегания, слоистости пластов угля и его нестабильной зольности, требуется применение более совершенных методов определения кондиций на добываемый уголь. Горно-геологические условия вьетнамского угольного месторождения «Тай Нам Да Май» характеризуются невыдержанной мощностью угольных пластов и частой изменчивостью параметров

их залегания. Для таких условий актуальной является проблема обеспечения полноты выемки угля из недр при высокой интенсивности разработки за счет применения карьерной техники повышенной мощности.

Цель работы. Обоснование рациональных величин потерь и засорения при открытой разработке сложноструктурных угольных пластов с переменными параметрами залегания на примере месторождения «Тай Нам Да Май» и обоснование параметров и технологии открытых горных работ, обеспечивающих рациональный уровень полноты выемки угля.

Идея работы. Необходимое качество угля, добываемого гидравлическими экскаваторами с рабочим оборудованием обратная лопата, может быть обеспечено благодаря применению адаптивной технологической схемы ведения горных работ с изменяемыми параметрами, что позволяет значительно сократить потери угля на контактах с вмещающими породами.

Основные задачи исследований:

1. Оценить степень влияния горно-геологических условий, применяемой техники и технологии на полноту извлечения запасов угля, выполнить анализ состояния эксплуатационных потерь/засорения на контактах и существующих методов нормирования качества угля при разработке месторождения «Тай Нам Да Май».

2. Определить область возможных решений по определению рациональных величин потерь и засорения угля для условий рассматриваемого месторождения за счет использования переменной высоты уступов в приемлемом для имеющейся карьерной техники диапазоне параметров.

3. Разработать методику планирования и экономической оценки потерь и засорения угля при добыче, учитывающую необходимость повышения полноты и качества выемки угля и требуемый рост производительности карьерного оборудования.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- обоснована методика определения высоты добычных уступов и подуступов в условиях открытой разработки угольных залежей, подобных месторождению Тай Нам Да Май, характеризующемуся относительно высокой зольностью угля и

многообразием условий залегания угольных пластов, в том числе — наклонного и крутого падения (до субвертикального);

- получены зависимости между величинами потерь и засорения угля на контактах и параметрами буровзрывных и выемочно-погрузочных работ, обеспечивающими рациональную полноту извлечения запасов.

Основные защищаемые положения:

1. Для значительно изменяющихся в компактном карьерном поле углов залегания пачек угольных пластов (от 0 до 60°) должна применяться комбинированная методика определения и стабилизации качественных показателей потока угля, включающая в себя уменьшение высоты рабочих подступов на контактах угля с вмещающими породами и применение гидравлических экскаваторов с рабочим оборудованием обратная лопата.

2. Рациональное соотношение потерь и засорения при добыче открытым способом высокозольных углей в условиях сложноструктурных пластовых месторождений достигается применением технологических схем ведения буровзрывных и выемочно-погрузочных работ с изменяющимися при работе в приконтактных зонах параметрами.

3. Определение рациональных показателей полноты и качества извлечения угля из пластов с переменными параметрами залегания должно базироваться на экономической оценке его потерь и засорения на контактах, зависящих от изменения высоты уступов и подступов в приконтактных зонах.

Методы исследований: анализ и обобщение трудов ученых и опыта работы угледобывающих предприятий по обеспечению необходимого качества добытого полезного ископаемого, горно-геометрический анализ карьерного поля, обоснование технологии горных работ гидравлическими экскаваторами типа обратная лопата, аналитические расчеты, экономико-математическое моделирование обработки контактных зон угольных пластов.

Достоверность результатов исследований обеспечивается применением современных методов выполнения исследований, соответствием полученных научных результатов трендам развития данного научного направления, информация о которых приводится в публикациях ведущих ученых, апробацией результатов исследований

на семинарах и совещаниях, соответствием результатов технико-экономических расчетов данным ранее выполненным проектным работ и информации производственных предприятий о существующей организации добычи и переработки угля.

Практическая значимость работы:

Разработка малоотходной добычи пластов угля позволит в значительной степени улучшить экономические показатели эксплуатации угольных месторождения со сложными условиями залегания пластов.

Апробация диссертации.

