

На правах рукописи

ЛОГИНОВ ЕГОР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ



**УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ
КОЭФФИЦИЕНТОМ ВСКРЫШИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ ТИПА ОБРАТНАЯ
ЛОПАТА В УГЛУБОЧНЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ**

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

**Автореферат
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

Донченко Тарас Валериевич

кандидат технических наук, ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова», начальник управления маркетинга

Ведущая организация – ООО «Институт Гипроникель»

Защита состоится 12 декабря 2018 года в 11 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 года.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета



Сидоров
Дмитрий Владимирович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Наиболее распространенное выемочно-погрузочное оборудование, применяемое на карьерах – экскаваторы типа механическая лопата. Анализ тенденции применения экскаваторов показал увеличение количества мощных карьерных гидравлических экскаваторов с рабочим оборудованием обратная и прямая лопата в общей структуре экскаваторов типа механическая лопата на карьерах.

Российские производители карьерных экскаваторов не могут конкурировать с иностранными производителями гидравлических экскаваторов с рабочим оборудованием обратная лопата (ЭГО). Широкое применение на карьерах и угольных разрезах получили гидравлические экскаваторы четырех крупнейших компаний: Liebherr (Германия), Komatsu Ltd. (Япония), Caterpillar Inc. (США), Hitachi Group (Япония).

Разработкой технологий ведения горных работ при использовании одноковшовых экскаваторов занимались многие ученые: В.В. Ржевский, К.Н. Трубецкой, Н.Н. Мельников, Д.Р. Каплунов, А.И. Арсентьев, Г.А. Холодняков, Ю.И. Анистратов, С.Е. Гавришев, С.П. Решетняк, С.И. Фомин, В.С. Хохряков, В.Г. Близнюков, В.В. Истомина, Р.Ю. Подэрни, В.Ф. Колесников, К.Ю. Анистратов, Н.В. Косенко, Д.Н. Лигоцкий, Т.В. Донченко, А.В. Стрельников, Д.Г. Холодняков и др. В своих работах исследователи уделяли внимание вопросам, связанным: с принципом действия рабочего оборудования, технологии разработки месторождений открытым способом, областью применения одноковшовых экскаваторов, объемами поставок оборудования на горнодобывающие предприятия. В ходе исследований были установлены: закономерности динамики режима горных работ, обоснованы методы усреднения во времени объемов вскрышных работ, зависимости суммарных объемов вскрышных пород от объемов полезного ископаемого, методы определения рационального режима горных работ на крутопадающих, наклонных и горизонтальных месторождениях. Данные методы наиболее широко применялись для условий эксплуатации тросовых экскаваторов типа прямая механическая лопата канатного или речного напора. Для обеспечения стабильной производительности карьера по горной

массе А.И. Арсентьевым предложен метод определения и усреднения эксплуатационного коэффициента вскрыши за счет изменения ширины рабочих площадок. Вместе с тем, авторы обращают внимание на необходимость уточнения метода определения параметров технологии выемочно-погрузочных работ при использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата.

Особую актуальность решение данных вопросов приобретает в связи с приоритетной государственной задачей по импортозамещению, созданием серийного производства и ввода в эксплуатацию отечественных моделей ЭГО.

Цель работы: обоснование технологических схем применения гидравлических экскаваторов типа обратная лопата при углубочных системах разработки, обеспечивающих повышение эффективности управления эксплуатационным коэффициентом вскрыши.

Идея работы. Эффективность управления эксплуатационным коэффициентом вскрыши при использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата повышается за счет увеличения диапазона допустимых параметров систем разработки.

Основными задачами работы являются:

1. Анализ и обобщение данных о параметрах и показателях использования на открытых горных работах гидравлических экскаваторов и тросовых экскаваторов типа механическая лопата, канатного или реечного напора.

2. Определение изменения динамики эксплуатационного коэффициента вскрыши и режима горных работ за срок отработки карьера при использовании карьерных тросовых экскаваторов типа прямая механическая лопата и гидравлических экскаваторов.

