ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.478.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ХАБАРОВСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 28.11.2023 г. № 9

О присуждении Лаптеву Владимиру Викторовичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование механизма формирования потерь и разубоживания руды на основе численного моделирования процесса торцевого выпуска» по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины принята к защите 14.09.2023 (протокол заседания № 7) диссертационным советом 24.1.478.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 680000, г. Хабаровск, ул. Дзержинского, 54, приказ Минобрнауки РФ от 12 октября 2022 г. № 1167/нк.

Соискатель Лаптев Владимир Викторович «13» октября 1990 года рождения.

В 2012 году соискатель окончил Кольский филиал Петрозаводского государственного университета по специальности «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых». В 2020 г. закончил обучение в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Кольский научный центр Российской академии наук» по специальности 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая, строительная» и получил диплом с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по специальности 21.06.01 «Геология, разведка и разработка полезных ископаемых». Работает научным сотрудником в Горном институте - обособленном подразделении Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Кандидатские экзамены сданы в полном объеме: история и философия науки – «отлично», иностранный язык (английский) – «отлично», геотехнология (подземная, открытая, строительная) (технические науки) – «отлично».

Диссертация выполнена в лаборатории Теории комплексного освоения и сохранения недр Горного института – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Лукичёв Сергей Вячеславович, Горный институт - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», административно-управленческий персонал, директор.

Официальные оппоненты:

– Неверов Сергей Алексеевич, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н. А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД СО РАН), лаборатория подземной разработки рудных месторождений, заведующий лабораторией;

– Стародубов Алексей Николаевич, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт угля «Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» (ИУ ФИЦ УУХ СО РАН), административно-управленческий персонал, заместитель директора по научной работе

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН), г. Екатеринбург, в своём положительном отзыве, утверждённом Соколовым Игорем Владимировичем – доктором технических наук, директором ИГД УрО РАН, подписанном Смирновым Алексеем Алексеевичем – кандидатом технических наук, лаборатории подземной геотехнологии, старшим научным сотрудником и Барановским Кириллом Васильевичем – кандидатом технических наук, лаборатории подземной геотехнологии, старшим научным сотрудником, указала, что «диссертация Лаптева Владимира Викторовича «Исследование механизма формирования потерь и разубоживания руды на основе численного моделирования процесса торцевого выпуска» представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, посвященную решению актуальной научной задачи по разработке методики имитационного моделирования торцевого выпуска руды для оценки потерь и разубоживания при системах разработки с подэтажным обрушением руды и вмещающих пород.

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки, диссертация Лаптева Владимира Викторовича показывает достаточную эрудицию автора, его умение ставить и решать сложные научные задачи в области горного дела, скрупулёзность и добросовестность при проведении исследований.

Результаты выполненных автором исследований прошли научную и практическую апробацию. Автореферат диссертации отражает основное содержание работы, а также научные результаты и положения, выносимые на защиту.

По уровню решения научной задачи диссертационная работа соответствует требованиям, установленным пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Лаптев Владимир Викторович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. – Геотехнология, горные машины».

Соискатель имеет 11 опубликованных работ (в том числе 8 в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования РФ, из которых 4 работы в научных изданиях, индексируемых в базах Scopus и Web of Science), 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. По теме диссертации опубликовано 5 работ, 2 из которых входят в перечень, рекомендованных ВАК.

В опубликованных материалах, общим объемом 5,9 п.л., отражены идея и основные положения диссертационной работы. Авторский вклад соискателя в публикациях, объемом 3,2 п.л., состоял в проведении численных исследований по разработке численной модели торцевого выпуска руды, разработке методики имитационного численного моделирования, проведению численных экспериментов, установлению механизмов формирования потерь руды при торцевом выпуске, обоснованию формы

траектории движения кусков горной массы к выпускному отверстию, обоснованию оптимальных параметров конструктивных элементов для Хибинских месторождений.

Наиболее значительные работы:

1. Лукичев С.В., Лаптев В.В. Изучение механизма истечения руды при торцевом выпуске на основе численного моделирования поведения горной массы с неоднородным гранулометрическим составом // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № S37. – С. 214–223.

2. Лаптев В.В. Численное моделирование потока раздробленной горной массы в процессе выпуска руды с использованием программы ROCKY DEM // Вестник МГТУ. - 2019. - Т. 22, - № 1. - С. 149–157.

