

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук **Зотова Василия Владимировича** на диссертацию **Невзорова Данила Николаевича** на тему: «Обоснование рациональных параметров конвейерных поездов для условий подземной разработки», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.8.8. Геотехнология, горные машины

1. Актуальность темы диссертации

Современная горнодобывающая промышленность характеризуется устойчивой тенденцией к усложнению горно-геологических условий разработки, а именно: значительной глубиной заложения, пластообразной формой залежей и пологим типом рудных тел со средней мощностью, что предъявляет повышенные требования к подземному транспорту и увеличивает риски его эксплуатации. В таких условиях конвейерные поезда, являющиеся ключевым звеном в технологической цепи подземной разработки, являются наиболее применимыми.

Перспективным подземным транспортом являются конвейерные поезда, сочетающие непрерывность конвейерного транспорта с низким сопротивлением качению рельсовых систем и грузоподъемность состава. Однако широкому внедрению препятствует отсутствие научно обоснованных методов определения их рациональных параметров. Вопросы устойчивости движения конвейерного поезда по откаточным выработкам до 12 градусов и выбора рационального количества и мощности приводных станций остаются недостаточно изученными.

В связи с этим актуальной становится задача обоснования рациональных параметров конвейерных поездов, включающая установление зависимостей тягового усилия от параметров приводной станции и угла наклона транспортной выработки, а также разработку инженерной методики расчёта энергопотребления. Предложенное в диссертации решение направлено на повышение энергетической эффективности и надёжности транспортирования горной массы, что подтверждает его актуальность для горной промышленности.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна диссертационного исследования заключается в формулировании и обосновании принципа расчета параметров конвейерных поездов, эксплуатирующихся при подземной разработке рудных месторождений. Впервые получены аналитические зависимости, описывающие расстояние между приводными станциями в функции от угла наклона транспортной выработки и мощности электродвигателя при разных коэффициентах сцепления между приводным колесом и боковой пластиной тележки, что позволило сократить количество приводных станций по всей длине транспортирования. Предложенная методика определения параметров конвейерных поездов учитывает комплексное влияние

ОТЗЫВ

Вх. № 9-488 от 07.09.26
АУ УС

условий эксплуатации и режимы движения состава и позволяет рационализировать параметры приводных станций с целью снижения энергозатрат и увеличения тягового усилия.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

В процессе выполнения диссертационного исследования была реализована совокупность численных, экспериментальных и аналитических методов, что обеспечило комплексную верификацию полученных результатов. Автором проведен теоретический анализ существующих фрикционных приводов горных машин, на основе которого сформулированы принципы повышения передачи тягового усилия за счет рационализации факторов фрикционного контакта, включая физико-механические свойства материалов. Достоверность принятых технических решений подтверждена серией стендовых экспериментов с варьированием силы прижатия и давления воздуха в приводном колесе, а также результатами численного моделирования в среде ANSYS MECHANICAL. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных показало высокую степень сходимости (расхождение не превышает 14%), что подтверждает адекватность построенной модели.

На защиту выдвинуты защищаемые положения, касающиеся рациональной схемы расположения приводных станций конвейерного поезда в наклонных транспортных выработках основного откаточного горизонта при угле наклона до 12 градусов с расстоянием между станциями от 35 метров до половины длины состава, а также мощностью привода 75 кВт и грузоподъемностью до 0.8 т, обеспечивает предотвращение аварий, связанных с проскальзыванием состава. Также в работе предложено выражение, позволяющие определить реальное значение коэффициента сцепления, что позволило увеличить его за счет варьирования параметров приводной станции до 0,9. Результаты моделирования и расчетов позволяют утверждать, что применение предлагаемой методики позволяет увеличить угол транспортирования до 15 градусов, что на 3 градуса больше по сравнению с существующей конструкцией конвейерного поезда.

Практическая ценность результатов подтверждается разработкой и внедрением методики расчета количества приводных станций по всей длине транспортирования, а также регистрацией патента РФ на устройство для измерения коэффициента сцепления. Полученные рекомендации были апробированы на примере эксплуатирующейся транспортной системы Rail-Veyor рудника «Долинный» и применены для расчета гибкой самоходной откатки на примере проектного месторождения «Масловское» предприятием АО «Уралмеханобр». Таким образом, положения, выносимые на защиту, а также

сделанные на их основе выводы и рекомендации, обладают высокой степенью обоснованности и практической применимости.

