

УДК (UDC) 608.4

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БРЯНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА В 2023 ГОДУ В СФЕРЕ РАЗВИТИЯ КАНАТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ

THE RESULTS OF SCIENTIFIC RESEARCH OF BRYANSK STATE UNIVERSITY IN 2023 IN THE FIELD OF ROPE TECHNOLOGIES DEVELOPMENT FOR VARIOUS SECTORS OF THE ECONOMY

Гончаров К.А.
Goncharov K.A.Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского (Брянск, Россия)
Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University (Bryansk, Russian Federation)

Аннотация. В статье представлены результаты научно-исследовательской деятельности в 2023 году ученых Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского в области разработки перспективных отечественных образцов конструкций однопролетных мобильных канатных дорог различного исполнения - на основе автономных самоходных колесных шасси высокой грузоподъемности и проходимости и на основе аэромобильных установок модульного типа. Также представлены результаты создания научно обоснованных методов их проектирования и компьютерного моделирования рабочих процессов при эксплуатации. В статье описаны результаты создания теории проектирования и моделирования рабочих процессов для универсальных машин-харвестеров, оснащенных канатным анкерным оборудованием, для проведения лесозаготовительных работ при работе на крутых склонах в условиях сильно пересеченной или гористой местности.

Ключевые слова: мобильная канатная дорога, аэромобильная канатная установка, самоходное шасси, канатное анкерное оборудование.

Дата получения статьи: 17.01.2024

Дата принятия к публикации: 18.02.2024

Дата публикации: 25.03.2024

Сведения об авторе:

Гончаров Кирилл Александрович – доктор технических наук, доцент, проректор по инновационному развитию, информатизации и цифровой трансформации ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», e-mail: goncharov_bgu@mail.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5895-1162>

Abstract. The article presents the results of research activities in 2023 by scientists of the Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University in the field of developing promising domestic designs of single-span mobile ropeways of various designs - based on autonomous self-propelled wheeled chassis with high load capacity and cross-country ability and based on modular airmobile units. The results of the creation of scientifically based methods for their design and computer modeling of operational processes are also presented. The article describes the results of the creation of a theory of design and modeling of work processes for harvesters equipped with rope anchoring equipment for logging operations when working on steep slopes in highly rugged or mountainous terrain.

Keywords: mobile ropeway, airmobile rope unit, self-propelled chassis, rope anchoring equipment.

Date of manuscript reception: 17.01.2024

Date of acceptance for publication: 18.02.2024

Date of publication: 25.03.2024

Author's information:

Kirill A. Goncharov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Innovative Development, Informatization and Digital Transformation at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University, e-mail: goncharov_bgu@mail.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5895-1162>

1. Введение

Приоритетным направлением научно-теоретических и научно-практических исследований ученых Брянского государственного университета имени академика И.Г.

Петровского в сфере развития канатных технологий для различных отраслей российской экономики является разработка перспективных отечественных образцов конструкций однопролетных мобильных канатных дорог различного исполнения - на основе автоном-

ных самоходных колесных шасси высокой грузоподъемности и проходимости и на основе аэромобильных установок модульного типа, а также образцов конструкций канатного анкерного оборудования применительно к универсальным машинам-харвестерам для их удержания на крутом склоне при проведении лесозаготовительных работ в условиях сильно пересеченной или гористой местности.

Указанные исследования проводятся в соответствии с планами развития научной деятельности университета и научно-исследовательской лаборатории транспортно-логистических роботизированных технологий и комплексов безопасной урбанизированной среды [1]. Как и в предыдущие годы [2-5], разработки исследователей БГУ им. акад. И.Г. Петровского применительно к указанным типам канатных машин и систем, исследования которых практически начались только в последние годы, занимают лидирующие позиции.

Специалисты НИЛ «Транспортно-логистические роботизированные технологии и комплексы безопасной урбанизированной среды» в 2023 году продолжали развивать перспективные исследования по разработке цифровых двойников мобильных транспортно-перегрузочных канатных систем и комплексов в рамках поддержанного Российским научным фондом проекта № 22-29-00798 «Создание научных основ разработки цифровых двойников мобильных канатных транспортно-перегрузочных систем для работы в зонах чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера» под руководством доктора технических наук И.А. Лагерев. Работы в этом направлении были начаты еще в предыдущие годы [6, 7].

Результаты исследований мобильных канатных транспортно-перегрузочных систем на базе автономных самоходных колесных шасси высокой грузоподъемности и проходимости для оперативного развертывания однопролетных мобильных канатных дорог маятникового типа были обобщены и опубликованы как главы [8, 9] в рамках двух монографий [10, 11] из серии книг «Energy, Environment, and Sustainability (ENENSU)» издательства Springer.

Также в 2023 году специалистами НИЛ «Транспортно-логистические роботизированные технологии и комплексы безопасной урбанизированной среды» продолжались исследования машин, оснащенных анкерными канатными устройствами, для проведения лесозаготовительных работ на крутых склонах в сложных природных условиях. Они проводились в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук и докторов наук «Разработка научных основ моделирования рабочих процессов и оптимального проектирования роботизированных машин для лесозаготовки на склонах с использованием канатных систем для позиционирования рабочего органа и вывоза древесины» (научный руководитель - доктор технических наук И.А. Лагерев). Работы в этом направлении также были начаты еще в предыдущие годы [12-15].

В 2023 году нашли успешное продолжение начатые ранее в 2022 году [16] исследования в области нового вида канатных транспортно-логистических систем – однопролетных мобильных канатных дорог маятникового типа на базе аэромобильных канатных установок контейнерного и рамного конструктивного исполнения. Результаты исследований ученых БГУ имени академика И.Г. Петровского применительно к этому виду канатных систем были обобщены в монографии [17].

В связи с высокой вычислительной сложностью разработанных расчетных методов были созданы и защищены как объекты интеллектуальной деятельности, правообладателем которых является БГУ им. акад. И.Г. Петровского, компьютерные программы [18-21], позволяющие обеспечить современный уровень автоматизации проектирования (включая оптимальное проектирование) и подготовки производства.

Результаты научно-исследовательской деятельности в 2023 году ученых Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского в сфере разработки и развития перспективных видов канатных транспортных технологий применительно к различным отраслям современной экономики,

успешно проводимые в Брянском государственном университете имени академика И.Г. Петровского, представляют интерес не только для российских, но также и для зарубежных профильных ученых и специалистов. Это подтверждается публикацией результатов рассмотренных выше исследований в иностранных научных журналах, индексируемых в авторитетных наукометрических базах Scopus и Web of Science [8, 9, 22, 23, 24], или в трудах научных иностранных конференций, в частности, в [25-29].

2. Мобильные транспортно-перегрузочные канатные комплексы

Важное методологическое значение для развития общей концепции проектирования и эксплуатации мобильных канатных дорог на базе мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов имеет работа [30]. В статье представлены и проанализированы возможные альтернативные варианты однопролетных мобильных канатных дорог на базе мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов. На основании результатов сравнительного анализа установлен наиболее предпочтительный вариант - однопролетная одноканатная мобильная канатная дорога маятникового типа с несущее-тяговой канатной системой в виде замкнутого несущее-тягового каната с двумя параллельно расположенными ветвями. Также рассмотрено типовое конструктивное исполнение наиболее предпочтительного варианта и описан принцип его работы, а также перечислены основные узлы и механизмы основного технологического оборудования, которое должно входить в состав мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов.

В 2023 году в центре внимания продолжали оставаться исследования, направленные на разработку перспективных конструкций мобильно-транспортных перегрузочных канатных комплексов [8, 31] и вспомогательного оборудования канатных систем однопролетных мобильных канатных дорог [32].