3. Научные и практические аспекты применения цифровых технологий в горной промышленности: монография /коллектив авторов; под науч. ред. С.В. Лукичёва. – Апатиты: Издательство ФИЦ КНЦ РАН, 2019. – 192 с. (разделы 3.9, 3.13).

4. Лаптев В.В., Звонарёва С.В. Расчёт параметров транспортирования горной массы при автоматизированном планировании подземных горных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 2. – С. 70–80.

5. Лаптев В.В., Лукичёв С.В. Использование метода дискретных элементов для исследования механизма формирования потерь руды применительно к условиям торцевого выпуска // Физико-технические проблемы разработки месторождений полезных ископаемых. – 2023. – № 4. – С. 52-29.

На диссертацию и автореферат поступило 7 положительных отзывов, содержащих следующие замечания:

1. В отзыве заведующего кафедрой информационных технологий в управлении техническими системами Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарского государственного университета имени Х.М. Беркова», доктора технических наук Хакулова Виктора Алексеевича сделано следующее замечание: В автореферате не в полной мере освещены преимущества предлагаемой технологии добычи в контексте обоснования параметров процесса выпуска отбитой руды из очистных блоков с использованием метода дискретных элементов имитационного моделирования.

2. В отзыве старшего научного сотрудника лаборатории проблем рационального освоения минерально-сырьевых ресурсов, кандидата технических наук Петрова Дмитрия Николаевича и заместителя директора Института горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН (г. Якутск) кандидата технических наук Зубкова Владимира Петровича, имеются замечания: из автореферата не совсем понятно, чем обоснован выбор величины предельного разубоживания в дозе выпуска при планировании и проведении эксперимента.

3. В отзыве заведующего лабораторией геомеханики Научного центра геомеханики и проблем горного производства Санкт-Петербургского горного университета, кандидата технических наук, Морозова Константина Валентиновича отмечены следующие замечания:

1) Разработка численной имитационной модели торцевого выпуска ГМ относится не к практическим, а скорее, к научным результатам работы.

2) Описываемые явления и закономерности представлены только для одного типа сыпучего материала и для их корректности в дальнейшем потребуют заверки на моделях других горных пород.

4. В отзыве и.о. заведующего лабораторией математического моделирования ФГБУ «Высокогорный геофизический институт (г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика), д.ф.-м.н. Шаповалова Виталия Александровича отмечается, что «учитывая

важность практической реализации разработанной технологии, в автореферате следовало бы в методическом плане подробнее раскрыть вопросы интеграции предлагаемых технических решений в технологические процессы подземной добычи».

5. В отзыве профессора Кузбасского государственного технического университета, почётного работника сферы образования РФ, действительного члена Академии Инженерных наук, доктора технических наук Ермаковой Инны Алексеевны сделаны следующие замечания:

1) Использование автором термина «глубина фигуры выпуска» затрудняет понимание текста, т.к. этот термин не описан в научной литературе.

2) В автореферате не представлено достаточное обоснование второго научного положения о том, что «Траектории движения кусков ГМ к выпускному отверстию в большей степени соответствуют графику кубической функции, а не квадратичной». Это утверждение основано на сравнении значений R^2 для указанных полиномов, которые составили 0,963-0,974 и 0,835-0,848 соответственно, причём сами графики в работе не показаны. Почему не были получены уравнения полиномов 4-й и 5-й степени? Они бы показали ещё большее значение R^2. В данном случае для обоснования второго научного положения автору нужно было найти значения критерия Фишера для полиномов различной степени, после чего делать вывод.

6. В отзыве генерального директора ООО «Северная геологическая экспедиция», заслуженного деятеля науки Республики Карелия, доктора технических наук Аминова Владимира Нигматовича в качестве замечания отмечено, что из реферата не ясно, в каком направлении следует предусмотреть дальнейшее совершенствование предложенной численной модели выпуска и каковы границы области применения этого метода исследования.

7. В отзыве заведующего лабораторией развития горного производства «Горный институт Уральского отделения Российской академии наук» - филиала ФГБУН ПФИЦ УРО РАН, доктора технических наук Зайцева Артёма Вячеславовича в качестве замечаний и уточнений отмечается следующее:

1) В работе утверждается, что наибольшая сходимость результатов моделирования процесса торцевого выпуска горной массы и реального поведения среды наблюдается при рассмотрении однородных фрагментов диаметром 0,3 м. Между тем из автореферата не ясно, какое влияние оказывает фактическая неоднородность гранулометрического состава сыпучей среды, выраженная в наличии крупных негабаритных фрагментов вблизи выпускного отверстия, препятствующих её истечению.