4. Научные результаты, их ценность

Основные положения диссертационного исследования нашли отражение в рецензируемых научных изданиях, включая 2 статьи – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и систему цитирования Scopus. На основании диссертационной работы получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, а также патент на изобретение, что подтверждает научную новизну и технологическую значимость проведенного исследования.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Разработанная в диссертации методика обоснования рациональных параметров конвейерных поездов опирается на теоретически установленные зависимости, учитывающие горнотехнические условия откаточного горизонта и режимы движения состава. Предложенный подход, включающий математически обоснованное определение расстояний между приводными станциями, дополняет теорию тягового расчёта конвейерных поездов и позволяет адаптировать транспортную систему к конкретным условиям эксплуатации. Практическая значимость подтверждена внедрением результатов исследования в деятельности ВК ГОК ТОО «Казцинк» в качестве рекомендаций технических предложений, также в деятельности АО «Уралмеханобр» в качестве методики по определению количества приводных станций конвейерного поезда по всей длине транспортирования горной массы на откаточном горизонте.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертации могут быть использованы при проектировании и модернизации транспортных систем для подземной разработки месторождений твёрдых полезных ископаемых. Методика определения расстояний между приводными станциями и выбора рациональных параметров конвейерных поездов может быть адаптирована к различным горнотехническим условиям откаточных горизонтов и конфигурациям трасс. Разработанные регрессионные модели коэффициента сцепления и программа для ЭВМ представляют интерес для организаций, занимающихся проектированием рудничного транспорта, а также для научных учреждений, ведущих исследования в области фрикционного привода и непрерывной транспортировки горной массы в подземных условиях.

7. Замечания и вопросы по работе

1. Из материалов диссертации не совсем понятно, какие углы транспортирования должны быть эффективными для выбранного способа транспортирования при том, что они являются ключевым параметром обоснованности транспортного средства. Не совсем понятна граница допустимого использования рассматриваемого вида транспорта, установленная на 35 м между приводными станциями.

2. Автором выполнен большой объем экспериментальных исследований по повышению эффективности передачи силы тяги трением, но недостаточно рассмотрены при этом условия горных выработок: влажность, запыленность, абразивность материала, которые оказывают влияние на зону контакта трения. Практически не рассмотрено влияние пятна контакта на передачу силы тяги трением.

3. В работе выполнен интересный обширный обзор видов транспорта для подземных работ, но надо отметить, что все они нашли свою область применения. Для конвейерных поездов область применения тоже достаточно ограничена и возможно нужно было проводить сравнение с транспортом, актуальным для данной области, а не охватывать весь спектр горно-транспортного оборудования. Было бы интересно сравнение капитальных затрат при использовании локомотивной откатки и конвейерных поездов. Здесь можно было разделить эффективные области применения рассматриваемых видов транспорта.

4. В методике тягового расчета (глава 2) хотелось бы увидеть основания для выбора ряда параметров применительно к конвейерным поездам, например, по удельным сопротивлениям.

5. Не совсем корректным видимся выражение автора, что «прижимная сила пропорциональна коэффициенту сцепления» (стр. 62 диссертации). Так как оба параметра находятся в одной формуле по определению силы тяги, то в соответствии с озвученным выражением один из параметров мог быть преобразован в новую формулу. Существует большое количество не охваченных автором в обзоре исследований по определению зависимостей между этими параметрами, которые могут быть описаны сложными математическими выражениями.

6. Результаты работы были бы яснее, если бы автор дал определения некоторым понятиям, которые используются в диссертации. Не совсем понятен смысл «силы сцепления» на стр. 86 диссертации (рис.3.2). В методике эксперимента ранее в диссертации этот параметр не упоминается, подпись к таблице и описание в тексте этот параметр не раскрывают, имеется указанная на рис. 3.1 «сила проскальзывания», не совсем понятна его связь с коэффициентом сцепления в рамках проведенного эксперимента (рис. 3.2). Также

необходимо пояснение, в чем отличие нормальной силы, действующей на колесо, от силы прижатия и необходимого усилия прижатия.

7. Станным видится достижение коэффициента сцепления до 0,9 (табл.3.3). Тут требуется более широкий диапазон измерений с разными исходными данными. Может оказаться, что на практике с другими условиями контакта данный коэффициент будет иметь другие значения.

8. В работе имеются опечатки (стр.87), ошибки и неточности редакционного характера (давление в кПа на рис. 3.7). Например, обозначение коэффициента сцепления разными символами (рис. 2.6), не полное описание содержания экспериментального стенда (рис. 3.1), а подпись к рис. 2.7 (как и некоторых других) недостаточно отражает его содержание.

Высказанные замечания не снижают научной и практической значимости выполненной работы

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Обоснование рациональных параметров конвейерных поездов для условий подземной разработки», представленная на соискание ученой степени ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 Геотехнология, горные машины, полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор, Невзоров Данил Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 Геотехнология, горные машины.

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой горного
оборудования, транспорта и
машиностроения Университета науки и
технологий МИСИС, кандидат
технических наук

Зотов Василий Владимирович

04.09.2026



В.Л. Петров заверяю:

В.Л. ПЕТРОВ

Сведения об официальном оппоненте:

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,

Почтовый адрес: 119049, Москва, Ленинский пр-кт, д.4, стр. 1

Официальный сайт в сети Интернет: <https://misis.ru>

эл. почта: kancela@misis.ru; телефон: +8(495) 955-00-3