

Система управления и безопасности крутонаклонных подъемников для транспортирования горной массы при разработке месторождений

В.С. Великанов^{1,2}✉, И.А. Гришин³, Н.В. Дёрина³, А.Д. Лукашук¹

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Российская Федерация

²Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация

³Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, Российская Федерация

✉rizhik_00@mail.ru

Резюме

Одна из первоочередных задач комплекса мер по увеличению добычных мощностей при открытой разработке полезных ископаемых – повышение эффективности эксплуатации карьерного транспорта. Для расширения технологических возможностей открытых горных работ перспективным направлением является внедрение на карьерах энергоэффективных наклонных подъемников. Необходимость использования современных средств контроля и безопасности диктуется спецификой эксплуатации карьерных автомобильных подъемников. Соответственно, для обеспечения дальнейшего роста эффективности работы и поддержания уровня производственной безопасности требуется внедрение в практику современной системы управления, сигнализации и защиты. Такая система должна разрабатываться по принципам передовых технологий автоматизации, предусматривающих создание и применение информационно-управляющих систем нового поколения, реализуемых путем системной интеграции высоконадежных унифицированных микропроцессорных технических и программных средств, а также средств вычислительной техники, используемых в качестве автоматизированных рабочих мест оперативно-диспетчерского, обслуживающего и руководящего персонала. В работе рассматриваются принципы построения и устройство современной системы управления, сигнализации и защиты для автомобильных наклонных карьерных подъемников. С целью снижения себестоимости доставки полезного ископаемого на предприятиях горнодобывающей отрасли широко применяются автомобильные наклонные карьерные подъемники. В статье описываются основные факторы, на которые необходимо обратить внимание при создании современной интеллектуальной системы управления, сигнализации и защиты автомобильных наклонных карьерных подъемников.

Ключевые слова

открытая разработка полезных ископаемых, наклонный карьерный подъемник, система управления сигнализации и защиты, транспортирование горной массы

Для цитирования

Система управления и безопасности крутонаклонных подъемников для транспортирования горной массы при разработке месторождений / В.С. Великанов, И.А. Гришин, Н.В. Дёрина, А.Д. Лукашук // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2022. № 4 (76). С. 35–44. DOI 10.26731/1813-9108.2022.4(76).35-44.

Информация о статье

поступила в редакцию: 7.09.2022 г.; поступила после рецензирования: 29.11.2022 г.; принята к публикации: 1.12.2022 г.

Control and safety system of high-inclined elevators for rock mass transportation during field mining

V.S. Velikanov^{1,2}✉, I.A. Grishin³, N.V. Derina³, A.D. Lukashuk¹

¹Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, the Russian Federation

²Ural State Mining University, Ekaterinburg, the Russian Federation

³Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Magnitogorsk, the Russian Federation

✉rizhik_00@mail.ru

Abstract

One of the priority tasks in a set of measures increasing the production capacity in open-pit mining is to improve the efficiency of the open-pit transport operation. To expand the technological capabilities of the open-pit mining, it is necessary to introduce energy-efficient inclined lifts in quarries. The need for the implementation of modern control and safety means is dictated by the specifics of the mining car lifts operation. Accordingly, to ensure further growth in work efficiency and the level of industrial safety, it is necessary to create and put into practice a modern control, signaling and protection system. Such system should be developed according to the principles of advanced automation technologies, providing for the creation and application of new generation informational and control systems implemented through the systemic integration of highly reliable unified microprocessor hard- and software, as well as computer equipment used as automated workplaces for

operation-dispatching, maintenance and management personnel. The paper discusses the principles of construction and arrangement of a modern control, signaling and protection system for automobile inclined mining lifts. In order to reduce the cost of delivering minerals, mining enterprises widely use automobile inclined quarry lifts. The article describes the main factors requiring attention when creating a modern intelligent control, signaling and protection system for automobile inclined mining lifts.

Keywords

open-pit mining, inclined quarry lift, control, alarm and protection system, transportation of rock mass

For citation

Velikanov V.S., Grishin I.A., Derina N.V., Lukashuk A.D. Sistema kontrolya i bezopasnosti vysokonaklonnykh elevatorov dlya transportirovki gornoj massy pri razrabotke mestorozhdenii [Control and safety system of high-inclined elevators for rock mass transportation during field mining]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2022, no. 4 (76), pp. 35–44. DOI: 10.26731/1813-9108.2022.4(76).35-44.

Article Info

Received: September 7, 2022; Revised: November 29, 2022; Accepted: December 1, 2022.