2) Рекомендуемые параметры системы подэтажного обрушения несколько отличаются от фактически используемых параметров разработки рудников КФ «АО Апатит». Проводилась ли оценка целесообразности внедрения предлагаемых конструктивных и технологических параметров с точки зрения изменения объёма подготовительных работ?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием профиля научных работ оппонентов и сотрудников ведущей организации направлению научных исследований диссертационной работы, обеспечением выполнения требований пунктов 22 и 24 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г.

Официальный оппонент Неверов Сергей Алексеевич является известным и заслуженным специалистом и учёным в области геотехнологии и геомеханики, его научные исследования охватывают и вопросы исследования процесса выпуска руды. В публикациях освещены важные для защищаемой диссертации вопросы извлечения руды

под обрушенными породами, обоснованию параметров геотехнологии отработки в сложных горно-геологических условиях, а также влияния различных факторов на процесс выпуска руды. За последние 5 лет им опубликовано 15 научных работ по темам исследований, близким к задачам, решаемым в диссертационной работе Лаптева В.В.

Официальный оппонент Стародубов Алексей Николаевич – учёный в области имитационного дискретного моделирования. Его научные публикации касаются математического имитационного моделирования процесса выпуска угля и разработки алгоритмов дискретного моделирования. В представленных им публикациях освещены важные для защищаемой диссертации вопросы разработки численных моделей процесса выпуска. За последние 5 лет им опубликовано 10 научных работ по темам исследований, близким к задачам, решаемым в диссертационной работе Лаптева В.В.

Выбор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, в качестве **ведущей организации** обосновывается наличием в структуре данного учреждения исследовательской лаборатории подземной геотехнологии, а также специалистов-учёных, в том числе – докторов наук, профессоров, продуктивно занимающихся научной деятельностью и характеризующихся публикационной активностью в области подземного выпуска руды и рационального использования недр. Учреждение активно ведёт научно-исследовательские работы применительно к проблемам повышения показателей извлечения в системах разработки с обрушением руды и вмещающих пород.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны:

– расчётно-экспериментальные процедуры подбора характеристик, настройки, калибровки и реализации численных моделей технологического процесса выпуска отбитой рудной массы из очистных блоков, обеспечивающие максимальное соответствие моделей условиям реальной сыпучей среды, конструктивным особенностям систем разработки подэтажным обрушением и условиям процесса торцевого выпуска рудной массы под обрушенными породами;

– варианты численных решений моделей торцевого выпуска рудной массы применительно к условиям разработки апатит-нефелиновых месторождений Хибин, обеспечивающие минимизацию потерь полезного ископаемого для установленных оптимальных конструктивных параметров системы разработки (угол откоса выпускной траншеи, расстояние между осями выпускных выработок, фронтальный угол наклона отбиваемой секции);

предложено новое понимание механизма управления качеством рудной массы в технологическом процессе торцевого выпуска руды, заключающееся в правильном выборе (с позиции предельного разубоживания) момента остановки процесса выпуска в предыдущей отбиваемой секции, подтверждённое расчётными данными применительно к конкретным условиям Хибинских рудников;

доказана закономерность движения частиц разрыхленного сыпучего материала в установленных граничных и краевых условиях моделей по траекториям, описываемым кубической функцией, в отличие от ранее известной квадратичной, что использовано в диссертационном исследовании для уточнения теоретического представления о механизме торцевого выпуска рудной массы.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что:

доказано влияние заданного режима процесса торцевого выпуска и устанавливаемых геометрических параметров конструктивных элементов системы

разработки подэтажным обрушением на нормируемые показатели извлечения рудной массы;

применительно к проблематике диссертации эффективно использован прогрессивный метод численного моделирования сложного и нестабильно протекающего технологического процесса торцевого выпуска рудной массы при системе разработки подэтажным обрушением в пределах масштабных площадей очистной выемки апатит-нефелиновых рудных залежей в сопоставлении с результатами заверки характеристик моделей физическими методами и результатами производственного учёта;

изложены положения, основанные на исследовании методом дискретных элементов зависимостей траекторий движения элементов сыпучей рудной массы в процессе торцевого выпуска, выявившие существенное влияние на показатели извлечения руды параметров выпускаемого слоя рудной массы (ширины и высоты) в сравнении с высотой отбитого слоя, что позволяет разрабатывать наиболее рациональные режимы технологического процесса выпуска;