3. Обоснование рациональных значений ширины рабочей площадки, обеспечивающих эффективное управление эксплуатационным коэффициентом вскрыши.

4. Обоснование метода усреднения эксплуатационного коэффициента вскрыши на основе математического моделирования режима горных работ.

5. Обоснование метода управления эксплуатационным коэффициентом вскрыши при использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата.

Научная новизна:

1. Установлены закономерности изменения минимальной ширины рабочей площадки для различных технологических схем погрузки горных пород в автосамосвалы от типа применяемых экскаваторов.

2. Разработан алгоритм определения ширины рабочей площадки в определенный период отработки карьера при использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата в углубочных системах разработки.

Основные защищаемые положения:

1. При углубочных системах разработки использование гидравлических экскаваторов типа обратная лопата обеспечивает минимальную ширину рабочей площадки по сравнению с использованием экскаваторов других типов с одинаковой вместимостью ковша.

2. Разработанный алгоритм определения ширины рабочей площадки для определенного периода отработки карьера при углубочных системах разработки позволяет снизить значение эксплуатационного коэффициента вскрыши на 10 %.

3. Разработанный метод управления эксплуатационным коэффициентом вскрыши при использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата позволяет уменьшить объем вскрышных пород за весь период эксплуатации карьера.

Методы исследований: анализ и изучение литературы, теории и практики использования тросовых экскаваторов типа прямая механическая лопата и гидравлических экскаваторов на карьерах; аналитические методы расчета минимальной ширины рабочей площадки и эксплуатационного коэффициента вскрыши; математическое моделирование.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается применением современных научных методов исследования, математического моделирования с использованием персональных компьютеров; привлечением материалов по работе отечественных и зарубежных карьеров; апробацией результатов исследований на международных и российских конференциях.

Практическая значимость работы:

– обоснована эффективность использования ЭГО на современных карьерах, за счет возможности работы по разным технологическим схемам;

– разработана компьютерная программа, позволяющая определить ширину рабочей площадки на момент подготовки каждого горизонта карьера. Полученный программный продукт может применяться на горнодобывающих предприятиях, в учебных учреждениях, научно-исследовательских и проектных организациях;

– обоснован метод усреднения и управления эксплуатационным коэффициентом вскрыши на основе математического моделирования.

Апробация работы. Основные положения и результаты выполненных в работе исследований были представлены на международных конференциях в период 2014-2017 гг.: 55 Konferencija Studenckich Kol Naukowych Pionu Gorniczego 11 grudnia (Польша, г. Краков, AGH, 2014); 10-ая Международная конференция «Freiberg – St. Petersburg Colloquium of young scientists» (Германия, г. Фрайберг, TU Bergakademie Freiberg, 2015); Международная конференция «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке» (г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет, 2016); Международный VI форум вузов инженерно-технологического профиля «Глобальная энергетика: партнерство и устойчивое развитие стран и технологий» (Белоруссия, г. Минск, БНТУ, 2017).

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач исследования, анализе и обобщении публикаций по теме исследований, получении и формулировке научных результатов, разработке метода усреднения и управления эксплуатационным коэффициентом вскрыши.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 работ, из них 3 в рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК РФ, 1 в зарубежном издательстве. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 123 страницы, 19 таблиц, 51 рисунок и список литературы из 130 наименований.

Благодарности. 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 обозначена актуальность диссертационной работы, определены цель, идея, методы исследования, задачи, защищаемые положения, научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений работы, практическая значимость, реализация результатов и апробация работы.

В первой главе изучены особенности работы тросовых экскаваторов типа прямая механическая лопата и гидравлических экскаваторов при открытом способе разработки и проведено их сопоставление. Выявлена тенденция увеличения доли применения гидравлических экскаваторов в общей структуре механических лопат на карьерах. Составлена таблица основных производителей ЭГО. Выявлены основные преимущества и недостатки применения гидравлических экскаваторов на карьерах.

Во второй главе изучены основные способы горногеометрического анализа карьерных полей. Систематизированы виды коэффициентов вскрыши, установлена целесообразность использования термина эксплуатационный коэффициент вскрыши. Выявлены классические способы усреднения эксплуатационного коэффициента вскрыши, указаны их недостатки и предложен способ усреднения при использовании компьютерных технологий.