Основные положения и результаты исследований докладывались на заседаниях кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, на заседаниях научно-технического совета по работе с аспирантами Санкт-Петербургского горного университета.

Личный вклад автора заключается в следующем:

- проведен анализ эксплуатационных плановых и фактических потерь и засорения угля на разрезах России и Вьетнама;

- разработана методика оценки рациональных параметров потерь и засорения угля в условиях невыдержанной мощности и частой изменчивости элементов залегания пластов;

- разработана методика определения границ селективной и валовой выемки при отработке угольных пластов открытым способом;

- установлена последовательность планирования эксплуатационных потерь, засорения и произведена их экономическая оценка.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 4 печатных статьи, из них — 2, входящие в перечень ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 123 страницах машинописного текста, содержит 5 глав, введение и заключение, список использованной литературы из 125 наименований, 35 рисунков, 15 таблиц.

Автор выражает глубокую благодарность и признательность научным руководителям — д.т.н., проф. Г.А. Холоднякову и д.т.н.

С.П. Решетняку за идеи, которые послужили основой выполнения исследований, внимание, помощь и поддержку, оказанные в процессе выполнения работы; коллективу кафедры разработки месторождений полезных ископаемых за полезные замечания и ценные советы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлена общая характеристика работы, обоснована ее актуальность, сформулированы цель, идея, задачи, научная новизна, защищаемые положения, практическая значимость проводимого исследования и личный вклад автора.

В главе 1 выполнен анализ современного состояния технологии открытой разработки угольных месторождений и методов определения и снижения величин потерь и засорения угля на геологических контактах.

В главе 2 дана характеристика горно-геологических условий добычи угля открытым способом, в частности, на месторождении Тай Нам Да Май во Вьетнаме. Рассмотрено фактическое состояние нормирования потерь и засорения угля, применяемых систем разработки и технологии ведения горных работ, установлено влияние горно-геологических условий, техники и технологии на полноту извлечения угля.

В главе 3 обоснована методика определения потерь и засорения угля на основе управления параметрами буровзрывных работ.

В главе 4 проведен анализ существующих методов нормирования эксплуатационных потерь и засорения.

В главе 5 рассмотрена методика планирования потерь и дана их экономическая оценка. Плановые эксплуатационные потери и засорение угля устанавливаются на основании годовых и перспективных планов развития горных работ и нормативов потерь и засорения угля по планируемым выемочным единицам.

Основные результаты исследований отражены в следующих защищаемых положениях:

1. Для значительно изменяющихся в компактном карьерном поле углов залегания пачек угольных пластов (от 0 до 60°) должна применяться комбинированная методика

определения и стабилизации качественных показателей потока угля, включающая в себя уменьшение высоты рабочих подступов на контактах угля с вмещающими породами и применение гидравлических экскаваторов с рабочим оборудованием обратная лопата.

Существует несколько видов технологических схем, по которым ведется открытая разработка месторождений полезных ископаемых при использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата. В ходе исследования были выявлены три основные схемы (рисунок 1).

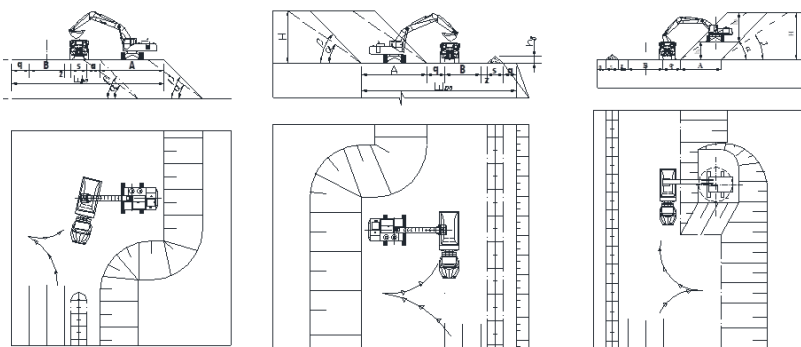


Рисунок 1 – Принципиальные технологические схемы ведения горных работ при использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата

При использовании первой схемы гидравлические экскаваторы располагаются на кровле добычного уступа, экскаватор осуществляет работу нижним черпанием.