раскрыто решение научных задач выявления закономерностей процесса истечения рудной массы на различных стадиях очистной выемки применительно к условиям разработки апатитовых руд месторождений Хибин и разработки методики обоснования рациональных параметров системы разработки подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды;

изучены современные отечественные и мировые тенденции в применении и исследовании геотехнологий разработки подэтажным обрушением с торцевым выпуском руды, а также методы и приёмы горных работ, обеспечивающие сокращение потерь и разубоживания выпускаемой из очистных блоков рудной массы;

проведена модернизация представления о механизме, параметрах и режимах технологического процесса торцевого выпуска, обеспечивающих рациональные траектории истечения сыпучей среды и минимизацию потерь и разубоживания добываемой руды.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены: практические рекомендации по выбору и обоснованию параметров системы разработки подэтажным обрушением руды и по управлению технологическими режимами торцевого выпуска, на основе которых разработаны рациональные планограммы выпуска руды из очистных блоков для Хибинских рудников; методика расчёта показателей извлечения, являющаяся основой «Инструкции по учёту состояния и движения запасов, определению, планированию и нормированию количественных и качественных потерь апатит-нефелиновых руд на рудниках АО «Апатит»;

определены рациональные параметры основных конструктивных элементов системы разработки: угол откоса выпускной траншеи 70–80°, ширина отбиваемого слоя 16–18 м, угол наклона отбиваемой секции 82–87°;

создана методика имитационного моделирования торцевого выпуска руды, обеспечивающая определение показателей потерь и разубоживания добываемой руды и характеризующаяся возможностью существенного сокращения времени производства вычислительных процедур за счёт приемлемо допустимого упрощения параметров гранулометрического состава моделируемого геоматериала;

представлены результаты численного моделирования и обоснования углов образующей фигуры выпуска рудной массы (составляющие от 64° до 72°, в зависимости от угла откоса выпускной траншеи), углов наклона рудной «постели» (составляющие от 58° до 60°, в зависимости от объёмов выпущенной рудной массы).

Оценка достоверности результатов исследования выявила: в диссертационной работе использованы вполне надёжные исходные данные, полученные из различных источников научной информации, а также из реальной производственной документации горных предприятий; полученные в работе данные характеризуются сходимостью с основными положениями теории выпуска руды, с практическими данными действующих рудников, а также с экспериментальными данными, полученными в лабораторных условиях; для решения задачи моделирования технологического процесса выпуска руды разработана численная модель, в основе которой лежит метод дискретных элементов, реализованный в компьютерной программе Rocky DEM; графики траекторий выпуска построены математическими средствами Microsoft Excel, с использованием квадратичных и кубических функций; численная модель для согласования с экспериментальными данными калибрована по углу естественного откоса рудной массы.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке задач, обосновании начальных и граничных условий, разработке математических моделей, выполнении и анализе результатов расчётов элементов технологического процесса торцевого выпуска руды; в интерпретации расчётных результатов моделирования процесса торцевого выпуска применительно к конкретным горнотехническим условиям апатитовых рудников; в разработке технических и технологических решений по повышению эффективности процесса торцевого выпуска при системе разработки с подэтажным обрушением; в разработке предложений и рекомендаций к методическим и нормативным документам по проектированию конструктивных элементов системы разработки, а также по планированию и нормированию показателей извлечения руды при разработке апатит-нефелиновых месторождений Хибин.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

необходимо более строго подходить к математическому описанию модели исследуемого процесса выпуска горной массы из отработанного блока.

Соискатель Лаптев В.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, показав понимание сути исследуемой проблемы; с отдельными замечаниями соискатель согласился.

На заседании 28 ноября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Лаптеву В.В. ученую степень кандидата технических наук за решение актуальной научной задачи снижения количественных и качественных потерь при выпуске руды, имеющей значение для развития горнодобывающей отрасли страны.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **13** человек, из них **4** доктора наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины, участвовавших в заседании, из **18** человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту **0** человек, проголосовали: за – **13**, против – **0**, недействительных бюллетеней – **0**.

Председатель
диссертационного совета — Рассказов Игорь Юрьевич

Учёный секретарь
диссертационного совета — Корнеева Светлана Ивановна

30 ноября 2023 г.
МП