В третьей главе рассмотрены и систематизированы основные виды определения ширины рабочей площадки при использовании механических лопат. Доказано, что при использовании ЭГО уменьшается минимальная ширина рабочей площадки по сравнению

с экскаваторами другого типа. Предложены методы организации работы гидравлических экскаваторов, обеспечивающие повышение эксплуатационной производительности. Разработана программа для ЭВМ, позволяющая определить значение ширины рабочей площадки при углубочной системе разработке.

В четвертой главе доказано, что эксплуатационный коэффициент вскрыши является технологическим показателем оценки режима горных работ. Предложен метод усреднения эксплуатационного коэффициента вскрыши с использованием математического моделирования и метод управления эксплуатационным коэффициентом вскрыши при использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата. Проведена апробация метода на примере Кировогорского месторождения и представлен предлагаемый режим горных работ.

Основные результаты исследований отражены в следующих защищаемых положениях:

1. При углубочных системах разработки использование гидравлических экскаваторов типа обратная лопата обеспечивает минимальную ширину рабочей площадки по сравнению с использованием экскаваторов других типов с одинаковой вместимостью ковша.

Одним из условий нормальной работы современного карьера является сохранение в течение всего периода его работы достаточной ширины рабочих площадок. Ширина рабочей площадки является одним из основных параметров системы разработки. Проанализировав методы определения ширины рабочей площадки, была предложена схема систематизации основных применяемых методов (рисунок 1). Учеными разработаны различные методы определения этого показателя, но практически все они основаны на опыте использования троповых экскаваторов типа прямая механическая лопата. В то же время нет общепринятой системы определения данного показателя даже при наличии необходимого набора расчетных элементов:

1) метод расчета для скальных пород с применением буровзрывных работ (основной показатель B – ширина развала пород после взрыва);

2) метод расчета для рыхлых и мягких пород, разрабатываемых без предварительного рыхления (основной показатель A – ширина заходки).



Рисунок 1 – Схема систематизации методов определения ширины рабочей площадки

В свою очередь данные методы можно разделить на подразделы:

а) геометрический способ. Главный показатель φ – угол откоса рабочего борта карьера. Для карьера с одинаковой высотой (h) и углами откосов рабочих уступов (α);

б) способ, учитывающий параметры выемочно-погрузочного оборудования. Главные показатели – параметры одноковшового экскаватора;

в) способ, учитывающий параметры транспортного оборудования. Главные показатели – параметры автотранспорта.

При определении ширины рабочей площадки должны обеспечиваться необходимые параметры забоя и стабильная производительность.

Недостаточно изученным остается вопрос, связанный с определением ширины рабочей площадки при использовании ЭГО. В ходе исследования были проанализированы основные технологические схемы ведения горных работ при использовании тросовых

экскаваторов типа прямая механическая лопата и ЭГО. Отличительной особенностью использования ЭГО является возможность работы данного оборудования по разным технологическим схемам.

Были выявлены три основные схемы (рисунок 2). При использовании первой схемы (рисунок 2 а) ЭГО располагается на кровле добычного уступа, экскаватор осуществляет работу при помощи нижнего черпания. При работе по второй схеме (рисунок 2 б) экскаватор располагается на нижней площадке уступа, наполнение ковша производится верхним черпанием. Третья схема ведения горных работ (рисунок 2 в), которая является комбинированной, экскаватор располагается на подступе, сочетая преимущества верхнего и нижнего черпания.