В [8] представлены основные перспективные типы конструктивного оформления мобильных транспортно-перегрузочных ка-

натных комплексов и варианты размещения основного технологического оборудования несущее-тяговой канатной системы на многососных колесных шасси, описаны принципы работы механизмов на этапе разворачивания из транспортного положения в рабочее положение и в процессе эксплуатации.

С помощью патента [31] была защищена конструкция самоходной концевой станции мобильной канатной дороги. Самоходная концевая станция в виде оборудованного аутригерами и анкерами мобильного колесного шасси высокой грузоподъемности и проходимости предназначена для применения с другим аналогичным шасси в составе мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса. Она содержит приводной и натяжной механизмы, закрепленную на ее несущей раме концевую опору с расположенным на ней канатным шкивом и огибающий канатный шкив замкнутый натянутый несущее-тяговой канат с прицепными устройствами для подвески транспортируемых грузов. Новым техническим решением является то, что на оголовке концевой опоры расположены направляющие канатные ролики для поддержания обеих ветвей несущее-тягового каната, а узел крепления канатного шкива к концевой опоре расположен в ее нижней части, причем угол между плоскостью профилированного ручья канатного шкива и продольной осью концевой опоры составляет менее 45° , обеспечивая сопряжение набегающей и сбегавшей ветвей несущее-тягового каната на канатный шкив без перекоса относительно плоскости профилированного ручья канатного шкива. Общий вид указанной самоходной концевой станции показан на рис. 1. Технико-экономические преимущества данной конструкции обусловлены переносом приводного канатного шкива и сопутствующих ему конструктивных элементов механизма перемещения несущее-тягового каната с оголовка концевой опоры в зону крепления концевой опоры к несущей раме самоходного шасси, а также исключением из конструкции самоходной концевой станции механизма пространственной ориентации канатного шкива, который используется в аналогичных устройствах [33]. Пе-

ренос канатного шкива позволяет частично разгрузить среднюю и верхнюю часть несущей металлоконструкции концевой опоры, что при сохранении жесткостных параметров опоры позволяет снизить ее массо-габаритные характеристики. Также снижение на 20...30 кН·м величины опрокидывающего момента при подъеме концевой опоры из транспортного положения в рабочее положение позволяет на 20...30 % снизить исходную величину указанного момента [33], что позволяет использовать гидропривод с меньшей на те же 20...30 % мощностью, т.е. использовать в гидроприводе объемные насосы меньшего типоразмера и стоимости [34]. Также улучшаются условия контроля эксплуатационного состояния и технического обслуживания ответственных узлов самоход-

ной концевой станции со стороны эксплуатационного персонала, что способствует повышению безотказности и безопасности работы канатной дороги. Исключение механизма пространственной ориентации канатного шкива однозначно положительно влияет на повышение количественных характеристик надежности и снижение стоимости технического обслуживания самоходной концевой станции [35], причем благоприятные условия сопряжения несущего каната с профилированным ручьем канатного шкива не только сохраняются, но и обеспечиваются более надежно в связи с жесткой фиксацией условий набегания каната на шкив (исключены динамические процессы, требовавшие постоянной подстройки пространственной ориентации шкива).

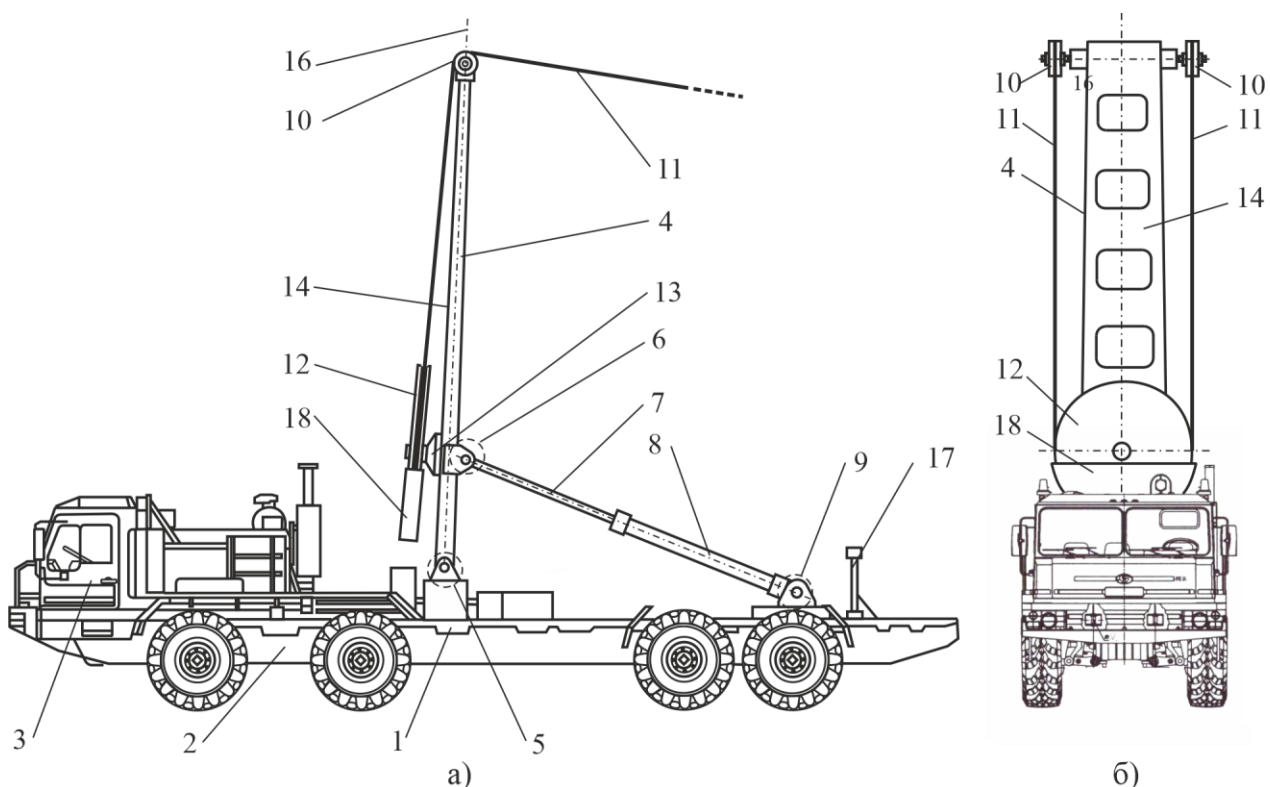


Рис. 1. Общий вид самоходной концевой станции с расположением канатного шкива в нижней части концевой опоры [31]: а – вид сбоку; б – вид спереди

- (1 – надрамная конструкция; 2 – несущая рама; 3 – самоходная концевая станция; 4 – концевая опора; 5, 6, 9 – цилиндрический шарнир; 7 – шток; 8 – подъемный гидроцилиндр; 10 – направляющий ролик; 11 – несуще-тяговый канат; 12 – канатный шкив; 13 – подшипниковый узел; 14 – боковая стенка; 15 – профилированный ручей; 16 – продольная ось; 17 – транспортная стойка;

С помощью патента [32] была защищена конструкция быстроразъемного устройства для соединения канатов мобильных канатных комплексов маятникового типа, которое

содержит разъемный корпус из двух прямоугольных половин в виде толстостенных пластин с канавками плавной зигзагообразной формы для укладки концов соединяемых

канатов, глубина которых меньше диаметра соединяемых канатов, и стяжные болты для прижатия и фиксации половин корпуса. Новым техническим решением является то, что устройство содержит два идентичных разъемных корпуса и короткий вспомогательный канат, в одной из прямоугольных пластин этих корпусов выполнены две параллельно расположенные канавки, одна из которых предназначена для укладки конца соединяемого каната, а вторая предназначена для укладки конца вспомогательного каната, причем вторая прямоугольная пластина корпуса выполнена разрезной из двух идентичных прижимных элементов, имеющих в плане прямоугольную форму и расположенных симметрично относительно продольной оси разъемного корпуса. В качестве варианта ис-

полнения устройства также предусмотрено, что продольные оси параллельных канавок могут быть расположены под углом к продольной оси разъемного корпуса, их входные отверстия должны быть расположены на продольной оси разъемного корпуса, причем с одной стороны корпуса расположено входное отверстие канавки для укладки конца соединяемого каната, с противоположной стороны расположено входное отверстие канавки для укладки конца вспомогательного каната, а прижимные элементы имеют в плане трапециевидальную форму и расположены кососимметрично относительно продольной оси разъемного корпуса. Общий вид указанного быстроразъемного устройства для соединения канатов показан на рис. 2.

