

На правах рукописи

Злобина

ЗЛОБИНА Елена Владимировна

**ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ БЕСТРАНСПОРТНОГО
УСТУПА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДРАГЛАЙНА ПРИ
СМЕШАННОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ ПОЛОГОГО ПЛАСТА**

Специальность 25.00.22 – «Геотехнология
(подземная, открытая и строительная)»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Кемерово 2017

Работа выполнена на кафедре «Открытые горные работы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор
Сысоев Андрей Александрович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», кафедра «Открытые горные работы», профессор

Официальные оппоненты:

Косолапов Александр
Иннокентьевич

доктор технических наук, профессор,
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», кафедра «Открытые горные работы», зав. кафедрой (г. Красноярск)

Федотенко Виктор Сергеевич

кандидат технических наук,
Департамент промышленности Кемеровской области, старший инженер (г. Кемерово)

Ведущая организация —

Федеральное государственное бюджетное
Учреждение науки Институт горного дела им.
Н. А. Чинакала Сибирского отделения РАН

Защита состоится 21 апреля 2017 г. в 14-00 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.102.02 в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» по адресу: 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, факс (384-2) 58-33-80, e-mail: rector@kuzstu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» и на сайте:

<http://science.kuzstu.ru/wp-content/docs/OAD/Soresearchers/2017/zlo/Dissertation.pdf>

Автореферат разослан _____ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Иванов В.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Угольные пласты на пологопадающих месторождениях Ленинского и Ерунаковского геолого-экономических районов центрального Кузбасса разрабатываются по смешанной (углубочно-сплошной) системе. Запасы данных угольных месторождений составляют 250 млн.т.

Породный слой над пластом на высоту от 14-16 м до 40-43 м разрабатывается драглайнами по бестранспортной технологии, а вышележащая породная толща на высоту 20-68 м разрабатывается по транспортной технологии с применением автомобильного транспорта для перемещения вскрыши на поверхность внутреннего отвала.

Преимущества смешанной системы заключаются в применении бестранспортной технологии разработки драглайнами породного слоя непосредственно над угольным пластом с относительно меньшими удельными затратами по сравнению с затратами, которые имеют место при разработке вышележащей породной толщи по транспортной технологии.

Изменение высоты бестранспортного уступа приводит к перераспределению объемов транспортной и бестранспортной вскрыши. При ее увеличении имеет место с одной стороны уменьшение объема более дорогой транспортной вскрыши, но с другой стороны ухудшаются и технико-экономические показатели бестранспортной зоны за счет увеличения объемов переэкскавации. Поэтому существуют такая высота бестранспортного уступа, при которой достигается минимум суммарных затрат на вскрышу по карьерному полю.

Анализ практического опыта разработки пологих пластов по смешанной системе на разрезах центрального Кузбасса показывает, что при выборе высоты бестранспортного уступа в схемах, являющихся аналогом Райчихинской схемы (использование на вскрышных работах и переэкскавации взорванных пород одного драглайна), отсутствует общий методологический подход, основанный на закономерностях изменения технико-экономических показателей в зависимости от горно-геологических условий залегания пласта и технологических характеристик драглайнов.

Отечественная промышленность имеет возможность выпускать различные модели драглайнов в широком диапазоне производительности, рабочих параметров и массы. В частности, рабочая масса экскаваторов изменяется от 300 до 10 000 т. Поэтому в практике проектирования разрезов актуален вопрос выбора модели шагающего драглайна в зависимости от горно-геологических условий карьерного поля, разрабатываемого по смешанной системе.

Работа выполнена в рамках программы интенсификации вскрышных работ на разрезах ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» на 2007-2011 гг., согласно планов НИР Кузбасского государственного технического университета. Хоздоговорные темы КузГТУ №141-2007 «Обосновать эффективность уменьшения бестранспортного уступа с вывозкой верхней его части автомобильным транспортом при учете рациональной дальности перевозки на разрезах ОАО «УК «Кузбассразрезуголь»; №144-2008 «Создание технологии отработки угленасыщенных зон»; №133-2011 «Обосновать рациональные комплексы оборудования

для разработки вскрыши над пологими пластами комбинированным транспортно-бестранспортным способом на разрезах ОАО «УК «Кузбассразрезуголь».

Целью работы является обоснование рациональной высоты бестранспортного уступа на стадии эксплуатации разреза и выбора технологических параметров драглайна при проектировании разреза, обеспечивающих минимальные затраты на вскрышные работы при смешанной системе разработки пологого пласта.

Объектом исследования является смешанная система разработки пологого пласта на разрезах центрального Кузбасса.

Предметом исследования являются закономерности изменения технико-экономических показателей разработки карьерных полей в зависимости от высоты бестранспортного уступа и технологических параметров драглайна.

Идея работы: при смешанной системе разработки пологого пласта минимальные затраты на вскрышные работы возможно обеспечить путем выбора рациональной высоты бестранспортного уступа с учетом технологических параметров драглайна.

Задачи исследования:

- установить закономерности изменения основных технологических показателей бестранспортной зоны при смешанной системе разработки пологого пласта в зависимости от высоты бестранспортного уступа;
- установить условия согласованного развития транспортной и бестранспортной зон и определить режим горных работ разреза в условиях смешанной системы разработки пологой залежи;
- установить высоту бестранспортного уступа, обеспечивающую минимальные затраты на вскрышные работы в зависимости от параметров залегания пласта при заданной модели драглайна;
- разработать методику обоснования рациональных технологических параметров драглайна для бестранспортной зоны смешанной системы разработки в зависимости от условий залегания пласта.

Методы исследования. В работе использован комплекс методов, включающий:

- анализ и обобщение литературных источников по разработке пологих пластов по смешанной системе;
- анализ фактического положения горных работ на разрезах, разрабатывающих пологие пласты по смешанной системе;
- метод статистического анализа для изучения параметров залегания пологих пластов на угольных месторождениях центрального Кузбасса;
- аналитический и графоаналитический методы расчета и построения схем экскавации с применением компьютерной графики;
- математическое моделирование технико-экономических показателей смешанной системы разработки карьерных полей.

Научные положения.

1. По мере увеличения высоты бестранспортного уступа при переходе к схемам экскавации с отсыпкой трехъярусного отвала в связи с необходимостью создания промежуточного навала и трасс подъема на ярусы отвала имеет место резкое увеличение общего коэффициента переэкскавации, усложнение организации работ, которые обуславливают снижение скорости подвигания фронта

работ в 1,5 – 2,0 раза по сравнению со схемами с отсыпкой двухъярусного отвала.

2. Выполнение условий согласованного развития транспортной и бестранспортной зон по мере разработки карьерного поля при соответствующих объемах вскрышных работ дает основание для оптимизации технологических параметров по технико-экономическим показателям бестранспортной зоны.

3. Рациональную высоту бестранспортного уступа, обеспечивающую минимальные затраты на вскрышные работы при использовании драглайнов с длиной стрелы 50 – 100 м, целесообразно принимать на 5 – 10 м меньше по сравнению с максимально возможной высотой уступа при отсыпке двухъярусного отвала.

4. Заданная скорость подвигания фронта горных работ обеспечивается различными комбинациями емкости ковша и длины стрелы экскаватора-драглайна, конкретные значения которых при имеющихся горно-геологических условиях залегания пласта необходимо устанавливать исходя из минимальной массы возможных вариантов моделей драглайна.