Введение

В добыче полезных ископаемых половину от общих затрат составляют затраты на карьерный транспорт. Карьерный транспорт неразрывно связан как с технологией добычи, так и с формой карьера. Способ и схема вскрытия месторождений предусматривают использование определенных видов транспорта. В научно-технической литературе по вопросам открытой добычи к основным видам карьерного транспорта принято относить железнодорожный, автомобильный и конвейерный транспорт, применяемый самостоятельно и в различных комбинациях [1, 2]. Достаточно редко на карьерах используются канатный, гидравлический карьерный транспорт, скреперные средства доставки. Выбор вида карьерного транспорта определяется, главным образом, характеристикой транспортируемого материала, расстоянием транспортирования, масштабом и темпами перевозок (последнее предъявляет требования к маневренности транспортных средств). При неоспоримом достоинстве самоходного вида транспорта, а именно высокой маневренности, существует ряд ограничений: угол преодолеваемого уклона, высокая себестоимость, необходимость размещать на бортах карьера большое количество транспортных берм, что вызывает дополнительный их разнос. Вопросы применения карьерного транспорта и вскрытия месторождений тесно связаны. Карьерные грузопотоки осуществляются по вскрывающим выработкам. Для расширения возможности применения карьера в качестве вскрывающей выработки необходима оптимизация системы вскрытия карьера путем локализации транспортных коммуникаций на участках борта карьера [1–3]. Это возможно осуществить путем внедрения на карьерах энергоэффективных наклонных карьерных подъемников.

Идея использования наклонных карьерных подъемников не нова. Достаточно обратиться к работе [4], в которой представлен обобщенный анализ

наклонных средств транспортирования. На основе научных работ информация по машинам и оборудованию сведена в табл. 1.

В теоретической проработке вопроса наклонных карьерных подъемников приоритет принадлежит научным школам Уральского федерального округа, особенно ученым Уральского горного университета: М.В. Васильеву, В.С. Хохрякову, Б.А. Носыреву, Л.А. Сорокину, Л.И. Жукову, С.М. Кубареву, А.Г. Моору и другим ученым [5].

Для снижения себестоимости доставки полезного ископаемого на горных предприятиях могут использоваться автомобильные наклонные карьерные подъемники (АНКП). Известные примеры применения такого оборудования: плотина электростанции Токуяма в Японии, автомобильный наклонный подъемник АНК-120 Института «Унипромедь», модели подъемных установок GHD и Siemag [6, 7].

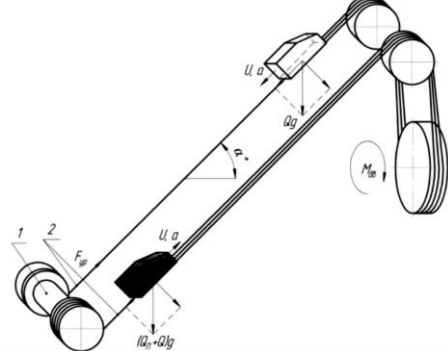
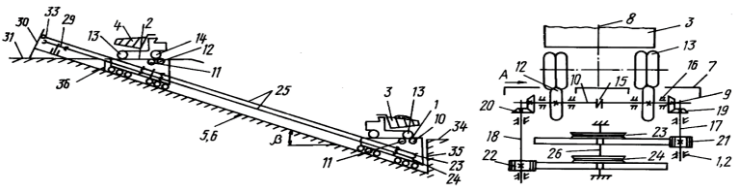
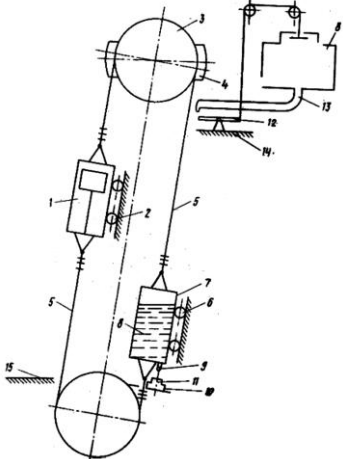
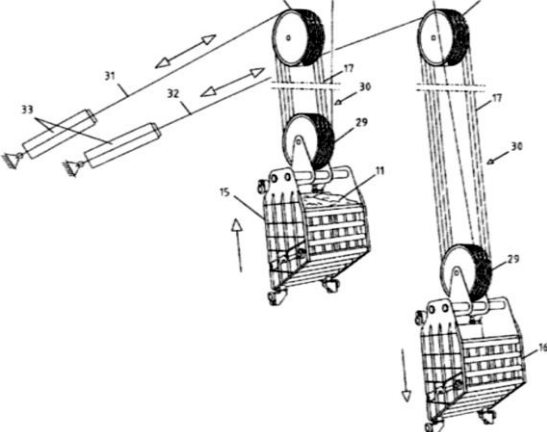
Использование АНКП позволяет:

- исключить перегрузку при транспортировании полезного ископаемого (на поверхность карьера поднимается загруженный автосамосвал, который продолжает движение до места разгрузки);
- экономить дизельное топливо и ресурсы автосамосвалов;
- уменьшить загазованность в карьере;
- сократить парк автосамосвалов.