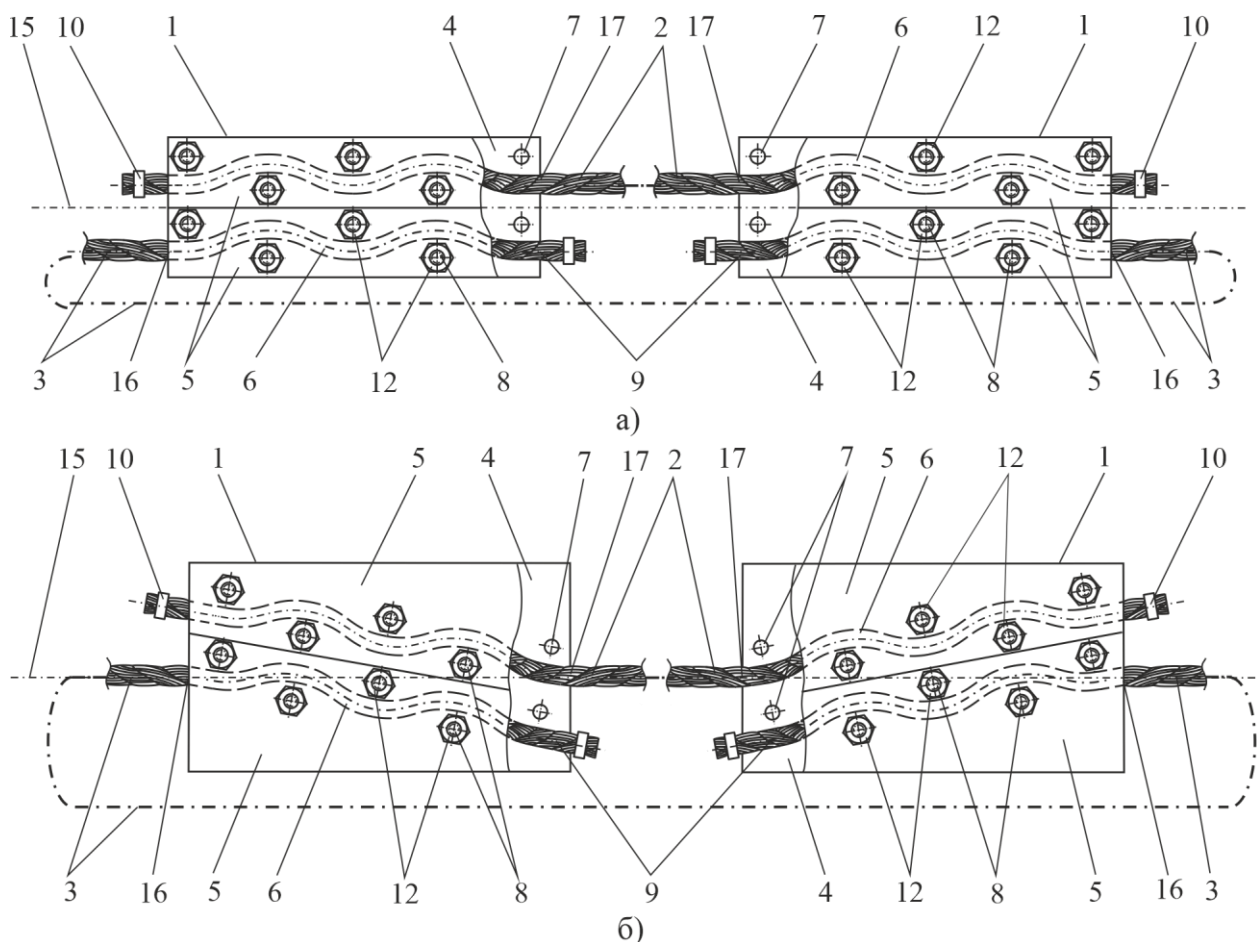


Рис. 2. Общий вид быстроразъемного устройства для соединения канатов мобильных канатных комплексов маятникового типа [32]: а – продольное расположение канавок;

б - наклонное расположение канавок

- (1 - разъемный корпус; 2 - вспомогательный канат; 3 - основной канат; 4 - пластина; 5 - прижимной элемент; 6 – канавка; 7 – отверстие; 8 - стяжной болт; 9 - соединяемый конец; 10 – втулка; 11 - пружинная шайба; 12 – гайка; 13 - органический сердечник; 14 - рабочая поверхность; 15 - продольная ось; 16 - входное отверстие; 17 - выходное отверстие)

Также были продолжены исследования, связанные с математическим моделированием конструкции и рабочих процессов в механизмах и системах мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов. В частности, в [8] представлены математические модели и расчетные методы, позволяющие выполнить оптимальную компоновку основного технологического оборудования на несущей раме колесных шасси и обеспечить выбор таких оптимальных характеристик расположения концевой опоры в транспортном положении, при которых для самоходных установок при их перемещении к месту эксплуатации соблюдаются нормативные ограничения на габаритные размеры транспортных средств для автомобильных дорог. Также представлены методы проектирования и расчета размещения на колесных шасси ключевых элементов перспективных вариантов конструктивного исполнения механизма установки и фиксации концевой опоры в ее крайних положениях. Дополнительные результаты содержатся в работе [36], посвященной силовому расчету механизма канатной фиксации концевой опоры мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса, и в работе [37], уточняющей предложенное ранее [38, 39] математическое выражение для аппроксимации статической упругой линии несущего каната при тяговом расчете однопролетных мобильных канатных дорог.

Комплекс компьютерных программ, формирующих систему программной реализации разрабатываемых математических методов проектирования и моделирования мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов, пополнился рядом новых программ: компьютерной программой [18], реализующей метод силового расчета механизма канатной фиксации концевой опоры мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса [36]; программой [19], реализующей метод построения закона частотного регулирования гидропривода мобильной канатной дороги с минимальным циклом перемещения [40]; программой [20], реализующей метод оптимального проектирования устройства для установки выносных опор самоход-

ных шасси мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов [41].

3. Аэромобильные канатные установки

Применение аэромобильных канатных установок для развертывания или перебазирования на новое место эксплуатации мобильных канатных дорог позволяет гибко использовать возможности современных видов грузового транспорта – воздушного, автомобильного, железнодорожного и водного [17]. Поэтому важное значение для создания концепции проектирования и применения однопролетных мобильных канатных дорог маятникового типа на базе аэромобильных канатных установок имеет работа [42], так как в ней сформулирован и обоснован принцип обеспечения универсальности габаритных размеров аэромобильных канатных установок в транспортном состоянии. Соблюдение данного принципа при проектировании аэромобильных канатных установок обеспечивает как гибкость разработки технологии доставки оборудования мобильных канатных дорог к месту их эксплуатации, так и гибкость выполнения работ по монтажу или демонтажу указанного оборудования на месте эксплуатации. На основе анализа технических характеристик универсальных транспортных контейнеров ИСО серии 1 и универсальных авиационных контейнеров, используемых в самолетах отечественных и зарубежных фирм-производителей, в статье были сформулированы рекомендации по выбору габаритных размеров аэромобильных канатных установок в транспортном состоянии, на которые целесообразно ориентироваться при проектировании и компоновке основного и сопутствующего технологического оборудования мобильных канатных дорог.