Научная новизна работы состоит:

- в установлении количественной и качественной зависимости параметров схем экскавации от высоты бестранспортного уступа и параметров существующего модельного ряда драглайнов;

- в обосновании возможности выполнения горно-геометрического анализа карьерных полей, разрабатываемых по смешанной системе, с выделением поэтапных объемов вскрыши отдельно по бестранспортной и транспортной зонам с последующим отдельным расчетом мощности вскрышных комплексов и затрат на вскрышные работы;

- в обосновании рациональной высоты бестранспортного уступа, обеспечивающей минимальные затраты на вскрышные работы;

- в разработке рекомендаций по обоснованию технологических параметров драглайна на стадии проектирования для различных горно-геологических условий залегания пласта.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе, подтверждается:

- анализом многолетней практики применения смешанной системы разработки на месторождениях центрального Кузбасса;

- корректной формализацией графоаналитических моделей схем экскавации с последующим выполнением достаточного количества многовариантных расчетов в системе AutoCAD;

- использованием исходных данных, основанных на фактических технико-экономических показателях работы горнотранспортного оборудования;

- непротиворечивостью результатов и выводов, их сопоставимостью с ранее выполненными исследованиями.

Личный вклад автора состоит: в анализе горно-геологических условий залегания пластов на месторождениях центрального Кузбасса; в анализе российского и зарубежного экскаваторостроения шагающих драглайнов; в анализе и обобщении многолетней практики применения смешанной системы разработки, осуществленном по материалам технических отделов разрезов центрального Кузбасса; в систематизации структур схем экскавации бестранспортных вскрышных уступов и разработке математической модели расчета параметров и организационно-технических показателей схем экскавации; в разра-

ботке метода расчета технологических показателей разработки бестранспортной заходки; в совершенствовании метода горно-геометрического анализа карьерных полей, разрабатываемых по смешанной системе; в обосновании высоты бестранспортной зоны в условиях смешанной системы разработки; в разработке метода выбора рациональной модели шагающего экскаватора-драглайна в соответствии с горно-геологическими условиями месторождения и заданной проектной мощностью разреза.

Отличие от ранее выполненных работ заключается в комплексном подходе к выбору рациональной высоты бестранспортного уступа в условиях смешанной системы разработки и технологических параметров шагающего экскаватора-драглайна, учитывающем влияние горно-геологических условий залегания пласта.

Научное значение работы заключается в разработке метода обоснования рациональной высоты бестранспортного уступа при разработке полого пласта по смешанной системе; в обосновании метода выбора рациональных параметров драглайна в зависимости от горно-геологических условий залегания пласта.

Практическая ценность работы состоит в том, что ее результаты позволяют:

- идентифицировать структуру схемы экскавации в зависимости от высоты бестранспортного уступа, модели драглайна и параметров залегания пласта;
- определять высоту бестранспортного уступа при смешанной системе разработки на стадии эксплуатации разреза при существующей модели экскаватора-драглайна;
- обеспечить соответствие технологических параметров шагающего экскаватора-драглайна горно-геологическим условиям месторождения на стадии проектирования.

Апробация работы.

Результаты работы докладывались на Международной научно-практической конференции «Перспективы развития горно-транспортного оборудования» (М., УНПЦ «Стройгормаш», 2013), на Международной научно-практической конференции «Энергетическая безопасность России». Новые подходы к развитию угольной промышленности (Кемерово, 2009), на XI международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» (Кемерово, 2009), на VIII Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» (М., РУДН, 2009), на Международной конференции «Форум горняков-2009».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, пять из которых – в изданиях рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация включает введение, четыре главы, заключение и приложения, изложена на 162 страницах машинописного текста, содержит 30 таблиц, 51 рисунок и список литературы из 143 наименований.

Автор благодарен д.т.н., профессору Пронозе В. Г. за выбор темы исследования и за помощь при работе над первыми разделами диссертации.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В первой главе диссертации выполнен анализ опыта разработки полных пластов на месторождениях центрального Кузбасса, а также обзор и анализ литературы, посвященной созданию и научному обоснованию соответствующей технологии разработки.

Согласно Программе развития угольной промышленности России на период до 2030 года, в Кузбассе продолжится освоение Ерунаковского угленосного района, характеризующегося благоприятными горно-геологическими условиями разработки. Преобладающая часть участков разрабатывается по смешанной (углубочно-сплошной) продольной однобортной системе разработки. Мощность пластов на месторождениях 2-11 м, угол падения 2-12°, высота отрабатываемых по бестранспортной технологии вскрышных уступов составляет от 10-15 м на выходах пластов до 36-42 м в глубинной части карьерного поля, длина фронта горных работ до 1500 м. Вскрышные породы полускальные, подготовка к выемке которых производится буровзрывным способом. Разработка уступов производится драглайнами ЭШ 10.70, ЭШ 11.70, ЭШ 15.90, ЭШ 20.90 рабочей массой 650-1740 т.

Для изучения объекта исследования проведен многокритериальный анализ структур и параметров карьерных полей отработанных, действующих и перспективных участков на месторождениях с пологим залеганием пластов Ленинского и Ерунаковского геолого-экономических районов Кузбасса, дана систематизация и статистическая оценка горно-геологических параметров.

Эффективность бестранспортной технологии характеризуется основным показателем схем разработки уступа – коэффициентом переэкскавации. В условиях пологих пластов он определяется углом их падения и длиной стрелы экскаватора. Поэтому одной из задач проектирования разработки залежи является выбор рациональной длины стрелы и емкости ковша драглайна из параметрического ряда моделей экскаваторов.

При подготовке диссертации автор использовал научные знания в области открытых горных работ по вопросам вскрытия и разработки карьерных полей при пологом залегании пластов, обоснованию параметров бестранспортных схем экскавации, взаимосвязи рабочих параметров оборудования и элементов системы разработки, организации работы шагающего драглайна, проведению горно-геометрического анализа пологих залежей (А.Е. Анпилов, А.И. Арсентьев, М.М. Березняк, Е.И. Васильев, В.Ф. Воронков, Т.Н. Гвоздкова, А.В. Калинин, В.Ф. Колесников, А. И. Косолапов, Б. Н. Лоханов, Н.В. Мельников, М.Г. Новожилов, В.Г. Проноза, В.В. Ржевский, К.Н. Трубецкой, В.С. Хохряков, В.И. Ческидов, Е.Е. Шешко, М.И. Щадов, и др.). Выполнен анализ работ по устойчивости внутренних отвалов (К.Е. Винницкий, А.С. Ненашев, Э.И. Реентович, В.Н. Хашин); общим вопросам проектирования экскаваторов-драглайнов (Х.А. Винокурский, Н.Г. Домбровский, В.Р. Кубачек, В.Л. Раскин, Б.И. Сатовский).

Степень научной разработанности темы позволила выделить свойства объекта, которые требуют дальнейшего исследования, определяют авторскую концепцию диссертационной работы. На наш взгляд требуют дополнительного изучения структуры схем экскавации и их основные технологические показатели в возможных интервалах изменения высоты уступа, отрабатываемого по бестранспортной технологии. Отсутствуют рекомендации по рациональному

выбору модели шагающего драглайна применительно к конкретным горно-геологическим условиям месторождения.

На основе выполненного анализа сформулированы цель, основная идея и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе выполнено исследование технологических показателей бестранспортной зоны при смешанной системе разработки пологого пласта на основе систематизации схем экскавации.