При использовании второй схемы гидравлические экскаваторы располагаются на почве добычного уступа, экскаватор осуществляет работу верхним черпанием.

При работе по третьей схеме экскаваторы располагаются на подступе, сочетая преимущества верхнего и нижнего черпания (уступ разделяется на 2 подступа). Экскаватор может работать верхним и нижним черпанием и грузить автомобили, которые стоят с экскаватором на одном горизонте, выше или ниже экскаватора.

На рисунках 2-4 показаны схемы к расчетам потерь и засорения при различных условиях отработки геологических контактов угля с вмещающими породами (α – угол откоса рабочего уступа; β – угол падения пласта; ΔP , ΔV – потери и засорение угля на контактах; h – высота уступа; M – горизонтальная мощность пласта).

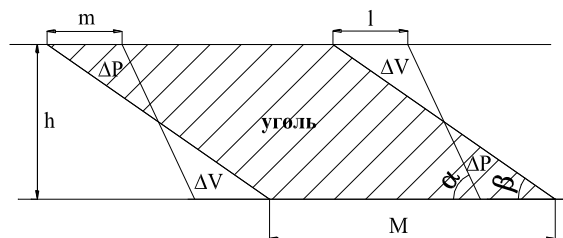


Рисунок 2 – Схема возникновения потерь и засорения в технологической контактной зоне при $\alpha > \beta$

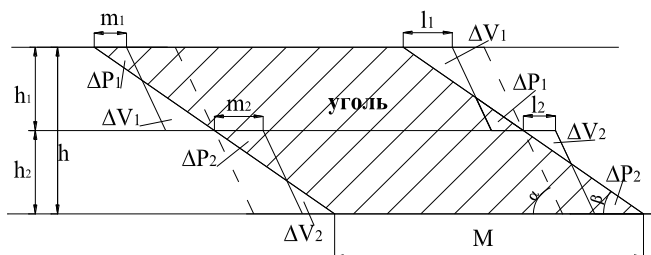


Рисунок 3 – Схема возникновения потерь и засорения в технологической контактной зоне, при этом уступ разделяется на 2 подступа $h = h_1 + h_2$

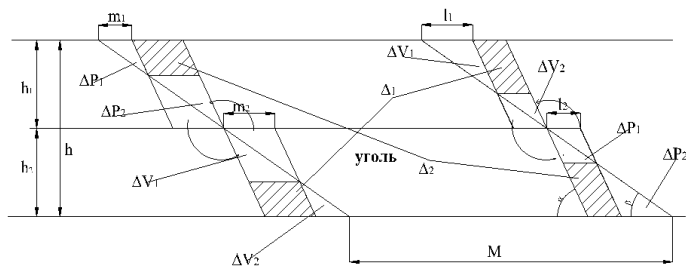


Рисунок 4 – Схема сравнение двух вариантов разработки уступами высотой 3,75 и 7,5 м

Для определения потерь и засорения полезных ископаемых в первую очередь проводят расчеты балансовых запасов и содержания угля в исследуемом участке пласта на основе геологоразведочных материалов. Затем путем косвенного или прямого расчета находят потери массы минеральных веществ.

Коэффициент потерь угля рассчитывается по формуле (1):

$$\eta = \frac{P}{B} \cdot 100, \% \quad (1)$$

Коэффициент засорения угля рассчитывается по формуле (2):

$$\rho = \frac{V}{D} \cdot 100, \% \quad (2)$$

где ρ – относительная величина засорения угля, %; η – относительная величина потерь угля, %; P , B – потери угля и балансовые запасы, соответственно; D – количество добытого угля; V – масса засоряющей породы.

Из рисунков 2-4 можно видеть, что ΔP больше чем ΔP_1 и ΔP_2 , ΔV больше чем ΔV_1 и ΔV_2 , это значит, что потери и засорение на рисунке 2 больше, чем на рисунках 3 и 4. Минимальные потери и засорение соответствуют схеме на рисунке 4.