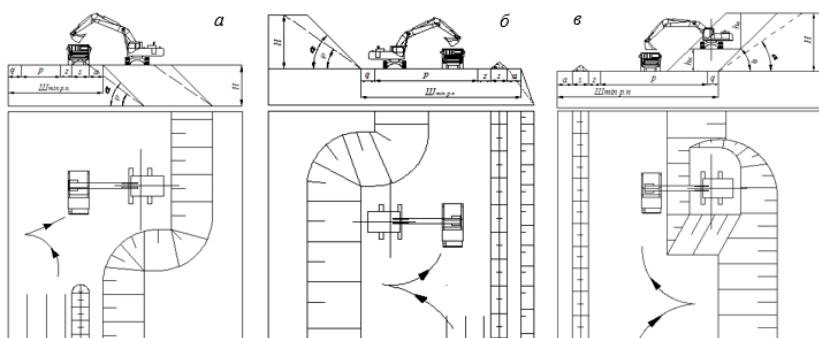


Рисунок 2 – Технологические схемы при использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата

Значения ширины рабочей площадки ограничены двумя крайними значениями: минимальной и максимальной. При определении минимальной ширины рабочей площадки основным критерием являются параметры добычного и транспортного оборудования (экскаватор – автосамосвал). Параметры ширины рабочей площадки обосновываются в проектной документации.

Сокращение минимальной ширины рабочей площадки при использовании ЭГО достигается, за счет применения предложенных технологических схем (рисунки 3 а, 3 б, 4 а, 4 б). Работа с минимальной шириной рабочей площадки при использовании ЭГО поз-

воляет сократить объемы удаляемых вскрышных пород. При использовании комбинированной схемы разработки ЭГО ведет работу, как нижним, так и верхним черпанием, появляется возможность погрузки в автотранспорт на вышележащий горизонт (рисунок 4 а). Данная схема ведения выемочно-погрузочных работ позволяет эффективно использовать ЭГО и уменьшить дальность транспортирования вскрышных пород.

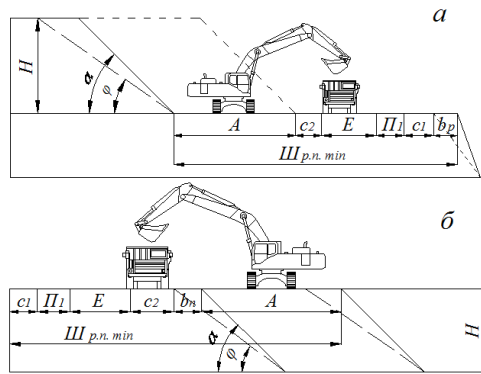


Рисунок 3 – Определение минимальной ширины рабочей площадки:
а – с верхним черпанием и б – с нижним черпанием

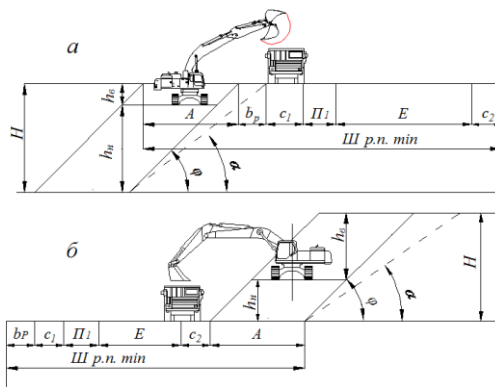


Рисунок 4 – Определение минимальной ширины рабочей площадки при использовании комбинированной схемы для ЭГО:
а – погрузка в автотранспорт выше уровня стояния;
б – погрузка в автотранспорт ниже уровня стояния

В ходе исследования были получены расчетные значения ширины рабочей площадки: для экскаватора типа прямая механическая лопата модели ЭКГ-12 $Ш_{р.п. \min} = 42,3$ м, и ширины рабочей площадки для ЭГО модели САТ 6020В $Ш_{р.п. \min} = 39$ м. При использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата минимальная ширина рабочей площадки может быть уменьшена на 3,3 м или на 8 %.

Возможность сокращения минимальной ширины рабочей площадки для горнотехнических условий глубоких карьеров, обуславливает развитие методов уменьшения, управления и стабилизации эксплуатационного коэффициента вскрыши.

2. Разработанный алгоритм определения ширины рабочей площадки для определенного периода отработки карьера при углубочных системах разработки позволяет снизить значение эксплуатационного коэффициента вскрыши на 10 %.