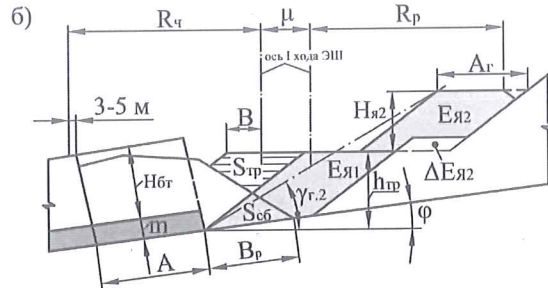
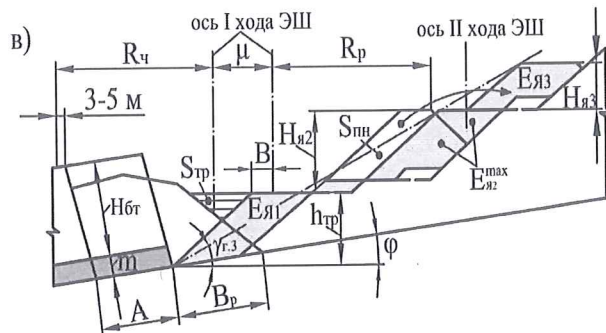
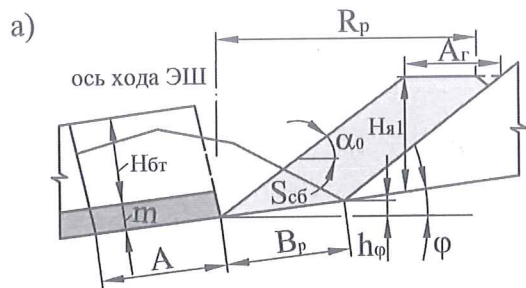
Проведен анализ структур 40 схем экскавации, применяемых в практике разрезов центрального Кузбасса, рекомендованных типовыми технологическими схемами и опубликованных в научных материалах.

Особенность бестранспортных схем экскавации заключается в том, что их структура отражает взаимосвязь высоты отрабатываемого уступа с числом ярусов внутреннего отвала. Поэтому в основу систематизации структур схем экскавации положена взаимосвязь высоты отрабатываемого уступа с числом ярусов внутреннего отвала с учетом того, что их суммарная вместимость должна соответствовать объёму разрабатываемого уступа. Систематизация увязывает комплекс факторов, определяющих структуры схем экскавации: объем бестранспортного уступа, вместимость внутреннего отвала, величины разгрузочных параметров драглайна, место его установки при работе, угол наклона основания отвала, условия устойчивости внутреннего отвала.

Опыт работы разрезов центрального Кузбасса показывает, что практически применяемые схемы экскавации предусматривают организацию не более трех ярусов внутреннего отвала. При большем числе ярусов резко возрастает объем вторичной перевалки, снижается производительность экскаватора и существенно усложняется организация работы драглайна. При разработке бестранспортного слоя верхним ограничением является его высота, обусловленная вместимостью трехъярусного отвала. Нижнее ограничение высоты бестранспортного слоя составляет 15 м, что соответствует рекомендуемой для центрального Кузбасса высоте одноярусного отвала, равной 25 м.

На основе обобщения характерных признаков групп схем экскавации систематизированы их типовые структуры для разработки пологого пласта с отсыпкой одно-, двух- и трехъярусных отвалов (рис. 1). В технологическом плане во всех схемах используется принцип «Райчихинской» схемы экскавации, характеризующейся общим горизонтом рабочей площадки промежуточной трассы и верхней площадки первого яруса, что обеспечивает достаточную маневренность экскаватора на рабочей площадке и высокую производительность по горной массе.

Укрупненными технологическими показателями бестранспортной зоны при смешанной системе разработки пологих пластов являются, в частности, общий коэффициент переэкскавации горной массы и скорость подвигания фронта горных работ. Названные показатели зависят от параметров залегания пласта (мощность и угол падения), рабочих параметров драглайна (длина стрелы и емкость ковша), а также от высоты бестранспортного уступа.



$H_{бт}$ – высота бестранспортного уступа, м; m – мощность пласта, м; A – ширина заходки, м; B_p – ширина развала, м; $R_ч$ – радиус черпания, м; R_p – радиус разгрузки, м; $E_{я.i}$ – вместимость яруса, m^2 ; $H_{я.i}$ – высота откоса отвала, м; i – число ярусов отвала; $h_{тр}$ – высота трассы, м; $S_{тр}$ – площадь трассы, m^2 ; $S_{пн}$ – площадь сечения промежуточного навала, m^2 ; μ – смещение оси хода, м; $A_г$ – горизонтальная ширина отвального слоя, м; h_{ϕ} – высота понижения отвального слоя между смежными заходками, м

Рис. 1. Типовые структуры схем экскавации для разработки пологих пластов с отсыпкой: а – одноярусного отвала; б – двухъярусного; в – трехъярусного.

Для определения качественных и количественных закономерностей были выполнены расчеты в широком диапазоне исходных данных, характерных для угольных месторождений центрального Кузбасса: угол падения пласта от 0 до 9 градусов, мощность пласта от 4 до 12 м, длина стрелы драглайна от 50 до 100 м, емкость ковша от 5 до 40 m^3 , высота бестранспортного уступа от 15 до 50 м, длина фронта работ от 300 до 1500 м. Общее количество рассмотренных вариантов составило более 400. Фрагмент расчетов представлен в табл. 1.

Таблица 1

Фрагмент результатов расчета показателей технологических схем
(ЭШ 10.70, $\phi = 8$ град.)

$H_{бт}$, м	$P_{ср.см}$ м ³ /см	$P_{ср. год}$ тыс. м ³ /год	$K_{сб}$	$T_{бт}$, см	$v_{ф.бт}$ м/год	$K_{пэ.об}$	$V_{бт.год}$ тыс. м ³	$V_{т.год}$ тыс. м ³
15	2520	1852	0,150	140	183	0,176	2664	10063
20	2506	1842	0,170	184	139	0,188	2652	7003
25	1655	1217	0,190	343	74,9	0,249	1752	3406
30	1737	1276	0,195	392	65,6	0,286	1838	2650
35	1384	1018	0,182	606	42,4	0,630	1415	1491
40	1592	1170	0,176	659	39,0	0,792	1507	1160

$H_{бт}$ – высота бестранспортного уступа; $P_{ср.см}$ – средняя сменная производительность драглайна; $P_{ср. год}$ – средняя годовая производительность драглайна; $K_{сб}$ – коэффициент сброса; $T_{бт}$ – время отработки бестранспортной заходки; $v_{ф.бт}$ – скорость подвигания бестранспортного фронта работ; $K_{пэ.об}$ – общий коэффициент переэкскавации; $V_{бт.год}$ – годовой объем бестранспортной зоны; $V_{т.год}$ – годовой объем транспортной зоны.

Увеличение высоты бестранспортного уступа приводит к увеличению коэффициента переэкскавации для всех групп бестранспортных схем экскавации. Резкое увеличение общего коэффициента переэкскавации имеет место при

переходе к схемам с отсыпкой трехъярусных отвалов (рис. 2), что приводит к снижению скорости подвигания фронта горных работ в 1,5 – 2 раза относительно схем с двухъярусными отвалами из-за усложнения организации работ и снижения эффективной производительности драглайна.

На основе обработки результатов расчетов показателей схем экскавации, построенных в системе автоматизированного проектирования AutoCAD для различных горно-геологических условий, с достоверностью 0,87 установлена функциональная связь максимальной высоты бестранспортного уступа эквивалентной вместимости двухъярусного отвала ($H_{\text{бт}}^{я2.\text{max}}$, м) с углом падения пласта (φ , град) и длиной стрелы экскаватора ($L_{\text{ст}}$, м):

$$H_{\text{бт}}^{я2.\text{max}} = \frac{(L_{\text{ст}}^2 - 188L_{\text{ст}} + 5550)\varphi^{1,1}}{2500} + 27,6 \cdot \exp(0,0056L_{\text{ст}}). \quad (1)$$

Значимое влияние на коэффициент переэкскавации оказывает угол падения пласта, тогда как его мощность в диапазоне 4 – 12 м не оказывает существенного воздействия.