Имеются недостатки такого вида транспорта:

- ограничение по годовой производительности подъемника;
- техническая реализация подъемника вследствие применения на карьерах автосамосвалов большой грузоподъемности;
- большая массивность установки включая бетонные и строительные конструкции;
- необходимость длительного строительства и заблаговременного формирования траншеи;
- значительные капитальные затраты;
- сложность формирования вместительного перегрузочного пункта [8].

Таблица 1. Наклонные карьерные подъемные машины и установки
Table 1. Inclined quarry hoists and installations

<p>Авторские конструкции и конструкции на различных предприятиях мира Author designs and designs at various enterprises of the world</p>	<p>Общий вид наклонных карьерных подъемных машин и установок General view of inclined quarry hoists and installations</p>
<p>Модель уравновешенной многоканатной карьерной подъемной установки с дополнительной приводной станцией [9] Model of a balanced multi-rope mining hoist with an additional drive station</p>	
<p>Модель подъемной установки с автономным приводом [10] Lifting unit model with autonomous drive</p>	
<p>Механико-гидравлический фрикционный подъемник [11] Mechanical-hydraulic friction elevator</p>	
<p>Крутонаклонная подъемная установка для открытой горной выработки [12] High-inclined hoist for open pit mining</p>	

<p>Автомобильно-клетевой подъемник АНК-120 [7] Car-cage elevator ANK-120</p>	
<p>Устройство для транспортирования грузов [13] Device for transporting goods</p>	
<p>Модель подъемной установки с цепным приводом [14] Model of lifting installation with chain drive</p>	
<p>Система скипового подъема «Thyssen krupp’s Skip Way System» [15]</p>	
<p>Наклонный карьерный подъемник (по порядку): «Siemag Tecbergtrucklift» [16]; разработка Института горного дела Уральского отделения РАН [8]; скиповой подъем по карьерной вскрывающей выработке [17–19] Inclined quarry elevator (in order): «Siemag Tecbergtrucklift»; Design by the Institute of Mining of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; skip hoist along a quarry open mining</p>	

Материалы и методы

В данной статье нет необходимости описывать технологический процесс добычи полезных ископаемых с освещением конструктивных особенностей автомобильных наклонных подъемных установок для открытых горных работ (ОГР) и систему, охватывающую весь технологический процесс, в том числе и параметры, характеризующие работу установки.

Цель работы заключается в анализе оснащенности подъемных машин и установок системами контроля и защиты, обосновании применения средств безопасности крутонаклонных автомобильных подъемников для транспортирования горной массы в условиях ОГР.

Известны различные типы устройств для контроля и защиты вертикальных подъемных установок подземных рудников. Системы управления и защиты подъемных установок представляют комплект аппаратов, которые выполняют следующие функции:

- сбор информации о положении сосудов в стволе или на трассе подъема;
- измерение и ограничение скорости;
- задание скорости подъема для систем автоматического регулирования;
- получение различных путевых команд;

– защита от переподъема сосудов.

Все перечисленные функции связаны с получением и переработкой информации о положении подъемных сосудов в стволе, а задача управления сводится к тому, чтобы обеспечить перемещение подъемного сосуда в заданную точку с необходимой точностью. При этом параметры движения не должны выходить за пределы, определенные проектом или правилами безопасности (табл. 2) [20–23].

Защитные устройства подъемных систем могут быть разбиты на две группы:

1. Устройства, вызывающие немедленное включение предохранительного торможения, позволяющие окончить цикл подъема, в процессе которого возникла неисправность.

2. Не допускающие последующий пуск подъемной установки [20–23].

Основными направлениями развития технических средств контроля и защиты подъемов являются: повышение быстродействия, обеспечение многофункциональности, уменьшение габаритов и энергопотребления аппаратуры, повышение надежности.

Актуальность в применении современных средств контроля и безопасности диктуется спецификой эксплуатации карьерных автомобильных

Таблица 2. Устройства и аппараты управления и защиты подъемных систем

Table 2. Devices for control and protection of lifting systems

Устройство / аппарат Device	Назначение Use
Указатели глубины Depth indicators	Информируют о положении сосудов в шахтном стволе при ручном управлении подъемной системой Inform about the position of the vessels in the mine shaft under manual control of the lifting system
Скоростемеры и ограничители скорости Speedometers and speed limiters	Информируют о величине скорости при движении подъемных сосудов и записывают диаграммы ее изменения Inform about the magnitude of the speed during the movement of the lifting vessels and record diagrams of its change
Концевые выключатели Limit switches	Служат для предотвращения переподъема сосудов Prevent vessel overlifting
Регуляторы давления Pressure regulators	Управляют тормозным моментом при рабочем торможении подъемной системы Control the braking torque during the service braking of the lifting system
Аппараты задания и контроля хода Devices for setting and controlling the motion	Выдают импульсы в контролируемых точках пути движения подъемных сосудов; задают программу хода подъемной машины на максимальной и пониженной скоростях; осуществляют контроль действительной скорости во всех периодах движения; обеспечивают защиту от переподъема сосудов; производят корректировку элементов аппарата в соответствии с положением Give impulses at controlled points along the movement path of the lifting vessels; set the program for the motion of the lifting machine at maximum and reduced speeds; control the actual speed in all periods of movement; provide protection against overlifting of vessels; adjust the elements of the device in accordance with their location
Цепь защиты (предохранительная цепь) Safety chain	Комплект аппаратов защиты и блокировок, призванный надежно обеспечить предотвращение аварийных ситуаций A set of protection and interlock devices for secure prevention of accidents

