



005057

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования

**«Магнитогорский государственный
технический университет**

им. Г. И. Носова»

(ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»)

пр. Ленина, д. 38, г. Магнитогорск, Челябинская обл., 455000

Тел.: 8 (3519) 29-84-02; Факс: 8 (3519) 23-57-59, 29-84-26

E-mail: mgtu@magtu.ru; <http://www.magtu.ru>

ОКПО 02069384, ОГРН 1027402065437,

ИНН/КПП 7414002238/745601001

Ministry of Science and Higher Education
of the Russian Federation

Federal State Budgetary

Educational Institution of Higher Education

**«Nosov Magnitogorsk State
Technical University»**

(FSBEIHE «NMSTU»)

38, Lenin Street, Magnitogorsk, Chelyabinsk Region, 455000

Tel.: +7 3519 298 402; Fax: +7 3519 235 759, +7 3519 298 426

E-mail: mgtu@magtu.ru; <http://www.magtu.ru>

ОКПО 02069384, OGRN 1027402065437

INN/KPP 7414002238/745601001

24.12.2025

№ 66.01-4393-1

На/To № _____ от/dated _____

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор

по научной и инновационной работе
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

О.Н. Тулупов

«27» декабря 2025 г.

М.п.



ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Романова Владислава Алексеевича

«Формирование рудопотока при торцевом выпуске руды под обрушенными породами»,
представленную на соискание учёной

степени кандидата технических наук по специальности 2.8.7 – «Теоретические
основы проектирования горнотехнических систем».

Актуальность темы диссертации

Современная горнодобывающая промышленность России и мира ориентирована на эффективную разработку крупных месторождений с низким содержанием полезных компонентов, где ключевую роль играют системы разработки с принудительным обрушением руд и вмещающих пород. Среди различных вариантов организации выпуска рудной массы торцевой выпуск получил широкое распространение благодаря своей технологической простоте и существенно меньшей трудоемкости по сравнению с донным выпуском.

Преимущества торцевого выпуска заключаются в значительном сокращении объема подготовительно-нарезных работ (до 40-50% по сравнению с донным выпуском), упрощении организации горных работ и повышении безопасности эксплуатации за счет отсутствия необходимости в бурении длинных шпуров в днище блока. Однако данный метод характеризуется рядом недостатков, среди которых наиболее существенными являются повышенные потери руды (до 25-30%) и значительное разубоживание добываемой массы (15-25% примесей пустых пород), что существенно снижает экономическую эффективность добычи и общую рентабельность горнодобывающих предприятий.

Формирование рудопотока при торцевом выпуске представляет собой сложный физико-механический процесс, зависящий от множества факторов: гранулометрического состава руды, физико-механических свойств материала, геометрии рудного тела, параметров выпускной

выработки и режима выпуска. Научное обоснование закономерностей формирования рудопотока позволит перейти от эмпирических подходов к системному управлению процессом выпуска, обеспечивая оптимальный баланс между производительностью горных работ, полнотой извлечения руды и качеством добываемой массы. Выявление количественных зависимостей развития фигур выпуска от контролируемых параметров создаст основу для разработки методик проектирования систем разработки, адаптированных к конкретным горно-геологическим условиям месторождения.

В связи с этим, исследования, посвященные обоснованию закономерностей формирования рудопотока при торцевом выпуске руды под обрушенными породами, являются актуальными и своевременными, имеют стратегическое значение для горнодобывающей промышленности и соответствуют приоритетным направлениям научно-технического развития отрасли.

Цель работы состоит в обосновании оптимальных параметров систем разработки с принудительным обрушением руд и вмещающих пород на основе учета траекторий движения частиц, слагающих рудопоток, и их взаимодействия в процессе торцевого выпуска рудной массы.