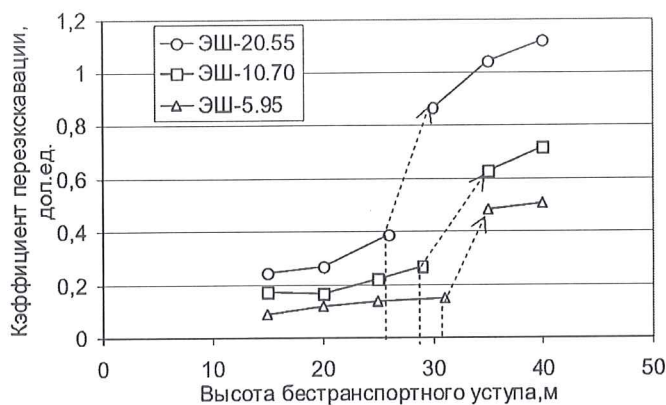


Рис. 2. Характерная зависимость общего коэффициента переэкскавации от высоты бестранспортного уступа

Учитывая направленность последующих задач, поставленных в диссертационной работе, научное положение по настоящему разделу сформулировано следующим образом: *по мере увеличения высоты бестранспортного уступа при переходе к схемам экскавации с отсыпкой трехъярусного отвала в связи с необходимостью создания промежуточного навала и трасс подъема на ярусы отвала имеет место резкое увеличение общего коэффициента переэкскавации, усложнение организации работ, которые обуславливают снижение скорости подвигания фронта работ в 1,5 – 2,0 раза по сравнению со схемами с отсыпкой двухъярусного отвала.*

По отношению к усложненным схемам перевалки вскрышных пород акад. В. В. Ржевский отмечал, что «расчет эффективности перевалки целесообразно выполнять на основе предварительного построения графиков режима горных работ, на которых показываются изменения основных расчетных величин». Поэтому в третьей главе представлено исследование режима горных работ при разработке карьерных полей по смешанной системе и обоснование календарного плана вскрышных и добычных работ.

Для определения количественных значений затрат на вскрышные работы необходимо знать календарное распределение годовых объемов вскрыши и добычи за весь период эксплуатации разреза.

Определение граничного коэффициента вскрыши, как технико-экономического показателя, не входило в задачу исследования. Его обоснование является самостоятельной задачей, выполняющейся при проектировании карьера. Поэтому в исследовании граничный коэффициент вскрыши принимался исходя из практики проектирования с учетом фактических данных.

В практике проектирования разрезов Кузбасса граничный коэффициент вскрыши составляет 10-12 м³/т. Фактически при разработке пологих пластов по смешанной системе разработки на месторождениях центрального Кузбасса текущий коэффициент вскрыши достигает значений 9,3-12,3 м³/т. При выполнении расчетов значение граничного коэффициента вскрыши принято равным 11,5 м³/т.

В соответствии с общепринятым положением (проф. В. В. Хохряков) при смешанной системе разработки граничный коэффициент вскрыши равен сумме текущего коэффициента вскрыши для бестранспортного уступа ($K_{в.бт.}$) и предельного коэффициента вскрыши для верхних уступов ($K_{в.тр.}$), разрабатываемых по транспортной технологии

$$K_{гр} = K_{в.бт} + K_{в.тр} \quad (2)$$

Для определения максимальной высоты транспортной зоны и предельной глубины карьерного поля рассмотрена схема расчета текущих коэффициентов вскрыши по зонам (плоское решение задачи), показанная на рис. 3.

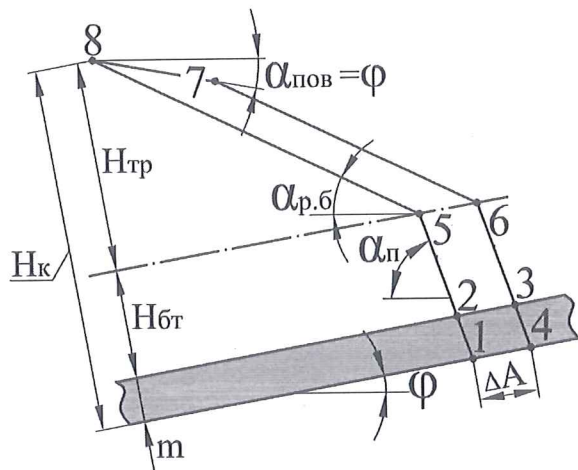


Рис. 3. Схема к расчету текущих коэффициентов вскрыши по транспортной и бестранспортной зонам: H_k — глубина карьерного поля, м; $H_{тр}$ — высота транспортной зоны, м; $H_{бт}$ — высота бестранспортной зоны, м; φ — угол падения пласта, град.; m — мощность пласта, м; $\alpha_{р.б}$ — угол наклона борта погашения, град.; $\alpha_{п}$ — угол откоса бестранспортного уступа, град.; $\alpha_{пов}$ — угол наклона дневной поверхности, град.; ΔA — элементарный шаг продвижения фронта работ, м; сеч. 2-3-6-5 — объем бестранспортной вскрыши; сеч. 5-6-7-8 — объем транспортной вскрыши; сеч. 1-2-3-4 — объем угля.

В соответствии с данной схемой установлена функциональная связь высоты транспортной зоны ($H_{тр}$, м) и конечной глубины карьера (H_k , м) с граничным коэффициентом вскрыши и высотой бестранспортной зоны:

$$H_{тр} = m \cdot \gamma_y (K_{гр} - K_{в.бт}); \quad H_k = H_{бт} + m \cdot \gamma_y (K_{гр} - K_{в.бт}), \quad (3)$$

где m — мощность пласта, м; γ_y — плотность угля, м³/т.

Запасы угля в карьерном поле ($Q_{\text{кп}}$, т) определялись согласно схеме представленной на рис. 4.

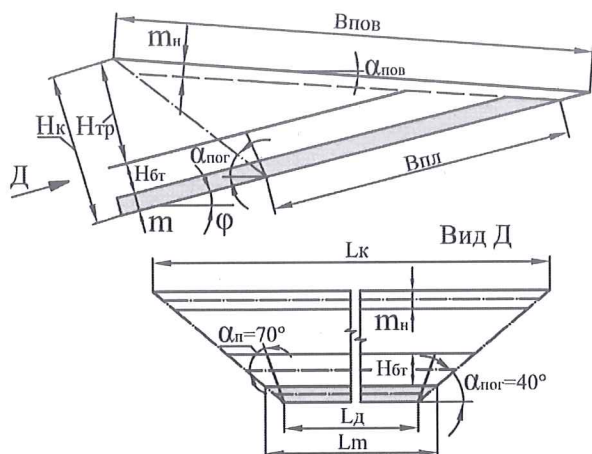


Рис. 4. Схема к расчету запасов угля в карьерном поле: $H_{\text{к}}$ — глубина карьерного поля, м; $H_{\text{тр}}$ — высота транспортной зоны, м; $H_{\text{бт}}$ — высота бестранспортной зоны, м; ϕ — угол падения пласта, град.; m — мощность пласта, м; $m_{\text{н}}$ — мощность наносов, м; $\alpha_{\text{п}}$ — угол откоса бестранспортного уступа, град.; $\alpha_{\text{пов}}$ — угол наклона дневной поверхности, град.; $\alpha_{\text{пог}}$ — угол погашения борта карьера, град.; $B_{\text{пов}}$ — ширина карьерного поля по поверхности, м; $B_{\text{пл}}$ — ширина пласта по его почве в карьерном поле, м; $L_{\text{к}}$ — длина карьерного поля по поверхности, м; $L_{\text{д}}$ — длина карьерного поля по дну, м; $L_{\text{т}}$ — средняя длина угольного пласта, м.