Ширина рабочей площадки, высота уступа, угол откоса рабочего борта карьера, угол откоса рабочего уступа, длина фронта горных работ, скорость подвигания фронта горных работ, скорость углубки и т.д. являются основными параметрами и показателями системы разработки.

Основным параметром при использовании ЭГО, влияющим на параметры системы разработки, является ширина рабочей площадки. Варьирование шириной рабочей площадки приводит к изменению угла откоса рабочего борта.

Изменение угла откоса рабочего борта карьера (φ) возможно в пределах двух крайних значений: φ_{\max} и $\varphi \rightarrow 0$ (рисунок 5):

а) при минимальной ширине рабочей площадки ($Ш_{р.п. \min}$) значение угла откоса рабочего борта карьера достигает своего максимально возможного значения (φ_{\max});

б) при максимальном значении ширины рабочей площадки ($Ш_{р.п. \max}$) значение угла откоса рабочего борта карьера стремится к нулю ($\varphi \rightarrow 0^\circ$).

Работа с максимальным углом откоса рабочего борта и с минимальной шириной рабочей площадки повышает эффективность разработки открытым способом.

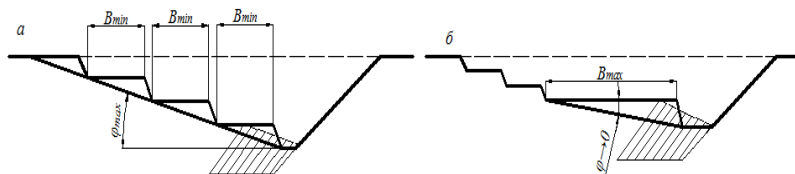


Рисунок 5 – Крайние возможные случаи отработки карьера

Работа с минимальным углом откоса рабочего борта обычно применяется при отработке пологих и горизонтальных месторождений. Основным критерием ограничения максимальной ширины рабочей площадки является невозможность работы на крутопадающих и наклонных месторождениях при минимальном угле откоса рабочего борта, так как работы ведутся только на одном рабочем уступе до полной его отработки, затем происходит переход на заранее подготовленный нижележащий уступ. При данном способе горные работы ведутся практически послойно. Работа по такой схеме практически не применяется на действующих крутопадающих месторождениях.

Зависимость эксплуатационного коэффициента вскрыши от ширины рабочей площадки является детерминированной и может быть представлена графиком $k_э = f(Ш_{р.н.})$ (рисунок 6).

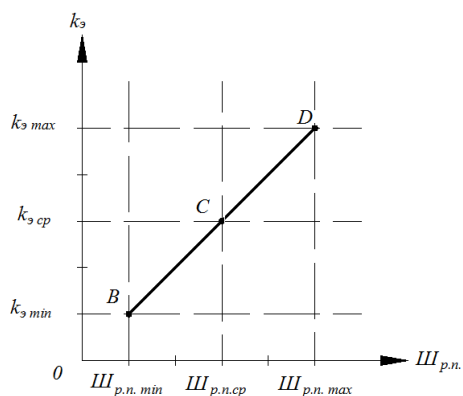


Рисунок 6 – График зависимости эксплуатационного коэффициента вскрыши от ширины рабочей площадки

Вид графика зависит от горно-геологических и горнотехнических условий отработки рассматриваемых месторождений. Однако форма графика показывает общую картину развития горных работ. Анализ графика $k_3 = f(Ш_{р.л.})$ показывает, что отрезок ВD определяет зависимость эксплуатационного коэффициента вскрыши от ширины рабочей площадки в нормальных условиях. Нормальными условиями считается работа карьера в пределах двух крайних значениях ширины рабочей площадки. Точка В является ограничением минимальной ширины рабочей площадки при минимальном эксплуатационном коэффициенте вскрыши. Точка С является усредненным значением ширины рабочей площадки и эксплуатационного коэффициента вскрыши. Точка D представляет собой ограничение максимально возможной ширины рабочей площадки при максимальном эксплуатационном коэффициенте вскрыши.

По результатам исследований было получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017617003 «Определение параметров ширины рабочей площадки при углубочной системе разработки».