Исходя из учета сформулированного в [42] принципа обеспечения универсальности габаритных размеров аэромобильных канатных установок в транспортном состоянии, в исследованиях [43, 44] был выполнен анализ технико-организационных возможностей воздушного транспорта (применительно к вертолетам) и автомобильного транспорта

(применительно к самоходным специальным колесным шасси высокой проходимости и грузоподъемности) для развертывания мобильных канатных дорог на базе аэромобильных канатных установок.

Транспортировка аэромобильных канатных установок, включая необходимое основное и вспомогательное технологическое оборудование, к месту эксплуатации мобильных канатных дорог с помощью транспортных и многоцелевых вертолетов является ключевым методом их доставки. В [43] рассмотрены возможные модификации российских вертолетов и на основании анализа их технических характеристик (размеров грузовых отсеков, грузоподъемности, практической дальности) сделаны рекомендации по их использованию, исходя из требуемых габаритных размеров и веса аэромобильных канатных установок. Показана необходимость использования способа транспортировки оборудования преимущественно с помощью системы внешней подвески, рассмотрены условия использования транспортировки в грузовом отсеке вертолета. Предложены и проанализированы четыре возможных технологических способа использования вертолета для проведения операции по доставке аэромобильных канатных установок и сопутствующего оборудования к месту предполагаемого развертывания мобильной канатной дороги в зависимости от допустимого расстояния между пунктами загрузки и монтажа оборудования.

Транспортировка аэромобильных канатных установок к месту эксплуатации мобильных канатных дорог с помощью автомобильного транспорта также является эффективным методом их доставки. В [44] применительно к многоосным вездеходным автомобилям российского производства и на основании анализа их технических характеристик были сделаны рекомендации по их использованию, исходя из требуемых габаритных размеров и веса аэромобильных канатных установок. Базируясь на принципе обеспечения универсальности габаритных размеров аэромобильных канатных установок в транспортном состоянии для комбинированной транспортировки различными со-

временными видами наземного, воздушного и водного транспорта, были рассмотрены возможности использования автомобильного транспорта для перевозки аэромобильных канатных установок, габаритные размеры которых соответствуют размерам универсальных и авиационных транспортных контейнеров.

Изданная в 2023 году учеными Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского монография «Мобильные канатные дороги на базе аэромобильных канатных установок» [17] является первой в мировой инженерной практике объемной публикацией, посвященной разработке общей концепции создания перспективных конструкций, принципа работы и основам проектирования нового класса многоцелевого специального мобильного транспортного оборудования – автономных аэромобильных канатных установок с высокой оперативной готовностью, предназначенных для развертывания однопролетных одноканатных мобильных канатных дорог маятникового типа в сложных природных условиях. Авторами были предложены и проанализированы четырнадцать возможных альтернативных вариантов технологии перебазирования аэромобильных канатных установок, отличающиеся различным сочетанием и чередованием использования возможных видов транспортных средств с учетом географических и рельефных особенностей региона, технических, организационных и экономических возможностей, а также территориального размещения транспортной инфраструктуры (сети автомобильных или железных дорог, водных путей, наличия аэропортов или вертолетных площадок и др.). Также в монографии рассмотрены вопросы, связанные с методологической разработкой основных положений концепции создания указанного типа мобильного транспортного оборудования, включая подходы к формированию принципиального конструктивного решения и структурно-функциональной схемы подобных мобильных канатных дорог, способных обеспечить необходимую эффективность проведения транспортно-перегрузочных операций в заявленных условиях природных и режимных

эксплуатации; к формулированию общих принципов разработки транспортных технологий оперативного перебазирования и развешивания мобильных канатных дорог; к созданию комплексной математической модели однопролетной мобильной канатной дороги маятникового типа на базе аэромобильных канатных установок как основы для дальнейших исследований по созданию цельной научно-обоснованной теории данного вида транспортирующего оборудования.

4. Лесозаготовительные машины с анкерными канатными устройствами

Проводимые в 2023 году исследования в сфере проектирования и моделирования рабочих процессов применительно к лесозаготовительным машинам с анкерными канатными устройствами были преимущественно направлены на оценку и прогнозирование прочности ключевых конструктивных элементов этих устройств и моделирование динамики машин совместно с их анкерными устройствами в процессе выполнения технологических операций лесозаготовки при работе на крутых склонах. Итоги этих исследований были подведены в работе [45].

Оценка прочности опоры анкерного каната машины для лесозаготовки на склоне бы-

ла проведена в [46] (рис. 3). Были рассмотрены два варианта опор для крепления анкерного каната:

- использования в качестве опоры отдельно стоящего дерева [47];
- использования в качестве опоры стальной двутавровой балки, вертикально забиваемой в грунт [48].

Расчеты выполнялись с помощью аналитических зависимостей, а также методом конечных элементов. Было установлено, что средний диаметр деревьев в типичной зоне лесозаготовки (0,2...0,3 м) позволяет обеспечить надежное удержание лесозаготовительной машины для работы на склоне, так как обеспечивается предельная величина усилия на опоре 10...12 кН. Однако использование стальной двутавровой балки для закрепления машины на склоне является более эффективным, так как позволяет выдерживать в 2..4 раза большие нагрузки, чем отдельно стоящее дерево. В частности, максимальные перемещения точки крепления анкерного каната для опоры в виде балки-двутавра № 22 при деформации грунта типа крупного песка могут составлять 40 мм, а давление на грунт по передней кромке стальной балки - 267...450 МПа, что соответствует несущей способности грунтов.

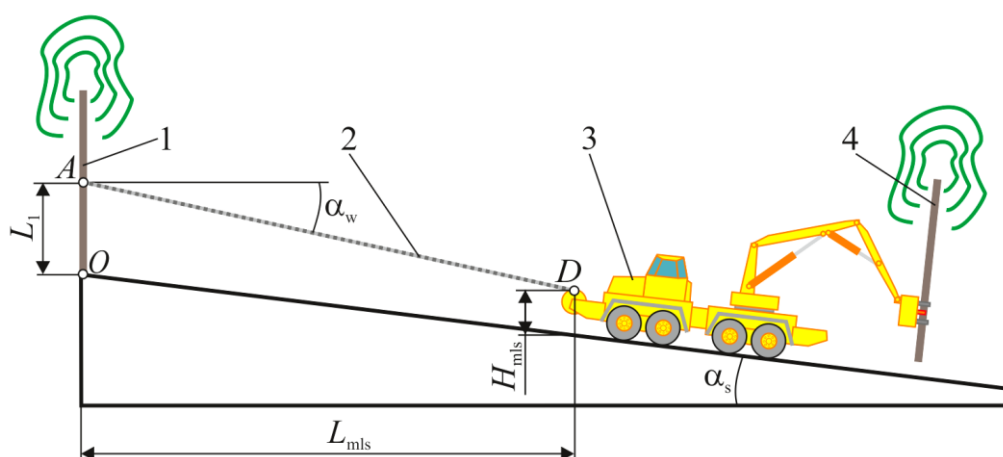


Рис. 3. Расчетная схема модели для оценки прочности опоры анкерного каната [46]
 (1 – анкерное дерево; 2 – анкерный канат; 3 – машина для лесозаготовки на склоне; 4 – спиленное дерево)

Различные аспекты динамики машин совместно с их анкерными устройствами в процессе выполнения технологических опе-

раций лесозаготовки при работе на крутых склонах были рассмотрены в [49-52].