Идея диссертации заключается в том, что при обосновании показателей извлечения полезных ископаемых из недр следует учитывать структуру формирования рудопотока, условия взаимодействия и направление движения слагающих его частиц

Структура и основное содержание работы

Структура и содержание диссертационной работы логично подчинены цели исследования и отражают последовательное решение поставленных задач. Диссертация включает введение, четыре главы, заключение, список литературы и справку о внедрении.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и основные задачи исследования, определены объект и предмет исследования, показана научная новизна и практическая значимость работы, а также приведены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава носит обзорно-аналитический характер и посвящена современному состоянию вопроса формирования рудопотока при подземной добыче руды с использованием систем разработки с принудительным обрушением. В ней рассмотрены существующие классификации систем разработки, проведен анализ отечественных и зарубежных исследований, посвященных изучению механизмов движения сыпучих сред, фигур выпуска и разрыхления, а также влияния геометрии блоков и параметров выпускных выработок на потери и разубоживание. На основе критического анализа выявлены недостатки существующих подходов, показана ограниченность эмпирических методов и обоснована необходимость комплексного исследования структуры рудопотока при торцевом выпуске руды под обрушенными породами.

Во второй главе представлена методологическая основа диссертационного исследования. Подробно описаны принципы и техника физического моделирования процессов выпуска руды, характеристики эквивалентных материалов, геометрия моделей, масштабы и условия моделирования. Приведены сведения о стендовой установке, системе сбора и обработки экспериментальных данных, методах фиксации фигур выпуска и разрыхления. Отдельное внимание уделено постановке экспериментальных серий, плану эксперимента и варьируемым параметрам (угол падения рудного тела, гранулометрический состав, параметры выпускной выработки, объем выпускаемой руды). Описаны подходы к математической обработке результатов, включая использование корреляционного и регрессионного анализа, что обеспечивает достоверность полученных зависимостей.

Третья глава содержит результаты экспериментальных исследований структуры и динамики развития рудопотока при торцевом выпуске. Последовательно рассмотрены особенности формирования рудопотока на различных стадиях выпуска, выделены начальная, промежуточная и заключительная стадии, описаны их характерные признаки. Установлены количественные закономерности развития фигур выпуска и разрыхления в зависимости от объема выпуска, геометрии блока, свойств рудной массы и угла падения рудного тела. Показано влияние указанных факторов на потери и разубоживание руды, выявлены критические интервалы параметров, при которых резко ухудшаются показатели извлечения. В главе приведены графики, обобщающие зависимости, и даны интерпретации физического смысла полученных результатов.

В четвертой главе изложены методические подходы к использованию установленных закономерностей формирования рудопотока при проектировании и оптимизации систем разработки с торцевым выпуском руды. Сформулированы рекомендации по выбору оптимальной толщины отбиваемого слоя, параметров сетки выпускных выработок и режима выпуска в зависимости от горно-геологических условий месторождения. Приведены примеры расчетов и схемы применения предложенных методик к реальным горнотехническим ситуациям, показана возможность адаптации полученных зависимостей к месторождениям со сложной морфологией рудных тел. Отдельно рассмотрены вопросы практической реализации результатов, включая оценку влияния предлагаемых решений на потери, разубоживание и технико-экономические показатели подземных работ.

Заключение содержит краткое обобщение основных научных результатов, сформулированные выводы по каждой из поставленных задач, а также указание на направления дальнейших исследований в области теоретического и экспериментального изучения формирования рудопотока при различных системах разработки.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. При торцевом выпуске до 10 % из объема руды, приходящегося на выпускную выработку, происходит опережающее развитие фигуры выпуска по вертикали, достигающее $1/3$ от её максимального значения, при этом толщина выпускаемого слоя соответствует соотношению $D_T = 0,7 \cdot D_{ф.в.}$, после чего параметры фигуры выпуска развиваются равномерно и пропорционально во всех направлениях.

2. При развитии очистной выемки по простиранию с нарезкой штреков, расположенными в лежачем боку на контакте руда-порода, зону влияния выпускной выработки определяет угол падения залежи: при угле падения до 20° фигура выпуска развивается равномерно в обе стороны от её оси; в диапазоне $20 \div 45^\circ$ она склоняется в сторону лежачего бока; при углах свыше 45° - в сторону висячего бока.