Результаты расчета запасов в зависимости от мощности пластов и углов их падения в пределах области их статистических значений представлены в табл. 2. По результатам расчетов дана оценка годовой производительности по углю перспективных участков, годовых объемов бестранспортной вскрыши.

Таблица 2

Запасы угля в карьерном поле
($K_{\text{гр}}=11,5 \text{ м}^3/\text{т}$; $H_{\text{бт}}=35 \text{ м}^*$; $m_{\text{н}}=6 \text{ м}$; $\alpha_{\text{пов}}=5^\circ$; $\alpha_{\text{пог}}=40^\circ$; $\alpha_{\text{п}}=70^\circ$)

φ, град	m, м	$H_{\text{к}}$, м	$B_{\text{д}}$, м	Запасы угля ($Q_{\text{кп}}$), млн.т		
				Длина карьерного поля, м**		
				800	1000	1200
4	4	62	742	3,1	3,9	4,8
	9	140	1785	16,7	20,8	26
8	4	62	348	1,5	1,8	2,3
	9	140	840	7,8	9,6	12,3

*Значения $H_{\text{бт}}$ принято на основе анализа параметров карьерных полей.

**Длина карьерных полей принималась исходя из практики разрезов центрального Кузбасса и с учетом рекомендаций акад В. В. Ржевского по длине фронта работ на один драглайн.

Общие теоретические основы горно-геометрического анализа карьерных полей заложены в работах Е.Ф. Шешко, В.В. Ржевского, А.И. Арсентьева, В.С. Хохрякова и др. При этом авторы не детализируют методологию проведения горно-геометрического анализа карьерных полей, разрабатываемых по смешанной системе. Для этих условий в диссертации предложены практические приёмы проведения такого анализа (рис. 5).

При горно-геометрическом анализе рассматривается только эксплуатационный период разработки карьерного поля, начинающийся с момента сдачи разреза в эксплуатацию.

Ведущей технологией является бестранспортная, поскольку уступ, отрабатываемый по бестранспортной технологии, располагается непосредственно над угольным пластом, от интенсивности его разработки зависит скорость под-

готовки пласта к выемке, то есть годовая производительность разреза по добыче. Следовательно, горно-геометрический анализ следует начинать с назначения этапов по бестранспортному слою.

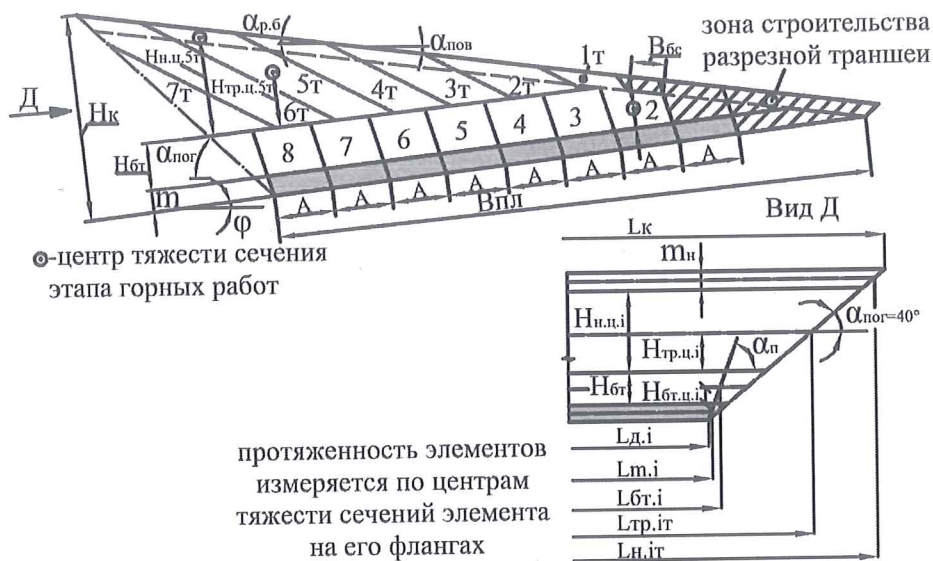


Рис. 5. Схема горно-геометрического анализа карьерного поля при его разработке по смешанной системе

Определение этапов в транспортной зоне основывается на организационной взаимосвязи технологий в условиях смешанной системы разработки. Этапы по транспортной вскрыше должны смещаться относительно этапов по бестранспортному уступу на ширину бестранспортной заходки. Учет протяженности элементов позволяет определить объемы вскрыши и угля в торцах карьерного поля.

По результатам проведения горно-геометрического анализа построены сводные графики режима горных работ (рис. 6).

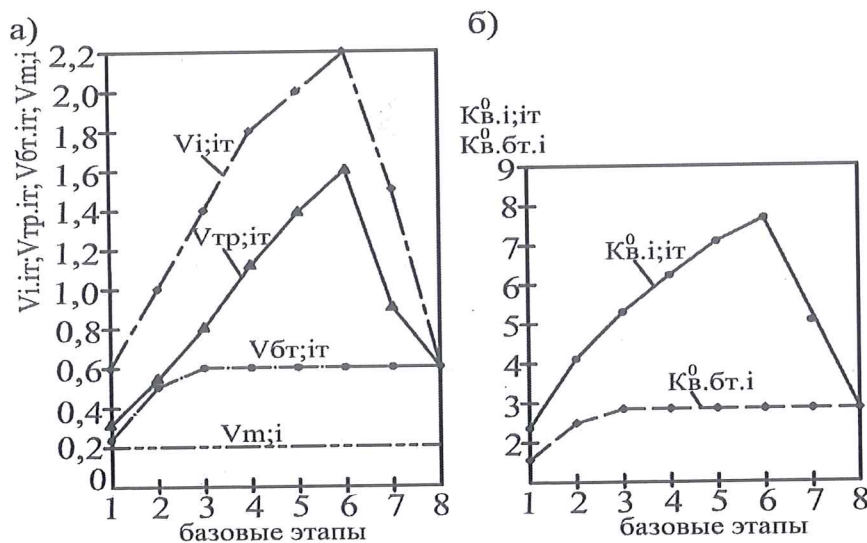


Рис. 6. Графики режима горных работ: а – распределение по этапам объемов угля ($V_{м.и}$), безтранспортной вскрыши ($V_{бт.и}$), транспортной вскрыши ($V_{тр.и.м}$), суммарного объема вскрыши ($V_{и.и.м}$); б – то же для текущих коэффициентов вскрыши: при разработке безтранспортной зоны ($K_{б.т.и}^0$) и на сопряженных этапах ($K_{б.и.и.м}^0$).

Отличие трансформации графика режима горных работ в условиях смешанной системы разработки с учетом заранее заданной высоты бестранспортной зоны от классической методики преобразования графика режима горных работ в календарный заключается в определении продолжительности отработки

этапов (t_i) по бестранспортному слою ($V_{бт.i}$) как функции производительности драглайна ($\Pi_{г.эш}$):

$$t_i = \frac{V_{бт.i}}{\Pi_{г.эш}}. \quad (4)$$

По результатам горно-геометрического анализа установлены условия согласованного развития транспортной и бестранспортной зон:

- этапы по транспортной вскрыше должны смещаться относительно этапов по уступу, отрабатываемому по бестранспортной технологии, на ширину бестранспортной заходки;

- разработка транспортной вскрыши коренных пород должна быть завершена к концу отработки предпоследней бестранспортной заходки с целью создания условий для проведения буровзрывных работ последней заходки;

- отработка наносов должна опережать выемку коренных пород транспортной зоны и должна быть завершена до момента максимального развития транспортного борта;

- число этапов горно-геометрического анализа транспортной зоны из-за необходимости более раннего окончания выемочных работ должно быть меньше, чем по бестранспортной зоне;

- транспортная зона должна быть отработана раньше бестранспортной на период равный времени разработки бестранспортной заходки при заданной варианте её высоте.