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta_2; \quad (3)$$

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta_1. \quad (4)$$

Основными преимуществами комбинированной схемы ведения горных работ, при которой экскаватор располагается на подступе, сочетая преимущества верхнего и нижнего черпания, являются:

- улучшение качества выемочно-погрузочных работ, внедрение внутризабойной селекции и приемов сортировки угля, качественная зачистка кровли и почвы уступов и т.д.;
- уменьшение нормативов потерь и за счет этого повышение ценности товарного угля;
- снижение затрат на добычу, транспортировку и обогащение угля;
- снижение зольности добываемого угля, стабилизация качества, оптимизация уровня потерь и засорения угля.

2. Рациональное соотношение потерь и засорения при добыче открытым способом высокозольных углей в условиях сложноструктурных пластовых месторождений достигается применением технологических схем ведения буровзрывных и выемочно-погрузочных работ с изменяющимися при работе в приконтактных зонах параметрами.

Если L_B и L_L – расстояния от вертикальной скважины до контакта угольного пласта соответственно со стороны висячего и лежачего боков залежи, то можно определить, что развитие горных работ осуществляется по вариантам:

1 – от висячего бока залежи к лежачему при угле падения залежи (β меньше угла откоса уступа α (рисунок 5). Расстояние от скважины до контакта угольного пласта в этом случае:

$$L_B = h \operatorname{ctg} \alpha + l; \tag{5}$$

со стороны лежачего бока:

$$L_L = h \operatorname{ctg} \alpha + m. \tag{6}$$

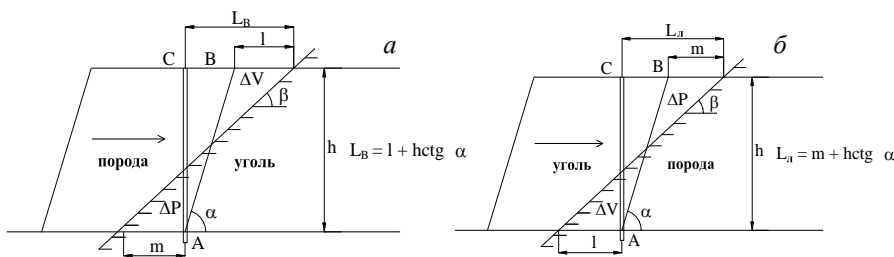


Рисунок 5 – Схема расположения взрывной скважины в зоне контакта «уголь-порода» при развитии горных работ от висячего бока залежи к лежачему ($\beta < \alpha$): а – со стороны висячего бока; б – со стороны лежачего бока

Цель буровзрывных работ — разделить литотипы пород. Взрывы производятся последовательно, и в зависимости от конкретных условий залегания угольных пластов, породы могут взрываться параллельными скважинами, как вертикальными, так и наклонными, в том числе — с разделением на подступы (рисунок 6).

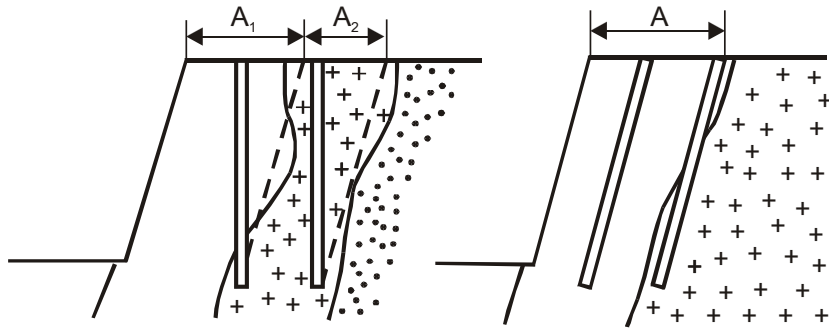


Рисунок 6 – Взрывное параллельное разделение

Ширина взрывного блока зависит от горизонтальной мощности пласта необходимого качества, чтобы разделить слои пород, но не должна быть меньше, чем безопасное расстояние до бровки:

$$A \geq h(ct\beta - ct\alpha) + C, \text{ м}, \quad (7)$$

где h – высота уступа, м; β – природный стабильный угол пород; α – угол уступа; C – безопасное расстояние, м.

Отдельные взрывы производят по очереди на секторах каждого типа полезных ископаемых или пород (рисунок 7).