Алгоритм программы «Определение параметров ширины рабочей площадки при углубочной системе разработки» предназначен для определения рациональной ширины рабочей площадки.

Управление эксплуатационным коэффициентом вскрыши осуществляется изменением угла откоса рабочего борта карьера. Ширина рабочей площадки определяет угол откоса рабочего борта карьера и объемы удаляемых вскрышных пород.

Разработанный алгоритм программного продукта (рисунок 7) обеспечивает выполнение следующих задач:

- определение ширины рабочей площадки на различных глубинах;
- определение площади фигуры ограниченной рабочей площадкой, откосом уступа и рабочим бортом карьера.

Ширину рабочей площадки следует определять на момент подготовки каждого горизонта карьера по разработанному алгоритму.

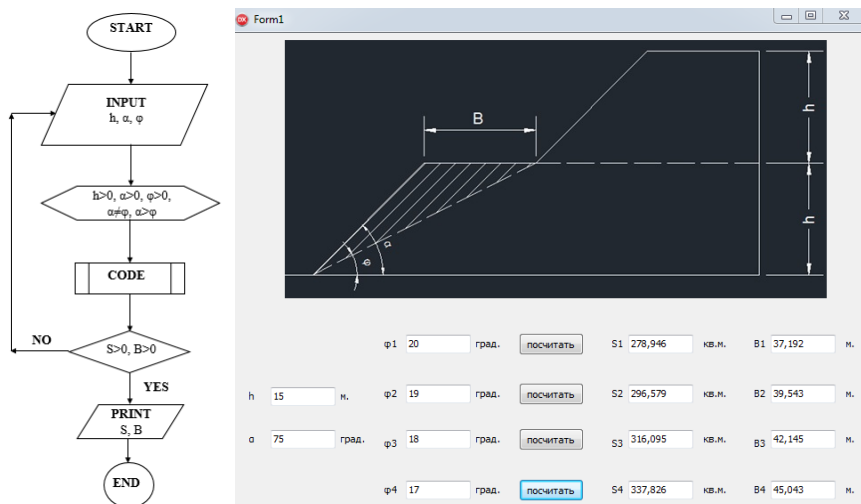


Рисунок 7 – Алгоритм программы «Определение параметров ширины рабочей площадки при углубочной системе разработки»

Уменьшение ширины рабочей площадки на 8% при использовании ЭГО позволяет сократить эксплуатационный коэффициент вскрыши $\Delta k_3 = 0,62 \text{ м}^3/\text{м}^3$ или на 10 %.

3. Разработанный метод управления эксплуатационным коэффициентом вскрыши при использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата позволяет уменьшить объем вскрышных пород за весь период эксплуатации карьера.

Основным методом изучения открытых горных работ остается горно-геометрический анализ карьерных полей.

Применение компьютерных технологий при горно-геометрическом анализе карьеров позволяет минимизировать человеческий фактор в расчете и получить более точные результаты.

На основании погоризонтных планов или геологических разрезов, учитывая направление развития горных работ, строятся кумулятивные графики зависимости $V = f(P)$ нарастающих объемов вскрышных пород (V) от нарастающих объемов полезного ископаемого (P) при изменяющемся от минимального до максимальных значений угла откоса рабочего борта карьера (рисунок 8).

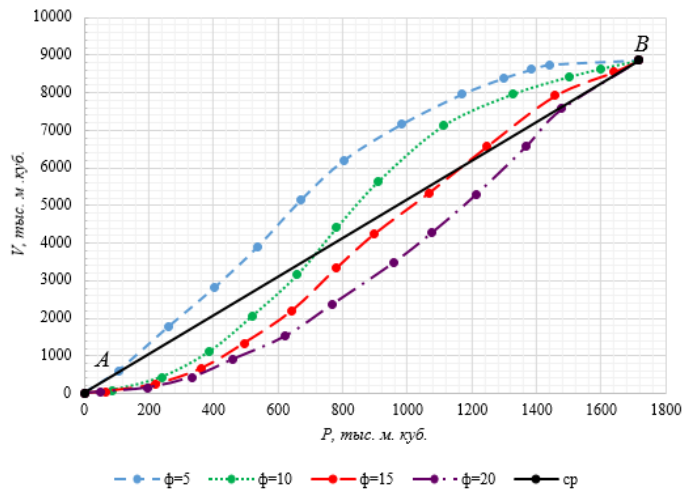


Рисунок 8 – Кумулятивные графики зависимости изменения нарастающих объемов вскрыши (V) от нарастающих объемов полезного ископаемого (P)