Научное положение по настоящему разделу сформулировано следующим образом – *выполнение условий согласованного развития транспортной и бестранспортной зон по мере разработки карьерного поля при соответствующих объемах вскрышных работ дает основание для оптимизации технологических параметров на основе технико-экономических показателей бестранспортной зоны.*

В четвертой главе представлен анализ технико-экономических показателей смешанной системы разработки пологого пласта, основанный на результатах многовариантных расчетов технологических показателей схем экскавации при различных условиях залегания пласта с применением различных модификаций драглайнов, соответствующих модельному ряду.

При смешанной системе разработки пологих угольных пластов технико-экономические параметры бестранспортной зоны тесно связаны с параметрами залегания пластов и с рабочими параметрами драглайнов. При этом обоснование схем экскавации может производиться как в условиях существующих разрезов, так и для условий проектируемых разрезов.

В первом случае параметры экскаватора заданы и соответствуют имеющейся модели, поэтому задача сводится к обоснованному определению высоты уступа, скорости подвигания фронта работ и других технологических параметров схем.

Во втором случае задача является более общей, поскольку дополняется необходимостью выбора параметров драглайна, которые с точки зрения техни-

ко-экономических показателей являются наиболее эффективными в заданных для проектирования горно-геологических условиях.

При сравнительном анализе технико-экономических показателей вскрышных технологических схем открытой разработки полезных ископаемых с использованием имеющейся на разрезе модели экскаватора традиционно рассматриваются затраты на разработку вскрыши с учетом буровзрывных, выемочно-погрузочных и транспортных работ (C_B , руб.). В качестве основного параметра оптимизации принята высота бестранспортного уступа, критерием выбора которой является минимум затрат на вскрышные работы:

$$C_B = C_B^{(бт)} + C_B^{(тр)} \rightarrow \min, \quad (5)$$

где $C_B^{(бт)}$, $C_B^{(тр)}$ – затраты на вскрышные работы соответственно по бестранспортной и транспортной зонам, руб.

На рис. 7 показаны характерные для всех этапов разработки зависимости затрат на вскрышные работы по бестранспортной зоне, транспортной зоне, а также суммарных затрат от высоты бестранспортного уступа. При увеличении высоты бестранспортного уступа в пределах ее значений, обеспечивающих отсыпку двухъярусного отвала, имеет место увеличение затрат в бестранспортной зоне и уменьшение затрат в транспортной зоне. Характер этих изменений определяет слабо выраженный минимум общих затрат, который находится левее значения высоты бестранспортного уступа, при котором достигается максимальное заполнение двухъярусного отвала. Дальнейшее увеличение высоты бестранспортного уступа связано с переходом на отсыпку трехъярусного отвала, резким увеличением общего коэффициента переэкскавации и соответствующим увеличением общих затрат за счет увеличения затрат по бестранспортной зоне.

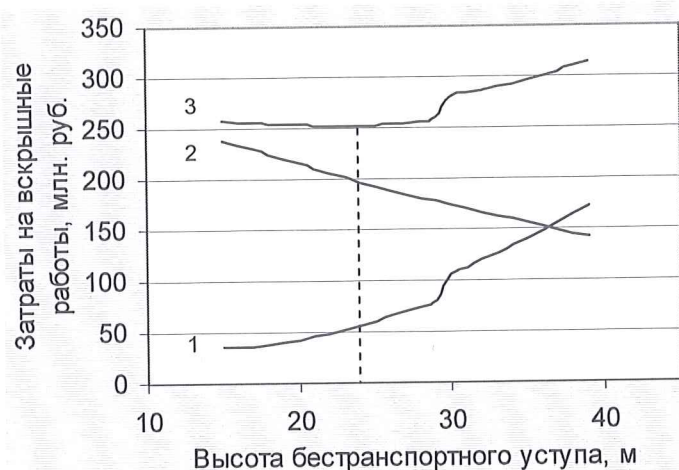


Рис. 7. Характерная зависимость затрат на вскрышные работы по бестранспортной зоне (1), транспортной зоне (2), а также суммарных затрат (3) от высоты бестранспортного уступа (на примере ЭШ 10.70)

Многовариантные расчеты показали, что аналогичные закономерности имеют место для всех моделей драглайнов во всем рассматриваемом диапазоне изменения угла падения, мощности пологопадающего пласта и длины фронта работ. Для всех моделей драглайнов наименьшие затраты находятся в пределах такой высоты бестранспортного уступа, при которой возможна отсыпка не бо-

лее двух ярусов внутреннего отвала. Слабо выраженный минимум находится левее этого значения на расстоянии около $0,1L_{ст}$.

Сравнение удельных затрат (на 1 м^3) на вскрышные работы в транспортной и бестранспортной зоне (рис. 8) также показывает, что при значениях высоты бестранспортного уступа, предопределяющих использование схем с отсыпкой трехъярусного отвала, бестранспортная технология становится дороже транспортной.

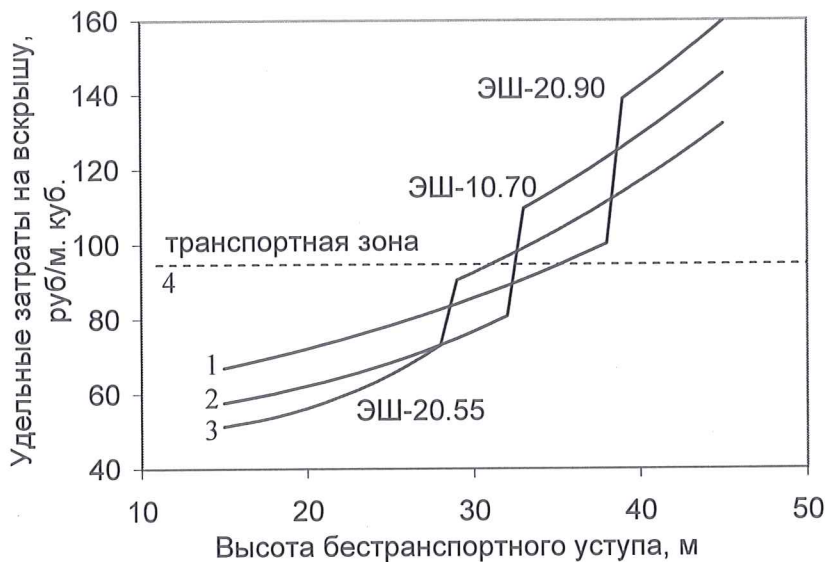


Рис. 8. Влияние высоты уступа на величину удельных затрат на вскрышные работы в бестранспортной зоне при использовании драглайнов с различной длиной стрелы (1 — ЭШ 20.90; 2 — ЭШ 10.70; 3 — ЭШ 20.55) и в транспортной зоне (4) (в данном случае угол падения пласта $\varphi = 6^\circ$)

Следует отметить, что при использовании схем с отсыпкой трехъярусного отвала общий коэффициент переэкскавации вскрыши (см. рис. 2) превышает те значения, которые определяются приближенной формулой, имеющейся в справочной литературе, для расчета предельного коэффициента переэкскавации при экономическом сравнении с транспортной технологией. Данный факт является одним из подтверждений достоверности полученного результата.

Высота бестранспортного уступа, соответствующая двухъярусному отвалу, обеспечивает снижение удельных затрат на вскрышные работы не менее, чем на 15 руб./м^3 по сравнению с теми значениями высоты уступа, при которых требуется отсыпка трех и более ярусов отвала.