В [50] был проведен сравнительный анализ двух вариантов конструктивного испол-

нения узла крепления лесозаготовительной машины к анкерной канатной системе:

- посредством закрепления анкерного каната на специальной тяговой лебедке, непосредственно установленной на несущей раме лесозаготовительной машины;

- посредством закрепления анкерного каната на специальной тяговой лебедке, установленной на дополнительном самоходном модуле.

Результаты анализа позволили сделать вывод о том, что динамические характеристики системы «лесозаготовительная машина – анкерная канатная система» оказываются практически одинаковыми.

Представленные в [51, 52] исследования были посвящены проблеме снижения динамических нагрузок, возникающих в анкерном канате в процессе работы лесозаготовительной машины. Авторы рассмотрели вариант с установкой дополнительного демпфирующего устройства на опоре анкерного каната, для чего разработали соответствующую динамическую математическую модель и на ее основе выполнили анализ влияния количественных параметров демпфера на амплитуду динамических напряжений в канате. Результаты численного моделирования показали, что установка демпфера возле опоры анкерного каната позволяет на 10% снизить величину максимальных динамических усилий в канате, причем частота колебаний также снижается.

5. Заключение

Результаты исследований, проводимых учеными Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского в области разработки перспективных отечественных образцов конструкций однопролетных мобильных канатных дорог различного исполнения - на основе автономных самоходных колесных шасси высокой грузоподъемности и проходимости и на основе аэромобильных установок модульного типа, под-

тверждают и научно обосновывают те практически значимые технико-экономические достоинства указанного оборудования, которые позволяют рассматривать его в качестве перспективного вида оборудования для реализации современных транспортно-логистических технологий грузовых и пассажирских перевозок, а также для многоцелевого использования в разнообразных чрезвычайных ситуациях.

Также перспективным видом технологического оборудования с использованием канатных технологий являются лесозаготовительные машины для проведения необходимых работ на лесосеках со сложными природными условиями, в частности, при работе на крутых склонах. Можно прогнозировать, что актуальность разработки таких машин, снабженных канатными анкерными устройствами, в дальнейшем будет только возрастать. Это обусловлено тем фактом, в настоящее время в связи с истощением традиционных источников отмечается повышение сложности добычи природных ресурсов. Это относится не только к добыче энергоносителей (газа, нефти или угля), но и к заготовке леса, так как значительные территории, перспективные для осуществления лесозаготовительной деятельности, расположены в сильно пересеченной и гористой местности на крутых склонах, в местах с частичным наличием сильно переувлажненных грунтов, заболоченности и топей [53].

Представленные в данной статье результаты научных исследований ученых Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, активно участвующих не только в научно-исследовательской, но и образовательной деятельности учебного заведения, на примере указанного вуза подтверждают тезис о наличии значительного научного интеллектуального потенциала, сосредоточенного в стенах российских университетов, и о синергетическом эффекте взаимовлияния научных и образовательных процессов [54].

Список литературы

1. Научно-исследовательская лаборатория транспортно-логистических роботизированных технологий и комплексов безопасной урбанизированной среды. Режим доступа: <https://brgu.ru/science/general-information/nauchnye-podrazdeleniya/nil-transportno-logisticheskie-robotizirovannye-tekhnologii-/> (дата обращения 22.01.2024).

2. Степченко Т.А., Бабич О.В. Результаты научных исследований Брянского государственного университета в 2019 году в сфере транспортно-логистических технологий и машин для урбанизированной среды // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2020. № 1. С. 120-135. DOI: 10.22281/2413-9920-2020-06-01-120-135.

3. Степченко Т.А., Бабич О.В. Результаты научных исследований Брянского государственного университета в сфере мобильных транспортно-перегрузочных канатных систем и комплексов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2021. № 1. С. 9-29. DOI: 10.22281/2413-9920-2021-07-01-09-29

4. Степченко Т.А., Бабич О.В. Результаты научных исследований Брянского государственного университета в 2021 году в сфере проектирования и моделирования рабочих процессов в мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексах // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2022. № 1. С. 7-26. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-07-26

5. Степченко Т.А., Бабич О.В. Результаты научных исследований Брянского государственного университета в 2022 году в сфере создания мобильных канатных дорог и лесных канатных машин на базе самоходных колесных шасси // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2023. № 1. С. 9-27. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-01-9-27

6. Лагереv И.А., Таричко В.И., Панфилов А.В. Методика создания и применения цифрового двойника мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса // Advanced Engineering Research. 2020. Т.

References

1. *Research laboratory of transport and logistics robotic technologies and complexes of a safe urbanized environment* [site]. Available at: <https://brgu.ru/science/general-information/nauchnye-podrazdeleniya/nil-transportno-logisticheskie-robotizirovannye-tekhnologii-/> (accessed 03 Apr. 2024). (In Russian)

2. Stepchenko T.A., Babich O.V. The results of scientific research of the Bryansk State University in 2019 in the field of transport and logistics technologies and machines for the urban environment. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2020, No.1, pp. 120-135. DOI: 10.22281/2413-9920-2020-06-01-120-135. (In Russian)

3. Stepchenko T.A., Babich O.V. Results of scientific research of Bryansk State University in the sphere of mobile transportation and handling rope systems and ropeways. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2021, No.1, pp. 9-29. DOI: 10.22281/2413-9920-2021-07-01-09-29. (In Russian)

4. Stepchenko T.A., Babich O.V. The results of scientific research of Bryansk State University in 2021 in the field of design and modeling of work processes in mobile transport and overloading rope complexes. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2022, No.1, pp. 7-26. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-07-26. (In Russian)

5. Stepchenko T.A., Babich O.V. The results of Bryansk State University scientific research in 2022 in the field of creation of mobile ropeways and forest rope units based on self-propelled wheeled chassis. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2023, No.1, pp. 9-27. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-01-09-27. (In Russian)

6. Lagerev I.A., Tarichko V.I., Panfilov A.V. Methods of creating and using a digital twin of a mobile transport and transshipment rope complex. *Advanced Engineering Research*, 2020, Vol.20, No.3, pp. 243-251. DOI: 10.23947/2687-1653-2020-20-3-243-251. (In Russian)

20. №3. С. 243-251. DOI: 10.23947/2687-1653-2020-20-3-243-251.

7. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Общий подход к созданию цифровых двойников мобильных канатных дорог на основе мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2022. № 1. С. 38-60. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-38-60

8. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Mobile aerial ropeways based on autonomous self-propelled chassis: designs and operation. In: Sharma S.K., Upadhyay R.K., Kumar V., Valera H. (eds). Transportation Energy and Dynamics. Energy, Environment, and Sustainability. Springer, Singapore. 2023. P. 355-380. DOI: 10.1007/978-981-99-2150-8_15

9. Lagerev, A.V., Lagerev, I.A. Mobile Aerial Ropeways Based on Autonomous Self-propelled Chassis: Layout of Technological Equipment. In: Upadhyay, R.K., Sharma, S.K., Kumar, V., Valera, H. (eds). Transportation Systems Technology and Integrated Management. Energy, Environment, and Sustainability. Springer, Singapore. 2023. P. 253-285. DOI: 10.1007/978-981-99-1517-0_12

10. Transportation Energy and Dynamics. Energy, Environment, and Sustainability (Springer book series (ENENSU)) / Sharma S.K., Upadhyay R.K., Kumar V., Valera H. (eds). Springer, Singapore, 2023. 513 p. DOI: 10.1007/978-981-99-2150-8_15