На основании исходных значений нарастающих объемов вскрыши (V) и объемов полезного ископаемого (P) составлена таблица 1. Прямая АВ на рисунке 8 являются линией усреднения эксплуатационного коэффициента вскрыши и должна находиться в пределах двух крайних значений угла откоса рабочего борта карьера. Точка В является конечным значением линии усреднения АВ, проведенной к кривой с максимальным углом откоса рабочего борта карьера в конечном положении.

Таблица 1 – Уравнение, описывающее угол откоса рабочего борта карьера

№	Вид уравнения	Уравнение	Коэффициент детерминации
Угол откоса рабочего борта карьера $\phi = 20^\circ$			
1	quadratic	$0,00202982 x^2 + 1,85354 x - 166,172$	0,99
Уравнение прямой (линия усреднения АВ)			
2	linear	$5,16707 x$	0,99

Существует значительное количество вариантов работы карьера в области между двумя крайними значениями ширины рабочей площадки. При работе по прямой АВ значение усредненного

эксплуатационного коэффициента вскрыши можно определить математически. Решение системы уравнений (1) позволяет определить значение эксплуатационного коэффициента вскрыши для кривой максимального угла откоса рабочего борта $\varphi = \varphi_{\max}$, результаты занесены в таблицу 2.

$$\begin{cases} y = 0,00202982 \cdot x^2 + 1,85354 \cdot x - 166,172 \\ y = 5,16707 \cdot x \end{cases} \quad (1)$$

Таблица 2 – Усредненные значения V и P, эксплуатационный коэффициент вскрыши

Угол откоса рабочего борта	$\varphi = 20^\circ$
V, тыс. м ³	8689,47
P, тыс. м ³	1681,12
Коэффициент вскрыши	5,16

Метод усреднения эксплуатационного коэффициента вскрыши при использовании математического моделирования позволяет упростить и повысить точность проводимых расчетов, для различных горно-геологических условий месторождения.

Снижение размеров минимальной ширины рабочей площадки при использовании ЭГО на 8 % (рисунок 9), позволяет сократить объемы вскрыши на $\Delta V = 1069200 \text{ м}^3$ за весь период эксплуатации карьера при глубине карьера на конец отработки $H_k = 180 \text{ м}$.

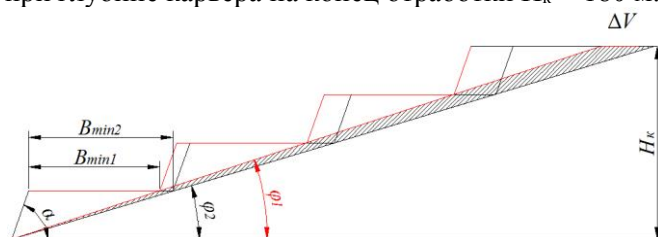


Рисунок 9 – Влияние ширины рабочих площадок на величину удаляемых объемов вскрышных пород

Для горнотехнических условий железорудного Кировогорского месторождения представлен вариант режима горных работ при использовании гидравлического экскаватора типа обратная ло-

пата (рисунок 10). Разработанный метод управления эксплуатационным коэффициентом наиболее эффективен при использовании гидравлических экскаваторов с рабочим оборудованием типа обратная лопата.

Рациональный режим горных работ характеризуется переносом значительной доли вскрышных работ на более поздние периоды отработки карьера. При подходе рабочего борта к конечным контурам карьера ширина рабочей площадки стремится к минимальному значению, следовательно, перенос пиковых объемов вскрышных работ необходимо производить в промежуточный период времени.