подъемников. Необходимо учитывать, что современные карьерные автосамосвалы – это дорогостоящее горное оборудование, поэтому малейшая ошибка при подъеме (спуске) может привести к аварии и, соответственно, к потере или выходу из строя основного технологического оборудования (автосамосвала) и экономическому ущербу. Несмотря на огромные движущиеся массы, АНКП должна быть «послушной» в руках обслуживающего персонала, простой в управлении и надежной в эксплуатации.

В силу определенных обстоятельств в основном все карьеры, разрезы, подземные рудники и шахты входят в состав частных горнодобывающих холдингов (Уральская горно-металлургическая компания, «Норникель», «Полиметалл», Сибирская угольная энергетическая компания, АО «Южуралзолото Групп Компаний», ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» и др.), существует тенденция к решению лишь некоторых отдельно взятых, достаточно важных вопросов контроля и управления, сигнализации и связи. Это приводит к значительному росту номенклатуры разрабатываемой и эксплуатируемой аппаратуры и возникновению проблемы совместимости при работе [20]. Отсутствует также комплексный, системный подход к решению указанных задач, что приводит также к проблемам информационной, конструктивной, энергетической, эксплуатационной и эргономической совместимости разнородных систем и аппаратуры [20].

В процессе подготовки публикации не обнаружена конкретная информация о средствах контроля и безопасности, используемых в наклонных карьерных подъемных машинах и установках. Следовательно,

либо используется полностью типовое оборудование вертикального подъема, либо необходимо частичное применение технических средств шахтного подъема, интегрированных в интеллектуальную систему управления АНКП.

Полученные результаты и их обсуждение

Управление АНКП осуществляет оператор, находящийся за пультом управления. Предусмотрено управление в трех режимах: автоматическое, полуавтоматическое, ручное. Пульт оператора АНКП представляет собой конструкцию, на которой размещены панели с измерительными и сигнальными приборами, указателями положения подъемного стола на трассе, ключами и кнопками управления, и манипуляторами (джойстиком). На лицевой панели размещается монитор промышленного компьютера, а на верхней панели – клавиатура ввода / управления, есть возможность поддержания связи с диспетчером горного предприятия. Предусмотрено управление АНКП удаленно из кабины мобильного пункта управления.

Основной отличительной особенностью управления карьерным автомобильным подъемником является перемещение карьерного автосамосвала в заданную точку на поверхность без промежуточного позиционирования по трассе движения, с расположением приводной станции на поверхности карьера. Автосамосвал размещается на грузовой платформе, однако имеются и специфические варианты привода: привод платформы от ведущих колес автосамосвалов либо использование системы полнспаст для сокращения нагрузок (рис. 1).

Для создания современной интеллектуальной

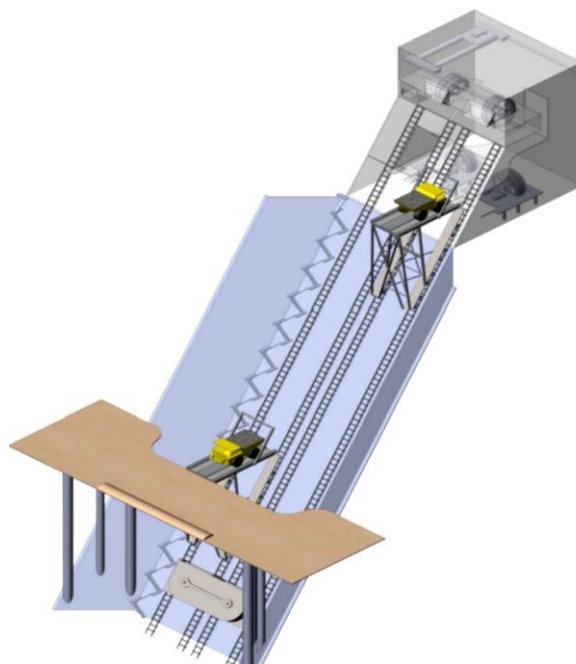


Рис. 1. Общий вид автомобильного наклонного карьерного подъемника

Fig. 1. General view of an inclined automobile quarry lift

системы управления, сигнализации и защиты (СУСиЗ) АНКП с частичной интеграцией и адаптацией устройств контроля и защиты вертикальных подъемных установок необходимо правильное определение назначения элементов системы по контролируемым параметрам и их взаимосвязь при оптимальном структурном исполнении составных частей:

- измерение контролируемого параметра, контроль сигналов датчиков останова платформы;
- диагностика сигнала, его преобразование, вычисление;
- отключение АНКП;
- сравнение измеряемых и вычисляемых параметров или количественных показателей АНКП с уставками предупредительной сигнализации (ПС) и защиты (ТЗ);
- ввод и вывод сигнализации и защиты;
- предупредительная сигнализация (световая и звуковая);
- формирование алгоритма защиты и выдача команды в программу действия защиты, задание режима работы системы на предстоящий цикл подъема;
- аварийная сигнализация (световая и звуковая), световая индикация с напоминанием, сигнализирующая раздельно о срабатывании реле защиты или реле контроля исправности;
- осуществление алгоритма программы действия защиты;
- сигнализация отключения защиты (по какому параметру отключена защита, отображается на световом табло);
- пост аварийного останова (АО);
- приведение защищаемого оборудования в безопасное состояние с помощью исполнительных органов защиты (рис. 2).

Для реализации функции контроля перегруза платформы в системе применяется автоматический

весовой контроль. СУСиЗ осуществляет автоматическое взвешивание карьерного автосамосвала с грузом при въезде на встроенные в платформу тензометрические грузоприемные устройства и определяют общую массу. При этом погрешность измерений не превышает 5%. Информация о перегрузе отображается световой и звуковой ПС и передается по каналам связи на диспетчерский пункт предприятия. В этом случае подъем будет невозможен.

Безопасная работа подъемной установки определяется функциональным состоянием ее механического оборудования (подъемные сосуды, парашюты, стопоры, подвесные устройства, подъемные канаты, тормозная система и другие элементы подъемной установки). В табл. 1 наглядно продемонстрирована существующая традиционная практика по разработке и внедрению в производство подъемных установок, у которых в качестве тягового органа используется канат. Поэтому в работе не ставится задача описать создание и применение средств контроля состояния элементов механического оборудования подъемной установки. В литературе приводятся сведения о механическом оборудовании подъема, подлежащем контролю и защите:

- подъемный сосуд – место в стволе шахты, положение вагонетки в клетке, контроль зависания сосуда, положение сосуда в разгрузочных кривых;
- подвесные устройства – прицепные устройства, пружина парашюта;
- подъемный канат – натяжение каната, дефектоскопия каната;
- тормозная система – контроль состояния тормозной тяги и износа колодок;
- копровый шкив – подшипники, шкив.

Относительно АНКП целесообразно частичное использование средств контроля и защиты:

- подъемный канат – натяжение и дефекто-

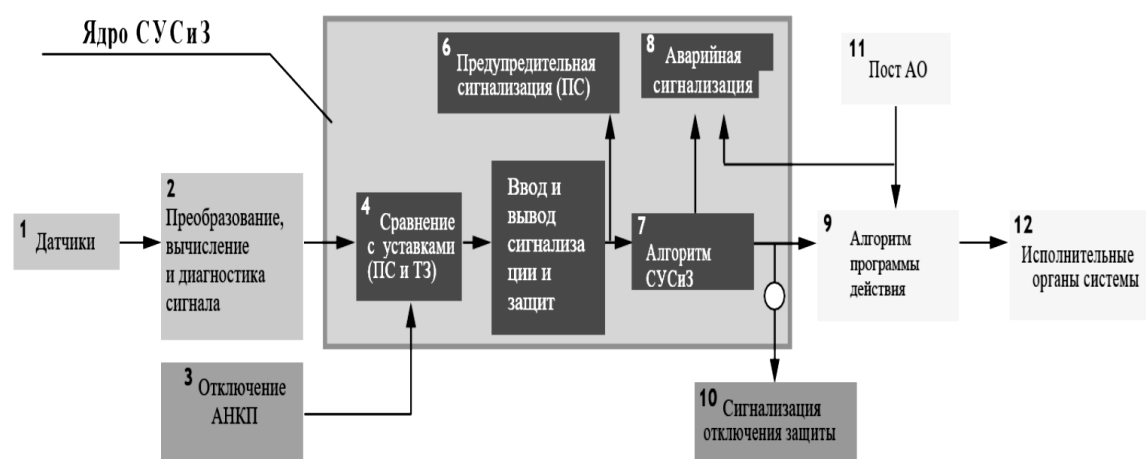


Рис. 2. Структурная схема системы управления, сигнализации и защиты

Fig. 2. Structural diagram of the control, signaling and protection system

Схема составлена авторами на основе источников [22, 23].

The scheme compiled by the authors based on sources [22, 23].