На основании этих данных сделан вывод о том, что *рациональную высоту бестранспортного уступа, обеспечивающую минимальные затраты на вскрышные работы при использовании драглайнов с длиной стрелы 50 — 100 м, целесообразно принимать на 5 — 10 м меньше по сравнению с максимально возможной высотой уступа при отсыпке двухъярусного отвала.*

Полученного результата недостаточно для выбора модели драглайна при проектировании смешанной системы разработки. Потому для решения этой задачи был рассмотрен дополнительный критерий в виде скорости подвигания фронта горных работ. Скорость подвигания фронта работ определяет производственную мощность системы разработки пологих пластов и зависит, в частности, от мощности пласта и производительности добычного оборудования. В ра-

боте не ставилась задача исследования добычного звена системы разработки, поэтому скорость подвигания фронта ($v_{\text{ф}}$, м/год) принималась как заданный при проектировании параметр.

По результатам обработки графоаналитических расчетов, выполненных во втором разделе диссертации, с достоверностью 0,83 установлена взаимосвязь (рис. 9) между величинами $(v_{\text{ф}}/E)$ и $(1+k_{\text{пэ}})$, где E – емкость ковша экскаватора; $k_{\text{пэ}}$ – общий коэффициент переэкскавации. Аппроксимация данных позволила определить формулу для расчета скорости подвигания:

$$v_{\text{ф}} = E \cdot \left(3 + 2000 \cdot e^{-5 \cdot (1+k_{\text{пэ}})} \right). \quad (6)$$

При проектировании разработки новых участков выполняется индивидуальный выбор основного горнотранспортного оборудования. При этом целесообразно исходить из мировой практики, заключающейся в том, что модель драглайна по рабочим параметрам и емкости ковша должна соответствовать горно-геологическим условиям конкретной залежи и заданной проектной мощности разреза.

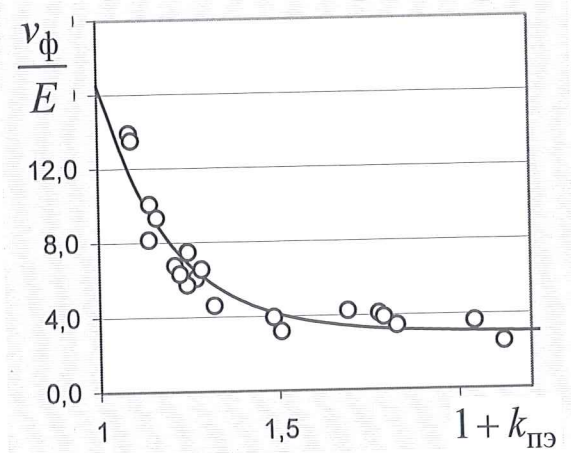


Рис. 9. Взаимная связь между величинами $(v_{\text{ф}}/E)$ и $(1+k_{\text{пэ}})$

В настоящем разделе на основе объективно существующих закономерностей проектирования рабочих параметров драглайнов, а также с использованием результатов исследований, сформулированных в предыдущих разделах настоящей работы, обосновывается методика выбора модели драглайна на стадии проектирования разреза, который обеспечивает максимальную эффективность разработки бестранспортной зоны при существующих условиях залегания пласта.

Заданная скорость подвигания фронта работ может быть достигнута при различных соотношениях емкости ковша и длины стрелы драглайна. На рис. 10 показан пример линий уровня функции скорости подвигания фронта $v_{\text{ф}}(E; L_{\text{ст}})$ в плоскости $(E; L_{\text{ст}})$ откуда видно, что скорость подвигания, например, около 200 м/год может быть достигнута, в частности, экскаваторами ЭШ 32.60 и ЭШ 15.95.

В фундаментальных работах академика Н. В. Мельникова отмечается, что «технико-экономические показатели работы карьера при бестранспортной системе разработки напрямую связаны со стоимостью оборудования и эксплуатационными затратами на него. Последние являются функцией рабочей массы машины. В свою очередь, масса экскаватора определяется его основными рабочими параметрами».

На этом основании дальнейший выбор одной из возможных моделей драглайна для конкретных параметров пласта (угол падения и мощность, влияние которых учитывается через коэффициент переэкскавации и скорость продвижения фронта), осуществляется путем сравнения рабочих масс машин. Из этих соображений из двух приведенных выше вариантов моделей драглайнов выбирается модель с меньшей массой. Расчетная масса ЭШ 32.60 составляет 1150 т, масса ЭШ 15.95 – 1560 т.

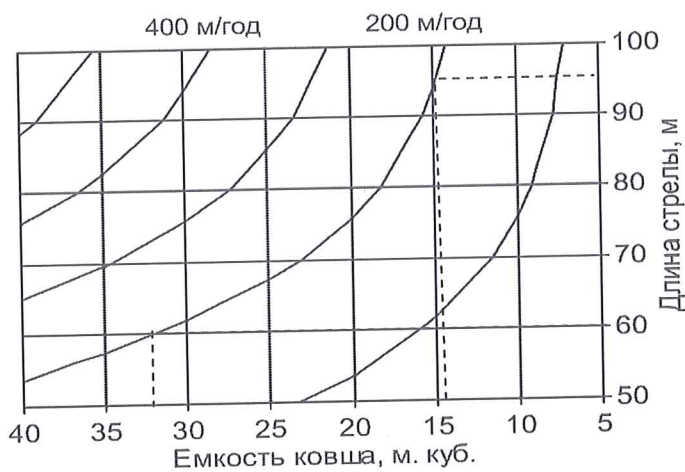


Рис. 10. Линии уровня скорости продвижения фронта горных работ

Для практической реализации изложенного метода выбора модели драглайна на стадии проектирования разработана программа для ПК в среде MS Excel, основанная на установленных закономерностях изменения технико-экономических параметров схем экскавации в бестранспортной зоне. Область применения программы соответствует условиям залегания пологих пластов на месторождениях центрального Кузбасса. Фрагменты программы и результатов расчета при углах падения пласта 3° и 9° представлены на рис. 11. Возможные варианты моделей в таблице соответствуют выделенным ячейкам.

Численные эксперименты показывают, что мощность угольного пласта практически не влияет на выбор модели драглайна для бестранспортной зоны при смешанной системе разработки. Вместе с тем угол падения пласта, от которого зависит вместимость ярусов бестранспортного отвала, оказывает существенное влияние на перечень моделей драглайнов, обеспечивающих необходимую скорость продвижения фронта горных работ.

Если в первом случае диапазоны рабочих параметров составляли для емкости ковша 10 – 25 м³, длины стрелы 50 – 90 м, массы от 630 до 1100 т, то для разработки вскрыши над пластом с углом падения 9° требуются драглайны массой 940 – 1700 т с большими емкостями ковшей и стрелой до 100 м.

a)													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													

30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													

Рис. 11. Фрагмент программы по выбору модели драглайна и результаты расчета при падении пласта 3° (а) и 9° (б)

Научное положение – заданная скорость продвижения фронта горных работ обеспечивается различными комбинациями емкости ковша и длины стрелы экскаватора-драглайна, конкретные значения которых при имеющихся горно-геологических условиях залегания пласта необходимо устанавливать исходя из минимальной массы возможных вариантов моделей драглайна.

Заключение

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технологические решения по повышению эффективности смешанной системы разработки пологих угольных пластов, включающие в себя установление рациональной высоты бестранспортного ступа на стадии эксплуатации разреза и технологических параметров драглайна на стадии проектирования при заданных горно-геологических условиях залегания пласта, что имеет существенное значение для угледобывающих предприятий отрасли с открытым способом разработки месторождений.