11. Transportation Systems Technology and Integrated Management. Energy, Environment, and Sustainability (Springer book series (ENENSU)) / Upadhyay R.K., Sharma S.K., Kumar V., Valera H. (eds). Springer, Singapore, 2023. 489 p. DOI: 10.1007/978-981-99-1517-0_12

12. Лагерев И.А., Химич А.В., Шкурманова С.С. Подходы к имитационному моделированию рабочих процессов канатной лесозаготовительной машины для работы на склонах // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2022. №2. С. 125-130. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-02-125-130

13. Химич А.В., Лагерев И.А. Исследование динамической нагруженности мо-

7. Lagerev A.V., Lagerev I.A. A general approach to the creation of digital twins of mobile ropeways based on mobile transport and reloading rope units. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2022, No.1, pp. 38-60. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-38-60 (In Russian)

8. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Mobile aerial ropeways based on autonomous self-propelled chassis: designs and operation. In: Sharma S.K., Upadhyay R.K., Kumar V., Valera H. (eds). Transportation Energy and Dynamics. Energy, Environment, and Sustainability. Springer, Singapore. 2023. P. 355-380. DOI: 10.1007/978-981-99-2150-8_15

9. Lagerev, A.V., Lagerev, I.A. Mobile Aerial Ropeways Based on Autonomous Self-propelled Chassis: Layout of Technological Equipment. In: Upadhyay, R.K., Sharma, S.K., Kumar, V., Valera, H. (eds). Transportation Systems Technology and Integrated Management. Energy, Environment, and Sustainability. Springer, Singapore. 2023. P. 253-285. DOI: 10.1007/978-981-99-1517-0_12

10. Transportation Energy and Dynamics. Energy, Environment, and Sustainability (Springer book series (ENENSU)) / Sharma S.K., Upadhyay R.K., Kumar V., Valera H. (eds). Springer, Singapore, 2023. 513 p. DOI: 10.1007/978-981-99-2150-8_15

11. Transportation Systems Technology and Integrated Management. Energy, Environment, and Sustainability (Springer book series (ENENSU)) / Upadhyay R.K., Sharma S.K., Kumar V., Valera H. (eds). Springer, Singapore, 2023. 489 p. DOI: 10.1007/978-981-99-1517-0_12

12. Lagerev I.A., Khimich A.V., Shkurmanova S.S. Approaches to simulation modeling of working processes of a rope logging machine for working on slopes. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2022, No.2, pp. 125-130. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-02-125-130 (In Russian)

13. Khimich A.V., Lagerev I.A. The dynamic loading study of a mobile transport and technological machine, placed on a slope. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo*

бильной канатной транспортно-технологической машины, размещенной на склоне // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2022. №2. С. 159-164. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-02-159-164

14. Лагерев И.А., Химич А.В. Математическое моделирование динамики кабельной грузоподъемной машины // Ученые записки Брянского государственного университета. 2022. №1. С. 7-10.

15. Химич А.В., Лагерев И.А. Математическое моделирование динамики канатной грузоподъемной машины с учетом влияния тягового и несущего канатов // Ученые записки Брянского государственного университета. 2022. №2. С. 31-35.

16. Пат. 2780877 Рос. Федерация: МПК⁷ В16В 7/00. Быстромонтируемая мобильная канатная дорога / А.В. Лагерев, И.А. Лагерев. - № 2022117303; заявл. 24.06.2022; опубл. 04.10.2022. Бюл. № 32.

17. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Мобильные канатные дороги на базе аэромобильных канатных установок. Брянск: РИСО БГУ, 2023. 201 с.

18. Проектирование механизма канатной фиксации концевой опоры мобильной канатной дороги / А.В. Лагерев, И.А. Лагерев. - Свид-во о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023666606. Зарегистрир. в Реестре программ для ЭВМ 02.08.2023. Бюл. № 8.

19. Построение закона частотного регулирования гидропривода мобильной канатной дороги с минимальным циклом перемещения / А.В. Лагерев, И.А. Лагерев. - Свид-во о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023685829. Зарегистрир. в Реестре программ для ЭВМ 30.11.2023. Бюл. № 12.

20. Оптимальное проектирование устройства установки аутригеров колесных шасси мобильных канатных установок / А.В. Лагерев, И.А. Лагерев. - Свид-во о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023685840. Зарегистрир. в Реестре программ для ЭВМ 30.11.2023. Бюл. № 12.

21. Проектный расчет канатной системы однопролетной аэромобильной канатной дороги маятникового типа / А.В. Лаге-

gosudarstvennogo universiteta, 2022, No.2, pp. 159-164. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-02-159-164 (In Russian)

14. Lagerev I.A., Khimich A.V. Mathematical modeling of dynamics cable lifting machine. *Uchenye zapiski Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2022, No.1, pp. 7-10. (In Russian)

15. Khimich A.V., Lagerev I.A. Mathematical modeling of dynamics cable lifting machine with the influence of traction and load-bearing ropes. *Ucheniye zapiski Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2022, No.2, pp. 31-35.

16. Patent RU 2780877, B61B 7/00. *Bystromontiruemaya mobilnaya kanatnaya doroga* [Fast-mounted mobile ropeway]. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Declared 24.06.2022. Published 04.10.2022. (In Russian)

17. Lagerev A.V., Lagerev I.A. *Mobilnye kanatnye dorogi na base aeromobilnykh kanatnykh ustanovok* [Mobile ropeways based on airmobile rope units. Bryansk, RISO BГУ, 2023. 201 p. (In Russian)

18. Lagerev A.V., Lagerev I.A. *Proektirovanie mekhanizma kanatnoy fiksatsii kontsevoy opory mobilnoy kanatnoy dorogi. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programm dlya EVM* [Designing the rope fixation mechanism of the end tower of a mobile ropeway. The Certificate on official registration of the computer program]. No. 2023666606, 2023 (In Russian)

19. Lagerev A.V., Lagerev I.A. *Postroenie zakona chastotnogo regulirovaniya gidroprivoda mobilnoy kanatnoy dorogi s minimalnym tsiklom peremeshcheniya. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programm dlya EVM* [Construction of the law of frequency regulation of the hydraulic drive of a mobile ropeway with a minimum motion cycle. The Certificate on official registration of the computer program]. No. 2023685829, 2023 (In Russian)

20. Lagerev A.V., Lagerev I.A. *Optimalnoe proektirovanie ustroystva ustanovki autriggerov kolesnykh shassi mobilnykh kanatnykh ustanovok. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programm dlya EVM* [Optimal design of the outrigger installation device for

рев, И.А. Лагерев. - Свид-во о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023666673. За-регистрир. в Реестре программ для ЭВМ 03.08.2023. Бюл. № 8.

22. Lagerev A.V., Tarichko V.I., Lagerev I.A. Force analysis of the hydraulic mechanism for moving the end tower of a transport unit for a mobile ropeway // AIP Conference Proceedings. 2023. Vol. 2476. P. 020017. DOI: 10.1063/5.0103011

23. Goncharov K., Lagerev A. Simulation of the Joint Operation of an Electric Motor and a Hydraulic Coupling in a Belt Conveyor Drive // Serbian Journal of Electrical Engineering. Vol. 20. No. 3. P. 283-299 DOI: 10.2298/SJEE2303283G

24. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Optimal planning of the mobile cargo ropeway repair strategy // International Journal System Assurance Engineering and Management. 2023. Vol. 14. No. 3. P. 1125-1137. DOI: 10.1007/s13198-023-01925-0

25. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Forecasting the reliability of mobile ropeways based on self-propelled wheeled chassis // Conference proceeding book of 4 International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies, Turkish Republic of Northern Cyprus, April 28-30, 2023. P. 124.

26. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Chemical methods for improving the reliability of rope transport systems // Abstract book of Ahi Evran 3 International Conference on Scientific Researches. Baku, Azerbaijan, May 3-4, 2023. P. 6.

27. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Prospects for the use of mobile ropeways based on airmobile rope units // Proceeding book of 11 International Eurasia Congress on Scientific Researches and Recent Trends. Nevsehir, Turkey, June 22-23, 2023. P. 795.

28. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Prospects for the use of aerial ropeways for the organization of sustainable public transport in smart cities // Proceeding book of 3 International Architectural Sciences and Applications Symposium. Naples, Italy, September 14-15, 2023. P. 145. DOI: 10.5281/zenodo.10032598

29. Lagerev I.A., Khimich A.V., Lagerev A.V. Methods of analysis of work processes during the logging machines operations in

wheeled chassis of mobile rope installations. The Certificate on official registration of the computer program], 2023, No. 2023685840 (In Russian)

21. Lagerev A.V., Lagerev I.A. *Proektnyy raschet kanatnoy sistemy odnoproletnoy aeromobilnoy kanatnoy dorogi mayatnikovogo tipa. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programm dlya EVM* [Design calculation of the rope system of a single-span airmobile ropeway of the pendulum type]. 2023, No. 2023666673 (In Russian)

22. Lagerev A.V., Tarichko V.I., Lagerev I.A. Force analysis of the hydraulic mechanism for moving the end tower of a transport unit for a mobile ropeway. *AIP Conference Proceedings*, 2023, vol. 2476, pp. 020017. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0103011>

23. Goncharov K., Lagerev A. Simulation of the Joint Operation of an Electric Motor and a Hydraulic Coupling in a Belt Conveyor Drive. *Serbian Journal of Electrical Engineering*, 2023, Vol. 20, No. 3, pp. 283-299. DOI: <https://doi.org/10.2298/SJEE2303283G>

24. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Optimal planning of the mobile cargo ropeway repair strategy. *International Journal System Assurance Engineering and Management*, 2023, Vol. 14, No. 3, pp. 1125-1137. DOI: 10.1007/s13198-023-01925-0

25. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Forecasting the reliability of mobile ropeways based on self-propelled wheeled chassis. In: *Conference Proc. Book of 4 Int. Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies*, Turkish Republic of Northern Cyprus, April 28-30, 2023. P. 124.

26. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Chemical methods for improving the reliability of rope transport systems. In: *Abstract book of Ahi Evran 3 Int. Conference on Scientific Researches*, Baku, Azerbaijan, May 3-4, 2023. P. 6.

27. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Prospects for the use of mobile ropeways based on airmobile rope units. In: *Proc. Book of 11 Int. Eurasia Congress on Scientific Researches and Recent Trends*, Nevsehir, Turkey, June 22-23, 2023. P. 795.

28. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Prospects for the use of aerial ropeways for the organiza-

mountainous areas // Abstract book of 4 International Black Sea Modern Scientific Research Congress. Rize, Turkey, June 6-7, 2023. P. 472.

30. Таричко В.И., Лагерев И.А. Анализ альтернативных вариантов однопролетных мобильных канатных дорог на базе самоходных шасси // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2023. № 1. С. 101-111. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-01-101-111

31. Пат. 221432 Рос. Федерация: МПК⁷ В61В 7/00, В61В 7/06, В66С 23/16. Самоходная концевая станция мобильной канатной дороги / Лагерев А.В., Лагерев И.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «БГУ им. ак. И.Г. Петровского». №2023115776; заявл. 15.06.2023; опубл. 07.11.2023, Бюл. № 31.

32. Пат. 220883 Рос. Федерация: МПК⁷ F16G 11/00. Быстроразъемное устройство для соединения канатов мобильных канатных комплексов маятникового типа / Лагерев А.В., Лагерев И.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «БГУ им. ак. И.Г. Петровского». №2023117668; заявл. 03.07.2023; опубл. 09.10.2023, Бюл. № 28.

33. Лагерев А.В., Лагерев И.А., Таричко В.И. Конструкции и основы проектирования мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов. Брянск: РИСО БГУ, 2020. 207 с. DOI: 10.5281/zenodo.10581288

34. Лагерев А.В., Лагерев И.А., Таричко В.И. Моделирование рабочих процессов мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов. Брянск: РИСО БГУ, 2021. 204 с. DOI: 10.5281/zenodo.6044972

35. Лагерев А.В., Лагерев И.А., Таричко В.И. Надежность и безопасность эксплуатации мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов. Брянск: РИСО БГУ, 2022. 207 с.

36. Таричко В.И., Лагерев А.В., Лагерев И.А. Силовой расчет механизма канатной фиксации концевой опоры мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2023. № 2. С. 159-172. DOI: 10.22281/2413-

tion of sustainable public transport in smart cities. In: *Proc. Book of 3 Int. Architectural Sciences and Applications Symposium*, Naples, Italy, September 14-15, 2023. P. 145. DOI: 10.5281/zenodo.10032598

29. Lagerev I.A., Khimich A.V., Lagerev A.V. Methods of analysis of work processes during the logging machines operations in mountainous areas. In: *Abstract Book of 4 Int. Black Sea Modern Scientific Research Congress*, Rize, Turkey, June 6-7, 2023. P. 472.

30. Tarichko V.I., Lagerev I.A. Alternative variants analysis of single-span mobile ropeways based on self-propelled chassis. *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2023, No.1, pp. 101-111. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-01-101-111 (In Russian)

31. Patent RU 221432, B61B 7/00, B61B 7/06, B66C 23/16. *Samokhodnaya kontseвая stantsiya mobilnoy kanatnoy dorogi* [Self-propelled terminal station of the mobile ropeway]. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Declared 15.06.2023. Published 07.11.2023. (In Russian)

32. Patent RU 220883, F16G 11/00. *Bystrorazyemnoe ustroystvo dlya soedineniya kanatov mobilnykh kanatnykh kompleksov mayatnikovogo tipa* [Quick-release device for connecting ropes of mobile rope complexes of pendulum type]. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Declared 03.07.2023. Published 09.10.2023. (In Russian)

33. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Tarichko V.I. *Konstruktсии i osnovy proektirovaniya mobilnykh transportno-peregruzochnykh kanatnykh kompleksov* [Structures and design fundamentals of mobile transporting and overloading rope facilities]. Bryansk, RISO BGU, 2020. 207 p. DOI: 10.5281/zenodo.10581288 (In Russian)

34. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Tarichko V.I. *Modelirovanie rabochikh protsessov mobilnykh transportno-peregruzochnykh kanatnykh kompleksov* [Modeling of working processes of mobile transporting and overloading rope facilities]. Bryansk, RISO BGU, 2021. 204 p. DOI: 10.5281/zenodo.6044972 (In Russian)

35. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Tarichko V.I. *Nadezhnost i bezopasnost ekspluatatsii*

9920-2023-09-02-159-172

37. Лагерев А.В. Аппроксимация статической упругой линии несущего каната при тяговом расчете однопролетных мобильных канатных дорог // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2023. № 4. С. 344-356. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-04-344-356

38. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Design of passenger aerial ropeway for urban environment // Urban Rail Transit. 2019. Vol. 5. No. 1. P. 17-28. DOI: 10.1007/s40864-018-0099-z

39. Лагерев А.В., Лагерев И.А., Таричко В.И. Определение усилий натяжения канатов при эксплуатации мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2022. № 3. С. 194-210. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-03-194-210

40. Лагерев А.В., Таричко В.И., Лагерев И.А. Моделирование режимов работы гидроприводов с частотно-дрессельным регулированием мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2019. № 4. С. 462-480. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-05-04-462-480

41. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Анализ работы устройства для установки выносных опор самоходных шасси мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2022. № 4. С. 299-309. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-04-299-310