скопия;

– тормозная система – контроль состояния тормозной тяги и износа колодок;

– коренная часть подъемной машины – вал, подшипники, целостность пружины парашюта.

Заключение

В результате анализа научно-исследовательских работ и современного состояния средств управления и безопасности для транспортирования горной массы при разработке месторождений на горнодобывающих производствах установлено следующее:

1. Приоритетные направления для горных предприятий в области модернизации систем управления и безопасности наклонных подъемников для транспортирования горной массы – определение

назначения элементов системы по контролируемым параметрам и их взаимосвязь при оптимальном структурном исполнении составных частей системы.

2. В современных системах управления и безопасности наклонных подъемников для транспортирования горной массы при разработке месторождений вопросы технической реализации данных систем недостаточно рассмотрены и практически не решены.

3. Реализация комплексного подхода на основе системного анализа к выполнению указанных задач позволит решить проблему информационной, конструктивной, эксплуатационной и эргономической совместимости разнородных систем и аппаратуры.

Список литературы

1. Журавлев А.Г., Чендырев М.А. Обоснование эффективных условий применения карьерных наклонных канатных подъемников на базе компьютерного моделирования // Горн. информац.-аналит. бюл. 2021. № 5. С. 309–321.
2. Бурмистров К.В., Колодюк А.А., Аргимбаев К.Р. Выбор комплексов оборудования для производства выемочно-погрузочных работ в стесненных условиях нижних горизонтов карьеров // Вестн. Магнитогор. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. 2010. № 1 (29). С. 22–25.
3. Выбор комплекса горнотранспортного оборудования для карьеров по добыче известняка в сложных горнотехнических условиях / А.Н. Волокитин, К.С. Наумов, К.В. Бурмистров и др. // Рациональное освоение недр. 2021. № 5. С. 59–65.
4. Чендырев М.А. Оценка конструктивных параметров наклонных карьерных подъемников // Проблемы недропользования. 2020. № 2. С. 37–49.
5. Попов Ю.В. Повышение эффективности комплексов многоканатных подъемов с наземным расположением подъемных машин : автореф. дис. ... д-ра. техн. наук. Екатеринбург, 2010. 34 с.
6. Чендырев М.А., Журавлев А.Г. Техничко-экономические параметры транспортирования горной массы из карьера автомобильным наклонным карьерным подъемником // Черная металлургия. Бюл. науч.-техн. и эконом. информ. 2018. № 1. С. 33–36.
7. Эффективность автомобильно-клетевых подъёмников АНК-120 на глубоких карьерах / А.Г. Сисин, В.И. Белобров, М.А. Файнблит и др. // Горный журнал. 1995. № 6. С. 19–21.
8. Чендырев М.А., Журавлев А.Г. Особенности конструкции автомобильной карьерной наклонной подъемной установки // Проблемы недропользования. 2017. № 2. С. 133–142.
9. Садыков Е.Л. Повышение эффективности многоканатных наклонных подъемных установок. Екатеринбург : УГ-ГУ, 2011. 159 с.
10. Кулешов А.А. Тарасов Ю.Д. Автомобильный карьерный подъемник с автономным приводом // Изв. высш. учеб. заведений. Горный журнал. 2001. № 1. С. 53–56.
11. А.с. 839967 СССР. Шахтный многоканатный подъемник / В.И. Вавиловский, И.С. Назаренко, А.А. Сорокин и др. № 2813637/22-03 ; заявл. 03.09.1979 ; опубл. 23.06.1981, Бюл. № 23. 3 с.
12. Пат. 2636634 Рос. Федерация. Крутонаклонная конвейерная установка для открытой горной выработки / Клаус Верре, Франц М. Вольперс, Детлеф Папажевски и др. № 2014132232 ; заявл. 30.01.2013 ; опубл. 24.11.2017, Бюл. № 33. 29 с.
13. Пат. 2069637 Рос. Федерация. Устройство для транспортирования грузов / А.Ю. Макеев, А.П. Комиссаров. № 93008412 ; заявл. 09.02.1993 ; опубл. 20.04.1995.
14. Способы повышения производительности горнотранспортного комплекса глубокого карьера / И.С. Маренков, М.С. Иванов, О.И. Ефимова и др. // Евразийский союз ученых. 2015. № 6-2 (15). С. 136–140.
15. Wolpers F. Thyssenkrupp's Skip Way System offers an alternative // Engineering and mining journal. 2016. №1. P. 32–38.
16. Siemug Trucklift system // Yumpu : site. URL:<https://www.yumpu.com/en/document/view/53586475/trucklift-system> (access date: 15.07.2022).
17. Пат. 186195 Рос. Федерация. Карьерное подъемное устройство / А.А. Гоготин, В.Н. Калмыков, С.Е. Гавришев и др. № 2017121812 ; заявл. 21.06.2017 ; опубл. 11.01.2019, Бюл. № 2. 6 с.
18. Обоснование технологических схем транспортирования горной массы с применением карьерных подъемников при разработке месторождений открытоподземным способом / С.Е. Гавришев, К.В. Бурмистров, С.Н. Корнилов и др. // Горный журнал. 2016. № 5 (2226). С. 41–47.
19. Обоснование целесообразности применения крутонаклонных подъемников в карьере при комбинированном способе разработки месторождения / С.Е. Гавришев, К.В. Бурмистров, В.А. Кидяев и др. // Горн. информац.-аналит. бюл.. 2012. № 6. С. 165–172.
20. Пахомов П.И. Методы и технические средства повышения безопасности эксплуатации рудничных подъемов. Бишкек : Кырг.-Рос. Славян. ун-т, 2000. 59 с.