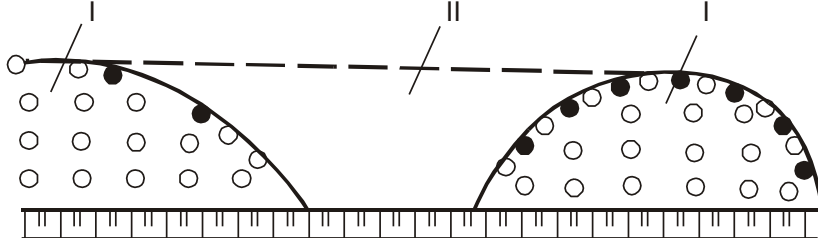


Рисунок 7 – Разделение селективным взрывом (I, II очередь)

На основе выбора из проанализированных схем формирования развала, можно спрогнозировать место расположения в развале части угля, относящейся к потерям, и части породы, засоряющей уголь, что улучшает селективную разработку угля (рисунок 8).

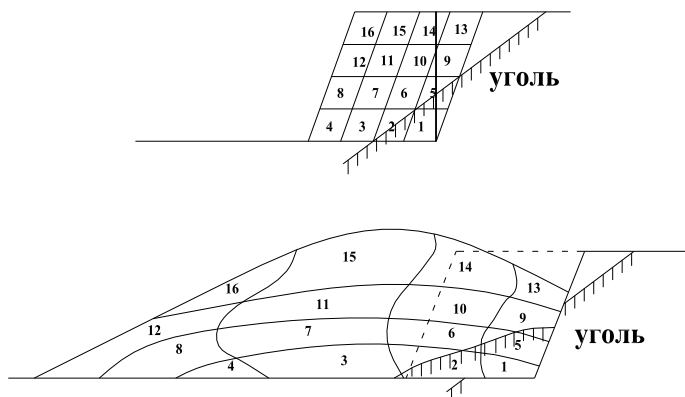


Рисунок 8 – Структура развала при отработке контактной зоны от висячего к лежащему боку ($\beta < \alpha$) при входе работ в угольный пласт

На основании анализа потерь и засорения угля на контактах «уголь-порода» разработаны следующие мероприятия по их сокращению при ведении буровзрывных работ:

1. Технологической контактной зоной для поиска решений является участок горного массива, ограниченный крайними возможными положениями забоев, один из которых соответствует максимальным потерям при отсутствии засорения, а другой — наибольшему засорению при отсутствии потерь.

2. Места расположения первого и последнего рядов взрывных скважин при входе добычных работ в технологическую контактную зону и выходе из нее определяют границы выемки полезного ископаемого.

3. Основными параметрами, влияющими на определение расстояния от первого и последнего рядов скважин до контакта «уголь-порода» на конкретном уступе, являются мощность и угол падения залежи, высота и угол откоса уступа, потери и засорение угля.

4. Анализ степени влияния каждого параметра на расстояние от верхней бровки уступа до контакта «уголь-порода», проведенный с использованием коэффициента эластичности, показал, что самыми значимыми из них являются угол падения залежи и высота уступа. Эти же параметры наибольшее влияние оказывают на потери и засорение полезного ископаемого.

5. При производстве взрывных работ происходит деформация приконтактной зоны «уголь – порода», достоверное описание которой обеспечивает возможность эффективной внутризобойной селекции.

6. Перемещение отдельных блоков целикового массива при взрыве подчиняется следующей закономерности: нижние слои перемещаются в меньшей степени чем верхние, прилегающие к середине откоса уступа забрасываются вперед и заваливают нижние слои, а поверхностный слой развала образован породами тех же зон, что и в целике.

3. Определение рациональных показателей полноты и качества извлечения угля из пластов с переменными параметрами залегания должно базироваться на экономической оценке его потерь и засорения на контактах, зависящих от изменения высоты уступов и подступов в приконтактных зонах.

Схема возникновения потерь и засорения угля при работе от всячего бока к лежащему, когда угол падения угольного тела меньше угла откоса рабочего уступа высотой 15 м, при $\alpha > \beta$, изображена на рисунке 2.