Основные научные результаты, выводы и рекомендации:

1. Схемы экскавации бестранспортной вскрыши при разработке пологих пластов по смешанной системе целесообразно систематизировать по числу отсыпаемых отвальных ярусов (одно-, двух- и трехъярусные), что отражает взаимосвязь объема уступа с вместимостью внутреннего отвала.

2. Высота бестранспортного уступа предопределяет распределение объемов транспортной и бестранспортной вскрыши. При ее увеличении имеет место, с одной стороны, уменьшение объема более дорогой транспортной вскрыши, но с другой стороны, ухудшаются и технико-экономические показатели бестранспортной зоны за счет увеличения объемов переэкскавации. Поэтому существуют такая высота бестранспортного уступа и соответствующее ей соот-

ношение объемов транспортной и бестранспортной вскрыши, при которых достигается минимум суммарных затрат на вскрышу по карьерному полю.

3. Основными технологическими показателями бестранспортных схем экскавации, определяющих их эффективность, являются коэффициент переэкскавации горной массы и годовая скорость подвигания фронта горных работ.

4. Для всех моделей экскаваторов зависимость коэффициента переэкскавации от высоты бестранспортного уступа не является непрерывной. Резкое увеличение общего коэффициента переэкскавации имеет место при переходе от схем с отсыпкой одноярусных отвалов к схемам с двухъярусными отвалами, а также при переходе от схем с отсыпкой двухъярусных отвалов к схемам с трехъярусными отвалами, что связано с усложнением организации работ драглайна и возникновением дополнительных объемов переэкскавации.

При этом если в первом случае скачок общего коэффициента переэкскавации составляет менее 5% от общего объема вскрыши, то во втором случае имеет место кратное увеличение общего коэффициента переэкскавации более, чем в два раза.

5. По мере увеличения высоты бестранспортного уступа при переходе к схемам экскавации с отсыпкой трехъярусного отвала имеет место резкое увеличение общего коэффициента переэкскавации, которое обуславливает снижение скорости подвигания фронта работ в 1,5 – 2 раза по сравнению со схемами с двухъярусными отвалами.

6. При смешанной системе разработки выполнение условий согласованного развития транспортной и бестранспортной зон по мере разработки карьерного поля при соответствующих объемах вскрышных работ дает основание для независимой оптимизации технологических параметров на основе технико-экономических показателей бестранспортной зоны.

7. При увеличении высоты бестранспортного уступа в пределах ее значений, обеспечивающих отсыпку двухъярусного отвала, имеет место увеличение затрат в бестранспортной зоне и уменьшение затрат в транспортной зоне. Характер этих изменений предопределяет слабо выраженный минимум общих затрат, который находится левее значения высоты бестранспортного уступа, при котором достигается максимальное заполнение двухъярусного отвала. Дальнейшее увеличение высоты бестранспортного уступа связано с переходом на отсыпку трехъярусного отвала, резким увеличением общего коэффициента переэкскавации и соответствующим увеличением общих затрат за счет увеличения затрат по бестранспортной зоне.

8. Высоту бестранспортного уступа, определяющую рациональное соотношение объемов транспортной и бестранспортной вскрыши при разработке пологих пластов по смешанной системе при использовании драглайнов с длинной стрелы 50 – 100 м, целесообразно принимать на 5 – 10 м меньше по сравнению с максимальной высотой уступа, обеспечивающей отсыпку двухъярусного отвала.

9. Заданная скорость подвигания фронта горных работ может быть обеспечена различными комбинациями емкости ковша и длины стрелы экскаватора, конкретные значения которых целесообразно устанавливать при проектирова-

нии исходя из минимальной массы возможных вариантов моделей драглайна, обеспечивающих заданную скорость подвигания.

10. При смешанной системе разработки пологого пласта экономическая эффективность бестранспортных схем экскавации с отсыпкой двухъярусных отвалов составляет не менее 15 руб./м³ по сравнению со схемами с отсыпкой трехъярусных отвалов.

Основное содержание работы опубликовано в следующих работах:

Научные периодические издания из перечня ВАК

1. Злобина, Е.В. Статистические модели рабочих параметров шагающих драглайнов / Е.В. Злобина // Вестн. КузГТУ – Кемерово, КузГТУ. – 2010. – №5. – С. 90-92.

2. Проноза, В.Г. Технология разработки двух сближенных пологих пластов на месторождениях центрального Кузбасса / В.Г. Проноза, Е.В. Злобина // Вестн. КузГТУ. – Кемерово, КузГТУ. – 2010. – №6. – С. 10-19.

3. Злобина, Е.В. К вопросу выбора модели драглайна для разработки перспективных угольных месторождений Кузбасса / Е.В. Злобина, В.Г. Проноза, М.А. Тюленев // Вестн. КузГТУ. – 2013. – №6. – С. 41-45.

4. Злобина, Е.В. Формирование коэффициента переэкскавации при бестранспортной разработке вскрышных уступов модельным рядом драглайнов одной рабочей массы / Е.В. Злобина, В.Г. Проноза // Вестн. КузГТУ. – 2015. – №2. – С. 41-48.

5. Злобина, Е.В. Порядок проведения горно-геометрического анализа пологой залежи при подготовке к разработке по углубочно-сплошной системе / Е. В. Злобина // Вестн. КузГТУ. – 2016. – № 1. – С. 58-62.

Прочие научные периодические издания, материалы конференций

6. Проноза, В.Г. Высота бестранспортного слоя при отработке пологих угольных месторождений по углубочно-сплошной системе разработки на разрезах ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» / В.Г. Проноза, Е.В. Злобина – Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности. – Кемерово, КузГТУ. – 2009. – С. 277-283.

7. Проноза, В.Г. Рациональная высота бестранспортного уступа при разработке пологих пластов на разрезах центрального Кузбасса / В.Г. Проноза, Е.В. Злобина – Материалы V международной конференции «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительство и энергетики» –Тула, ТулГУ.– 2009.– С. 185-192.

8. Злобина, Е.В. Повышение экономической эффективности разработки пологого пл. 78 на разрезе «Ерунаковский» / Е.В. Злобина. – Материалы VIII Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» – Москва-Таллинн – М., РУДН, 2009. – С. 412-414.

9. Злобина, Е.В. Обоснование высоты бестранспортного вскрышного уступа над пластом 9, разрабатываемого по углубочно-сплошной системе на

разрезах «Сартакинский» / Е.В. Злобина. – Материалы международной конференции «Форум горняков-2009». – Д., Национальный горный университет, 2009. – С. 72-77.

10. Злобина, Е.В. Новое направление определения высоты бестранспортного уступа при отработке пологих пластов по углубочно-сплошной системе (на примере разреза «Сартакинский») / Е.В. Злобина. – Материалы II Всероссийской, 55 научно-практической конференции «Россия молодая» – Кемерово, КузГТУ. – 2010. – С. 409-412.

11. Злобина, Е.В. Комплексная механизация при разработке пологих пластов по смешанной (углубочно-сплошной) системе / Е.В. Злобина. – Материалы II Региональной научно-практической конференции «Образование. Инновации. Карьера». – Междуреченск, КузГТУ. – 2012. – С. 43-47.

12. Злобина, Е.В. Обоснование рациональной модели шагающего драглайна для разработки пологих пластов по углубочно-сплошной системе на месторождениях Кузбасса / Е.В. Злобина. – Материалы Международной научно-практической конференции «Перспективы развития горно-транспортного оборудования». – М., УНПЦ «Стройгормаш». – 2013. – С. 63-77.

Подписано к печати _____ г.

Формат 60×84 1/6. Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Печ. л. 1,2. Тираж 100 экз. Заказ №

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Типография Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования «Кузбасский
государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.