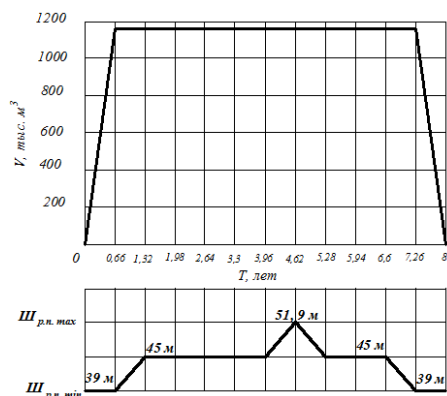


Рисунок 10 – График изменения объемов вскрышных пород (V) по годам эксплуатации карьера (T) за счет изменения ширины рабочей площадки

В ходе исследования было выявлено, что при использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата уменьшается усредненное значение объемов вскрыши на 10 %, чем при использовании экскаваторов другого типа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. На основе анализа статистики по применению одноковшовых экскаваторов выявлена тенденция увеличения доли применения гидравлических экскаваторов типа обратная лопата на современных карьерах России.

2. Анализ коэффициентов вскрыши позволяет выявить противоречие в определении «текущего» и «эксплуатационного» коэффициента вскрыши. Предложено производить усреднение режима горных работ на основе уменьшенного за счет применения гидравлических экскаваторов типа обратная лопата эксплуатационного коэффициента вскрыши.

3. В ходе исследования были изучены и систематизированы различные методы измерения ширины рабочей площадки в карьере. Рассмотрены способы минимизации ширины развала горной массы при использовании буровзрывного способа подготовки пород к выемке.

4. Доказано, что при использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата сокращается минимальная ширина рабочей площадки по сравнению с экскаваторами другого типа.

5. Разработанная компьютерная программа, позволяет определить ширину рабочей площадки на различных глубинах на момент подготовки каждого горизонта карьера. Программа может применяться в вузах при выполнении расчетно-графических работ, курсового и дипломного проектирования, а также для научно-исследовательских целей.

6. Проведен анализ методов определения рационального режима горных работ и предложен метод усреднения и управления эксплуатационным коэффициентом вскрыши при использовании гидравлических экскаваторов типа обратная лопата.

7. Метод усреднения эксплуатационного коэффициента вскрыши на основе математического моделирования обеспечивает высокую точность результатов.

8. Обоснованы технологические схемы применения гидравлических экскаваторов типа обратная лопата, обеспечивающие эффективное управление эксплуатационным коэффициентом вскрыши.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

В изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России:

1. Логинов Е.В. Управление режимом горных работ и углом откоса рабочего борта карьера / Д.Г. Холодняков, Е.В. Логинов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – №2. – С. 71-74.

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

3. Логинов Е.В. Уменьшение эксплуатационного коэффициента вскрыши при использовании гидравлических экскаваторов // Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке. Том 2 // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – №4 (специальный выпуск 5-2). – С. 108-116.

В прочих изданиях:

4. Статья на английском языке: Loginov E.V. Improving the efficient of mining in the deposit of broken stone // Scientific Reports on Resource Issues / Technische University Bergakademie Freiberg. – Freiberg. – 2015. – P. 183-185.

5. Логинов Е.В. Особенности применения гидравлических экскаваторов типа обратная лопата. Научный журнал. – 2016. – №6. – С. 152-154.

6. Логинов Е.В. Уменьшение эксплуатационного коэффициента вскрыши при использовании гидравлических экскаваторов // Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI. Тезисы докладов III Международной научно-практической конференции / Санкт-Петербургский горный университет. СПб. – 2016. – С 101.

7. Логинов Е.В. Ширина рабочей площадки при углубочной системы разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом / К.Р. Аргимбаев, Е.В. Логинов // Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование: Тезисы докладов Международной научно-практической конференции / Санкт-Петербургский горный университет. СПб. – 2017. – С. 72-73.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016611507 «Расчет параметров нерабочих бортов карьеров с учетом грузоподъемности применяемого автотранспорта» от 03.02.2016 г.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017617003 «Определение параметров ширины рабочей площадки при углубочной системе разработки» от 21.06.2017 г.