3. Формирование рудопотока при торцевом выпуске руды включает три стадии: прямолинейное развитие, не превышающее по ширине параметры выпускной выработки; последующее расширение с захватом контактирующей с центральной зоной рудной массы; затухание движения в зоне между границами фигур выпуска и разрыхления, где перемещение осуществляется под углами $75 \div 80^\circ$ с постепенным затуханием к её внешнему контуру.

Научная новизна и практическое значение диссертации

Научная новизна заключается в:

- установлении закономерностей формирования рудопотока при торцевом выпуске и соотношения между его параметрами на различных стадиях выпуска рудной массы;
- определении условий формирования рудопотока при торцевом выпуске рудной массы, соотношения между фигурами выпуска и разрыхления, а также направления движения слагающих их частиц на начальной и последующих стадиях выпуска;
- установлении зоны влияния выработки при торцевом выпуске на параметры рудопотока при различном гранулометрическом составе рудной массы и различных углах наклона рудных тел.

Научное значение работы состоит в развитии теоретических основ проектирования горнотехнических систем и расширении знаний о процессах, происходящих при подземной разработке месторождений.

Практическое значение определяется применимостью полученных результатов при проектировании новых и совершенствовании действующих систем разработки месторождений полезных ископаемых.

Рекомендации по реализации результатов работы

Результаты диссертационной работы рекомендованы к использованию при разработке проектной и рабочей документации для подземной разработки месторождений системами с обрушением руды и вмещающих пород, при проектировании соответствующих горнодобывающих предприятий, а также в научной и учебной деятельности.

Обоснованность выводов подтверждается:

- применением апробированных методик физического и компьютерного моделирования;
- высокой степенью корреляции между результатами различных методов исследования;
- большим объемом экспериментальных данных;
- логичностью построения аргументации и выводов.

Замечания по работе

При общем положительном впечатлении от работы следует отметить следующие моменты:

1. Недостаточно рассмотрены вопросы взаимного влияния соседних выпускных выработок на параметры рудопотока.
2. Рекомендуются расширить обсуждение ограничений применимости полученных результатов для выпускных выработок большого размера.
3. На странице 85-86 в разделе 3.4 сформулированы выводы о соотношении $DT = 0,08 \div 0,12H$ для оптимальной толщины слоя. Однако в главе 4 (стр. 88-102) при практическом применении этой рекомендации приводятся примеры расчетов только для условных блоков размером 40×40 м. Возможно ли применение результатов исследований для других размеров блоков?
4. В параграфе 3.3 (страницы 77-83) при анализе результатов экспериментов не приводятся доверительные интервалы для полученных зависимостей. На примере результатов с "объемом выпуска" $V = 900 \text{ м}^3$ (рисунок 3.6-3.11, стр. 69-73) видна значительная вариация результатов (от 0,19 до 0,77 для параметра t).
5. В какой степени представленные рекомендации по выбору оптимального режима выпуска применимы для различных типов месторождений и руд?

Заключение

Диссертационная работа «Формирование рудопотока при торцевом выпуске руды под обрушенными породами», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС» и паспорту специальности 2.8.7 – «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем». Автор продемонстрировал способность проводить самостоятельное научное исследование и заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв ведущей организации рассмотрен и утвержден единогласно на заседании кафедры Разработки месторождений полезных ископаемых, протокол заседания № 4 от «19» декабря 2025.

Заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых
Доктор технических наук,
Тел./факс +7 (3519) 29-85-75
e-mail: ormpi-cg@mail.ru

С.Е. Гавришев

Доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых
Кандидат технических наук, доцент
Тел./факс +7 (3519) 29-85-66
e-mail: wolf1709@yandex.ru

П.В. Волков

«19» декабря 2025 г.

Отзыв составили:

1. Гавришев Сергей Евгеньевич - доктор технических наук, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых.
2. Волков Павел Владимирович - кандидат технических наук, доцент кафедры РМПИ

Гавришев Сергей Евгеньевич согласен на обработку персональных данных.
Волков Павел Владимирович согласен на обработку персональных данных.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»)

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»)

Адрес: 455000, Россия, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38

телефон: +7 (3519) 29-84-02

E-mail: mgtu@magtu.ru

<https://magtu.ru/>