21. Гришко А.П. Стационарные машины. Т. 1. Рудничные подъемные установки. М : Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2006. 477 с.
22. Лазуга И.В., Сухарев Р.Ю. Приборы и автоматизированные системы безопасности грузоподъемных машин и механизмов. Омск : СибАДИ, 2019. 232 с.
23. Гроза Л. О технологических защитах // Современные технологии автоматизации. 2014. № 1. С. 90–97.

References

1. Zhuravlev A.G., Chendyrev M.A. Obosnovaniye effektivnykh uslovii primeneniya kar'ernykh naklonnykh kanatnykh pod'emnikov na baze komp'yuternogo modelirovaniya [Substantiation of effective conditions for the use of open-pit inclined cable hoists based on computer simulation]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining information and analytical bulletin], 2021, no. 5, pp. 309–321.
2. Burmistrov K.V. Kolonyuk A.A., Argimbaev K.R. Vybora kompleksov oborudovaniya dlya proizvodstva vyemochpopogruzochnykh rabot v stesnennykh usloviyakh nizhnikh gorizontov kar'erov [The choice of equipment complexes for the production of excavation and loading operations in the constrained conditions of the lower horizons of quarries]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov], 2010, no. 1 (29), pp. 22–25.
3. Volokitin A.N., Naumov K.S., Burmistrov K.V., Sokolovskaya O.A., Pikalov V.A. Vybora kompleksa gornotransportnogo oborudovaniya dlya kar'erov po dobyche izvestnyaka v slozhnykh gornotekhnicheskikh usloviyakh [The choice of a complex of mining and transport equipment for limestone quarries in difficult mining conditions]. *Ratsional'noe osvoenie nedr* [Rational development of mineral resources], 2021, no. 5, pp. 59–65.
4. Chendyrev M.A. Otsenka konstruktivnykh parametrov naklonnykh kar'ernykh pod'emnikov [Estimation of design parameters of inclined mining hoists]. *Problemy nedropol'zovaniya* [Subsoil use problems], 2020, no. 2, pp. 37–49.
5. Popov Yu.V. Povyshenie effektivnosti kompleksov mnogokanatnykh pod'emov s nazemnym raspolozheniem pod'emnykh mashin [Improving the efficiency of multi-rope hoist complexes with ground-based hoisting machines]. Doctor's thesis. Ekaterinburg, 2010. 34 p.
6. Chendyrev M.A., Zhuravlev A.G. Tekhniko-ekonomicheskie parametry transportirovaniya gornoj massy iz kar'yera avtomobil'nykh naklonnykh kar'ernykh pod'emnikov [Technical and economic parameters of transportation of rock mass from a quarry by an automobile inclined quarry lift]. *Byulleten' «Chernaya metallurgiya»* [Bulletin «Ferrous metallurgy»], 2018, no. 1, pp. 33–36.
7. Sisin A.G., Belobrov V.I., Fainblit M.A., Akishev A.N. Effektivnost' avtomobil'no-klet'evykh pod'emnikov ANK-120 na glubokikh kar'erakh [Efficiency of ANK-120 car-cage lifts in deep quarries]. *Gornyi zhurnal* [Mining Magazine], 1995, no. 6, pp. 19–21.
8. Chendyrev M.A., Zhuravlev A.G. Osobennosti konstruktivnykh avtomobil'noi kar'erno naklonnoi pod'emnoi ustanovki [Design features of the automotive quarry inclined lifting unit]. *Problemy nedropol'zovaniya* [Problems of subsurface use], 2017, no. 2, pp. 133–142.
9. Sadykov E.L. Povyshenie effektivnosti mnogokanatnykh naklonnykh pod'emnykh ustanovok [Improving the efficiency of multi-channel inclined lifting installations]. Ekaterinburg: UGGU Publ., 2011. 159 p.
10. Kuleshov A.A., Tarasov Yu.D. Avtomobil'nyi kar'ernyi pod'emnik s avtonomnym privodom [Car quarry lift with autonomous drive]. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal* [Bulletins of high educational organizations. Mining magazine], 2001, no. 1, pp. 53–56.
11. Vavilovskii V.I., Nazarenko I.S., Sorokin A.A., Yastrebov S.S., Karpov M.N., Vavilovskii V.V., Bogdanov Yu.V. Copyright certificate SU 839967 A1, 23.06.1981.
12. Verre Klaus, Vol'pers Frants M., Papazhevskii Detlef, Raats Viktor. Patent RU 2636634 C2, 24.11.2017.
13. Makeev A.Yu., Komissarov A.P. Patent RU 2069637 C1, 20.04.1995.
14. Marenkov I.S., Ivanov M.S., Efimova O.I., Bukina V.V., Andreev M.N. Sposoby povysheniya proizvoditel'nosti gornotransportnogo kompleksa glubokogo kar'era [Ways to increase the productivity of the mining and transport complex of a deep quarry]. *Evraziiskii soyuz uchenykh* [Eurasian Union of Scientists], 2015, no. 6–2 (15), pp. 136–140.
15. Franz Wolpers. Thyssenkrupp's Skip Way System offers an alternative. *Engineering and mining journal*, 2016, no. 1, pp. 32–38.
16. Siemug Trucklift system (Electronic resource). Available at: <https://www.yumpu.com/en/document/view/53586475/trucklift-system> (Accessed July 15, 2022).
17. Gogotin A.A., Kalmykov V.N., Gavrishev S.E., Burmistrov K.V. Patent RU 186195 U1, 11.01.2019.
18. Gavrishev S.E., Burmistrov K.V., Kornilov S.N., Tomilina N.G. Obosnovanie tekhnologicheskikh skhem transportirovaniya gornoj massy s primeneniem kar'ernykh pod'emnikov pri razrabotke mestorozhdenii otkrytopodzemnym sposobom [Substantiation of technological schemes for transporting rock mass using quarry lifts in the development of deposits by the open-ground method]. *Gornyi zhurnal* [Mining magazine], 2016, no. 5 (2226), pp. 41–47.
19. Gavrishev S.E., Burmistrov K.V., Kidyayev V.A., Tomilina N.G. Obosnovanie tselesoobraznosti primeneniya krutona-klonnykh pod'emnikov v kar'ere pri kombinirovannom sposobе razrabotki mestorozhdeniya [Justification of the expediency of using steeply inclined lifts in a quarry with a combined method of developing a deposit]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining information and analytical bulletin], 2012, no. 6, pp. 165–172.
20. Pakhomov P.I. Metody i tekhnicheskie sredstva povysheniya bezopasnosti ekspluatatsii rudnichnykh pod'emov [Methods and technical means for improving the safety of operation of mine hoists]. Bishkek: Kyrgyzsko-Rossiiskii Slavyanskii universitet Publ., 2000. 59 p.
21. Grishko A.P. Statsionarnye mashiny. Tom 1. Rudnichnye pod'emnye ustanovki [Stationary machines. Vol. 1. Mine lifting installations]. Moscow: MGGU Publ., 2006. 477 p.