Предварительными расчетами определим максимальное значение l , при котором $\Delta P = 0$.

$$h = 7,5 \text{ м}; M = 4,26 \text{ м}; \beta = 35^\circ; \alpha = 65^\circ.$$

$$l_{\max} = h (\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha) = 7,5 (\operatorname{ctg}35^\circ - \operatorname{ctg}65^\circ) = 7,21 \text{ м}.$$

Таким образом, l может изменяться в пределах от 0 до 7,21 м. Рассчитаем значения потерь и засорения для 10 значений l с интервалом $\Delta l = 0,72 \text{ м}$.

Для удобства сравнения различных вариантов образования потерь и засорения целесообразно использовать отношение l/l_{\max} . Тогда для $l/l_{\max} = 0$ ($l = 0$) $\Delta P = 0$ и $\Delta V = V_{\max}$, для $l/l_{\max} = 1$ ($l = l_{\max}$) $\Delta P = P_{\max}$ и $\Delta V = 0$.

Выполним расчеты при $l/l_{\max} = 0,5$ и $l = 3,6$, используя следующие формулы для определения потерь и засорения:

$$\Delta P = \frac{1}{2} \left(h - \frac{1}{\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha} \right)^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha); \quad (8)$$

$$\Delta V = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha} \right)^2 \cdot (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha). \quad (9)$$

При объемной массе угля $\gamma_y = 1,45 \text{ т/м}^3$, вскрышных пород $\gamma_{п} = 2,7 \text{ т/м}^3$, длине контакта $L = 1400 \text{ м}$, итоговые показатели расчетов потерь и засорения угля приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет потерь и засорения при добычных уступах высотой 7,5 м

№	ctg 35° – ctg 65°	l	M	ΔP	ΔV	ρ		η	
						2ΔV/(Mh)	2ΔP/(Mh)		
1	0,962	7,215	4,26	0	27,05625	169,3662	0		
2	0,962	6,4935	4,26	0,270563	21,91556	137,1866	1,693662		
3	0,962	5,772	4,26	1,08225	17,316	108,3944	6,774648		
4	0,962	5,0505	4,26	2,435063	13,25756	82,98944	15,24296		
5	0,962	4,329	4,26	4,329	9,74025	60,97183	27,09859		
6	0,962	3,6075	4,26	6,764063	6,764063	42,34155	42,34155		
7	0,962	2,886	4,26	9,74025	4,329	27,09859	60,97183		
8	0,962	2,1645	4,26	13,25756	2,435063	15,24296	82,98944		
9	0,962	1,443	4,26	17,316	1,08225	6,774648	108,3944		
10	0,962	0,7215	4,26	21,91556	0,270563	1,693662	137,1866		
11	0,962	0	4,26	27,05625	0	0	169,3662		

При переходе на отработку с уступами высотой 7,5 м и двумя добычными подуступами высотой 3,75 м (рисунок 9) экскаватор сочетает преимущества верхнего и нижнего черпания. Схема возникновения потерь и засорения в этом случае при работе от висячего бока к лежащему, когда угол падения угольного тела больше угла откоса рабочего уступа, при $\alpha > \beta$, изображена на рисунке 10.

Предварительными расчетами определим максимальное значение l, при котором $\Delta P = 0$.

$h_1 = h_2 = 3,75 \text{ м}$; $M = 4,26 \text{ м}$; $\beta = 35^\circ$; $\alpha = 65^\circ$.

$$l_{\max} = h_1 (\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha) = 3,75 (\operatorname{ctg}35^\circ - \operatorname{ctg}65^\circ) = 3,61 \text{ м.}$$

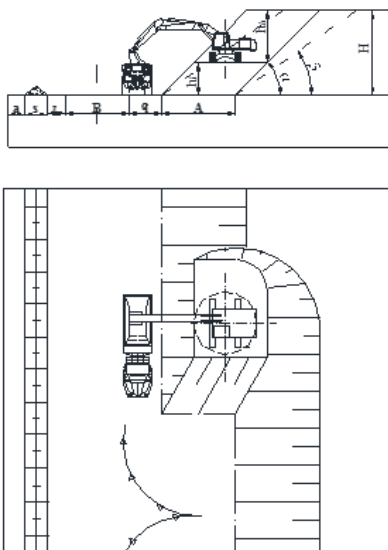


Рисунок 9 – Технологическая схема при высоте уступа 3,75 м

Таким образом, l может изменяться в пределах от 0 до 3,61 м. Рассчитаем значения потерь и засорения для 10 значений l с интервалом $\Delta l = 0,36$ м.