42. Лагерев А.В. Обоснование и анализ принципа обеспечения универсальности габаритных размеров аэромобильных канатных установок в транспортном состоянии // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2023. № 3. С. 239-254. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-03-239-254

43. Шатунова Е.А., Лагерев И.А. Анализ технико-организационных возможностей вертолетов для развертывания мобильных канатных дорог на базе аэромобильных ка-

† mobilnykh transportno-peregruzochnykh kanatnykh kompleksov [Reliability and safety of operation of mobile transport and overloading rope complexes]. Bryansk, RISO BGU, 2022. 207 p. (In Russian)

† 36. Tarichko V.I., Lagerev A.V., Lagerev I.A. Force calculation of the fastening mechanism of the end tower of a mobile transport and reloading rope unit using a holding rope. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2023, No.2, pp. 159-172. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-02-159-172 (In Russian)

† 37. Lagerev A.V. Approximation of the static elastic line of the carrying rope in the traction calculation of single-span mobile ropeways. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2023, No.4, pp. 344-356. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-04-344-356 (In Russian)

† 38. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Design of Passenger Aerial Ropeway for Urban Environment. *Urban Rail Transit*, 2019, Vol.5, No.1, pp. 17-28. DOI: 10.1007/s40864-018-0099-z

† 39. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Tarichko V.I. Determination of tension forces of ropes during the operation of mobile transport and reloading rope complexes. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2022, No.3, pp. 194-210. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-03-194-210 (In Russian)

† 40. Lagerev A.V., Tarichko V.I., Lagerev I.A. Modeling operation modes of hydraulic drives with frequency-throttle regulation of mobile transport and overloading ropes complexes. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, No.4, pp. 462-480. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-05-04-462-480 (In Russian)

† 41. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Analysis of the operation of a device for installing outriggers of self-propelled chassis of mobile transport and reloading rope complexes. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2022, No.4, pp. 299-309. DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-04-299-310 (In Russian)

† 42. Lagerev A.V. Justification and analysis

натных установок // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2023. № 3. С. 255-268. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-03-255-268

44. Шатунова Е.А., Лагереv И.А. Анализ технико-организационных возможностей специальных колесных шасси для развертывания мобильных канатных дорог на базе аэромобильных канатных установок // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2023. № 4. С. 357-368. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-04-357-368

45. Лагереv И.А. Разработка научных основ создания канатных машин для лесозаготовки на склонах // Теоретические и прикладные аспекты естественнонаучного образования в эпоху цифровизации. Материалы международной научно-практической конференции. Брянск, 2023. С. 37-41.

46. Химич А.В. Оценка прочности опоры анкерного каната машины для лесозаготовки на склоне // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2023. №1. С. 112-120. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-01-112-120

47. Химич А.В. Оценка прочности крепления к дереву машины для лесозаготовки на склоне // Сб. тр. III междунар. научно-практ. конф. «Инженерно-техническое образование и наука». Новороссийск: Новороссийский филиал БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. С. 22.

48. Химич А. В. Исследование взаимодействия с грунтом анкерной опоры машины для лесозаготовки на склоне // Молодёжный вестник Новороссийского филиала Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2023. Т. 3. № 2(10). С. 37-43.

49. Химич А.В. Моделирование колебаний дерева, используемого для закрепления машины для лесозаготовки на склоне // Сб. тр. Междунар. научно-техн. конф. «Транспортные и транспортно-технологические системы». Тюмень: ТИУ, 2023. С. 198-202.

50. Химич А.В. Сравнительный анализ вариантов размещения тяговых лебедок машин для лесозаготовки на склонах // Сб.

of the principle of ensuring the universality of the airmobile rope units overall dimensions in transport condition. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2023, No.3, pp. 239-254. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-03-239-254 (In Russian)

43. Shatunova E.A., Lagerev I.A. Analysis of the technical and organizational capabilities of helicopters for the deployment of mobile ropeways based on airmobile rope units. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2023, No.3, pp. 255-268. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-03-255-268 (In Russian)

44. Shatunova E.A., Lagerev I.A. Analysis of technical and organizational capabilities of special wheeled chassis for the deployment of mobile ropeways based on airmobile rope units. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2023, No.4, pp. 357-368. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-04-357-368 (In Russian)

45. Lagerev I.A. Development of scientific foundations for the creation of rope machines for logging on slopes. In: *Teoreticheskie i prikladnye aspekty estestvennonauchnogo obrazovaniya v epokhu tsifrovizatsii. Materiale mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Bryansk, 2023, pp. 37-41 (In Russian)

46. Khimich A.V. The strength assessment of the anchor rope support of the machine for logging on the slope. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2023, No.1, pp. 112-120. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-01-112-120

47. Khimich A.V., Lagerev I.A. Assessment of the strength of attachment to a tree of a logging machine on a slope. In: *Sbornik trudov III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Inzhenerno-tekhnicheskoe obrazovanie i nauka»*. Novorossiyskiy filial BGTU im. V.G. Shukhova, 2023, pp. 22-26 (In Russian)

48. Khimich A.V. Investigation of the interaction with the ground of the anchor support of a logging machine on a slope. *Molodezhnyy vestnik Novorossiyskogo filiala Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*, 2023, Vol.3,

тр. Междунар. научно-техн. конф. «Транспортные и транспортно-технологические системы». Тюмень: ТИУ, 2023. С. 202-206.

51. Химич А.В. Влияние вязкости демпфера анкерного каната технологической машины, работающей на склоне, на силу его натяжения // Инновационное развитие подъемно-транспортной техники: мат. Всеросс. научно-практ. конф., Брянск, 25–26 мая 2023 г. Брянск: Брянский государственный технический университет, 2023. С. 12-14.

52. Химич А.В. Эффективность установки демпфера анкерного каната технологической машины, работающей на склоне // Научному прогрессу – творчество молодых. 2023. № 1. С. 174-176.

53. Лагереv И.А., Химич А.В. Перспективы развития транспортно-технологических машин для заготовки леса на склонах // В сб.: Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта. Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. 2022. С. 64-65.

54. Лагереv А.В., Попков В.И., Горленко О.А. Компетентностный подход и ФГОС третьего поколения // Инженерное образование. 2012. № 11. С. 36-41.

No.2(10), pp. 37-43 (In Russian)

49. Khimich A.V. Simulation of vibrations of a tree used to fix a logging machine on a slope. In: *Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy»*. Tyumen, TIU, 2023, pp. 198-202 (In Russian)

50. Khimich A.V. Comparative analysis of options for placing traction winches of logging machines on slopes. In: *Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy»*. Tyumen, TIU, 2023, pp. 202-206 (In Russian)

51. Khimich A.V. The effect of the viscosity of the anchor rope damper of a technological machine operating on a slope on the strength of its tension. In: *Innovatsionnoe razvitie podemno-transportnoy tekhniki. Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Bryansk, 25–26 May 2023, pp. 12-14 (In Russian)

52. Khimich A.V. Efficiency of installation of the anchor rope damper of a technological machine operating on a slope. In: *Nauchnomu progressu – tvorchestvo molodykh*. Yoshkar-Ola, 2023, No.1, pp. 174-176 (In Russian)

53. Lagerev I.A., Khimich A.V. Prospects for the development of transport and technological machines for logging on slopes. In: *Proceedings of the III All-Russian scientific and practical conference “Innovative development of land transport equipment and technologies”*. Ekaterinburg, UrFU, 2022, pp. 64-65. (In Russian)

54. Lagerev A.V., Popkov V.I., Gorlenko O.A. Competence-based approach and third-generation FSES. *Inzhenernoe obrazovanie*, 2012, No.11, pp. 36-41 (In Russian)