22. Lazuta I.V., Sukharev R.Yu. Pribory i avtomatizirovannyye sistemy bezopasnosti gruzopod’emnykh mashin i mekhanizmov [Devices and automated safety systems for lifting machines and mechanisms]. Omsk: SibADI Publ., 2019. 232 p.

23. Groza Leonid. O tekhnologicheskikh zashchitakh [About technological protections]. *Sovremennyye tekhnologii avtomatizatsii* [Modern automation technologies], 2014, no. 1, pp. 90–97.

Информация об авторах

Великанов Владимир Семенович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры подъемно-транспортных машин и роботов, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург; e-mail: rizhik_00@mail.ru.

Гришин Игорь Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск; e-mail: igorgri@mail.ru.

Дёрина Наталья Владимировна, кандидат филологических наук, доцент кафедры иностранных языков по техническим направлениям, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск; e-mail: nataljapidckaluck@yandex.ru.

Лукашук Алёна Дмитриевна, кафедра подъемно-транспортных машин и роботов, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург; e-mail: alenka_lukashuk@mail.ru.

Information about the authors

Vladimir S. Velikanov, Doctor of Engineering Science, Associate Professor, Professor of the Department of Lifting and transport machines and robots, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg; e-mail: rizhik_00@mail.ru.

Igor A. Grishin, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, head of the Department of Geology, Surveying and Mineral Processing, Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Magnitogorsk; e-mail: igorgri@mail.ru.

Natal'ya V. Derina, Ph.D. in Philology, Associate Professor of the Department of Foreign languages in technical areas, Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Magnitogorsk; e-mail: nataljapidckaluck@yandex.ru.

Alena D. Lukashuk, Department of Lifting and transport machines and robots, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg; e-mail: alenka_lukashuk@mail.ru.