Для удобства сравнения различных вариантов образования потерь и засорения целесообразно использовать отношение l/l_{\max} . Тогда для $l/l_{\max} = 0$ ($l = 0$) $\Delta P = 0$ и $\Delta V = V_{\max}$, для $l/l_{\max} = 1$ ($l = l_{\max}$) $\Delta P = P_{\max}$ и $\Delta V = 0$.

Выполним расчеты при $l/l_{\max} = 0,5$ и $l = 1,8$, используя следующие формулы для определения потерь и засорения:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 = \left(h \cdot \frac{1}{1 \cdot \operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha} \right)^2 (\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha); \quad (10)$$

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 = \left(\frac{1}{\text{ctg}\beta - \text{ctg}\alpha} \right)^2 \cdot (\text{ctg}\beta - \text{ctg}\alpha) \cdot \quad (11)$$

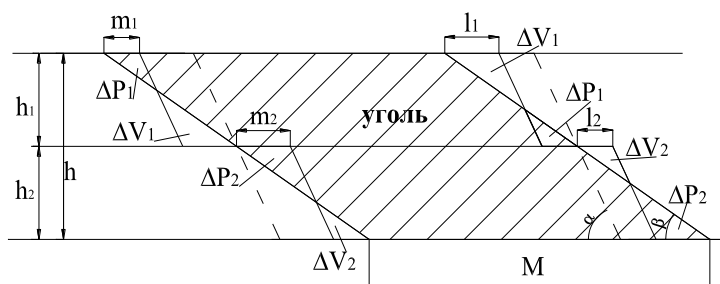


Рисунок 10 – Схема возникновения потерь и засорения в технологической контактной зоне

При объемной массе угля $\gamma_y = 1,45 \text{ т/м}^3$, вскрышных пород $\gamma_n = 2,7 \text{ т/м}^3$, длине контакта $L = 1,4 \text{ тыс. м}$ общие потери составят значения, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет потерь и засорения при добычных уступах высотой 3,75 м

№	$h_1 = h_2$	$\text{ctg } 35^\circ - \text{ctg } 65^\circ$	l	M	ΔP	ΔV	ρ	η
1	3,75	0,962	3,6075	4,26	0	13,52813	84,6831	0
2	3,75	0,962	3,24675	4,26	0,135281	10,95778	68,59331	0,846831
3	3,75	0,962	2,886	4,26	0,541125	8,658	54,19718	3,387324
4	3,75	0,962	2,52525	4,26	1,217531	6,628781	41,49472	7,621479
5	3,75	0,962	2,1645	4,26	2,1645	4,870125	30,48592	13,5493
6	3,75	0,962	1,80375	4,26	3,382031	3,382031	21,17077	21,17077
7	3,75	0,962	1,443	4,26	4,870125	2,1645	13,5493	30,48592
8	3,75	0,962	1,08225	4,26	6,628781	1,217531	7,621479	41,49472
9	3,75	0,962	0,7215	4,26	8,658	0,541125	3,387324	54,19718
10	3,75	0,962	0,36075	4,26	10,95778	0,135281	0,846831	68,59331
11	3,75	0,962	0	4,26	13,52813	0	0	84,6831

Сравнивая таблицы 1 и 2, можно сделать вывод о том, что величины потерь и засорения при использовании высоты уступа высотой 7,5 метров больше, чем при уступе высотой 3,75 м (таблица 3).

Таблица 3 – Сравнение величин потерь и засорения при двух вариантах высоты уступов, тыс. т

Параметры	Вариант 1. Уступы высотой 7,5 м	Вариант 2. Уступы высотой 3,75 м
Потери	42,34	21,17
Объем угля	13722,8	6861,4
Засорение	42,34	21,17
Объем породы	25552,8	12776,4

В данной диссертации предлагается использование схемы добычи угля, приведенной на рисунке 10, так как это способствует сокращению величины потерь и засорения, стабилизации качества добываемого угля и сокращению затрат на добычу.

На основании анализа потерь и засорения угля разработаны следующие мероприятия по их сокращению:

1. Карьер «Тай Нам Да Май» разрабатывает залежи угля уступами высотой 7,5 м, вскрышных пород уступами высотой 15 м, работает с производительностью 1,5 млн. т угля в год с зольностью 49,1%.

2. Для сокращения потерь полезного ископаемого целесообразно добычные работы осуществлять уступами высотой 3,75 м с последующей их сбойкой в уступы высотой 15 м при выходе горных работ из угольной залежи во вскрышные породы.

3. Сравнение двух вариантов разработки уступами высотой 3,75 и 7,5 м показало, что потери в 1-ом варианте почти в 2 раза меньше, чем во 2-ом, а максимальная прибыль больше на 16,1 доллара на 1 т погашенных запасов.

4. Оптимальными значениями для карьера являются коэффициенты: потерь — 21,17%, засорения — 21,17%.

5. Для этих значений рекомендованы расстояния от устьев взрывных скважин до каждого из 3-х видов контактов «уголь – порода», характерных для карьера «Тай Нам Да Май».

6. Общая дополнительная прибыль за счет рекомендованных значений потерь и засорения на карьере Тай Нам Да Май составит 9,4 млн. долл. в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований в диссертации получены следующие основные выводы.

1. Исследование горно-технических факторов отработки запасов угля в карьере Тай Нам Да Май показало, что сложное и разнообразное геологическое строение месторождения обуславливает применение систем разработки с различными параметрами при ведении вскрышных и добычных работ.

2. Анализ степени влияния каждого из параметров технологической контактной зоны на величины потерь и засорения угля показал, что наиболее значимыми из них являются угол падения залежи и высота уступа. Выявлена зависимость потерь и засорения угля от применяемой техники и технологии на вскрыше, добыче и зачистке кровли пласта и площадки угольного уступа: чем мощнее техника, больше вместимость ковша экскаватора или вес бульдозера, тем больше потери и засорение угля.

3. Использование разработанного метода определения места заложения взрывных скважин в технологической контактной зоне обеспечивает рациональный уровень потерь и засорения угля при любом направлении развития горных работ.

4. Разработанная методика планирования горных работ и экономической оценки потерь и засорения угля учитывает показатели полноты и качества извлечения угля из пластов с переменными параметрами залегания. Применение методики для условий карьера Тай Нам Да Май позволило снизить потери и засорение угля на контактах, зависящие от изменения высоты уступов и подступов в приконтактных зонах, в два раза по сравнению с применяемой технологической схемой добычи угля.

5. Для сокращения потерь полезного ископаемого на карьере Тай Нам Да Май добычные работы целесообразно осуществлять уступами высотой 3,75 м с последующей их сбойкой в 15-метровые при выходе горных работ из угольной залежи во вскрышные породы.

6. Общая дополнительная прибыль за счет применения рекомендованных значений потерь и засорения на карьере Тай Нам Да Май составит 9,4 млн. долл. в год.

Публикации по теме диссертации

В изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. Холодняков Д.Г., Аргимбаев К.Р., Ву Дык Туан, Старцева К.А. Потери и засорение полезного ископаемого при добыче его открытым способом // Горный информационно-аналитический бюллетень, №5, 2015, С. 135-139.

2. Холодняков Г.А., Ву Дык Туан. Малоотходная открытая разработка полезных ископаемых с помощью гидравлических экскаваторов // Горный информационно-аналитический бюллетень, №1, 2017, С. 357-363.

В прочих изданиях:

3. Холодняков Г.А., Ву Дык Туан, До Нгок Хоан, Чань Динь Бао. Рациональная схема добычи угля, определение потерь и засорения при открытой разработке месторождения в районе Куангнинг – Вьетнам // Mining Industry Magazine, VietNam, No 3, 2017, pp. 14-19.

4. Fomin Sergey Igorevich, Do Ngoc Hoan, Vu Duc Tuan. A study on the drainage ability of Deo Nai, Coc Sau and Cao Son open-pit mines // Geo-spatial Technologies and Earth Resources (GTER-2017), pp. 421-428.