

УДК (UDC) 625.1/5

АНАЛИЗ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ОДНОПРОЛЕТНЫХ МОБИЛЬНЫХ  
КАНАТНЫХ ДОРОГ НА БАЗЕ САМОХОДНЫХ ШАССИALTERNATIVE VARIANTS ANALYSIS OF SINGLE-SPAN MOBILE ROPEWAYS  
BASED ON SELF-PROPELLED CHASSISТаричко В.И.<sup>1</sup>, Лагереv И.А.<sup>2</sup>  
Tarichko V.I.<sup>1</sup>, Lagerev I.A.<sup>2</sup><sup>1</sup> – АО «Конструкторское бюро специального машиностроения» (Санкт-Петербург, Россия)<sup>2</sup> - Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского (Брянск, Россия)<sup>1</sup> – Open Joint Stock Company «Special Design Bureau of machine building» (Saint Petersburg, Russian Federation)<sup>2</sup> - Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University (Bryansk, Russian Federation)

**Аннотация.** В настоящее время в качестве одного из перспективных видов быстро разворачиваемых транспортных систем рассматриваются мобильные канатные дороги, формирующиеся с помощью объединенных единой подвесной несуще-тяговой канатной системой двух транспортно-перезрузочных канатных комплексов на базе автономных самоходных шасси многоцелевого назначения. Ключевой проблемой при создании эффективных мобильных канатных дорог указанного вида является выбор их рационального конструктивного исполнения, позволяющего в результате проектирования получить наилучшие тактико-технические характеристики и показатели качества. В статье представлены и проанализированы возможные альтернативные варианты однопролетных мобильных канатных дорог на базе мобильных транспортно-перезрузочных канатных комплексов. На основании результатов сравнительного анализа установлен наиболее предпочтительный вариант - однопролетная одноканатная мобильная канатная дорога маятникового типа с несуще-тяговой канатной системой в виде замкнутого несуще-тягового каната с двумя параллельно расположенными ветвями. В статье 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-перезрузочных канатных комплексов.

**Ключевые слова:** мобильная канатная дорога, колесное шасси, маятниковый тип, конструкция, технические характеристики.

**Дата принятия к публикации:** 15.02.2023  
**Дата публикации:** 25.03.2023

**Сведения об авторах:**

**Таричко Вадим Игоревич** – кандидат технических наук, заместитель генерального конструктора, АО «Конструкторское бюро специального машиностроения», e-mail: 32.6909@mail.ru  
ORCID: ID/0000-0003-0286-725X

**Abstract.** Currently, mobile ropeways are considered as one of the promising types of rapidly deployable transport systems, which are formed with the help of two transport and reloading rope complexes based on autonomous self-propelled multi-purpose chassis combined by a single aerial carrying-traction rope system. The key problem in creating effective mobile ropeways of this type is the choice of their rational design, which allows to obtain the best tactical and technical characteristics and quality indicators as a result of the design. The article presents and analyzes possible alternative variants of single-span mobile ropeways based on mobile transport and reloading rope complexes. Based on the results of the comparative analysis, the most preferred variant was established - a single-span single-rope mobile ropeway of the pendulum type with a carrying-traction rope system in the form of a closed carrying-traction rope with two parallel branches. The article considers the typical design of the most preferred variant and describes the principle of its operation, as well as lists the main components and mechanisms of the main technological equipment, which should be part of mobile transport and reloading rope complexes.

**Keywords:** mobile ropeway, wheeled chassis, pendulum type, design, technical characteristics.

**Date of acceptance for publication:** 15.02.2023  
**Date of publication:** 25.03.2023

**Authors' information:**

**Vadim I. Tarichko** – Candidate of Technical Sciences, Deputy general designer, OJSC Special Design Bureau of machine building, e-mail: 32.6909@mail.ru  
ORCID: ID/0000-0003-0286-725X

Лагереv Игорь Александрович – доктор технических наук, доцент, проректор по инновационной работе ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», e-mail: lagerev-bgu@yandex.ru.  
ORCID: 0000-0002-0921-6831

Igor A. Lagerev - Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Vice rector for Innovations, Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University, e-mail: lagerev-bgu@yandex.ru.  
ORCID: 0000-0002-0921-6831

### Благодарности

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-29-00798)

### Acknowledgements

The study was supported by the grant of Russian science Foundation (project No. 22-29-00798)

## 1. Введение

Однопролетные мобильные канатные дороги на базе самоходных колесных мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов высокой грузоподъемности и проходимости, способных обеспечить автономную доставку к месту работы необходимое технологическое оборудование для проведения транспортно-перегрузочных операций и его оперативное развертывание, являются перспективным и эффективным видом современных многоцелевых канатных систем [1].

Новизна данного вида транспортной техники и невозможность использования в полной мере методов проектирования и расчета, разработанных к настоящему времени применительно к стационарным грузовым и пассажирским канатным дорогам [2 - 9], требуют создания научно обоснованных теоретических основ проектирования, расчета и моделирования рабочих процессов на всех стадиях жизненного цикла однопролетных мобильных канатных дорог на базе самоходных колесных мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов, а также разработки научно обоснованных практических рекомендаций для получения мобильных канатных дорог с предельными функциональными возможностями при обеспечении высоких показателей качества.

Одним из ключевых шагов для успешного решения указанной технической проблемы является выбор перспективного конструктивного исполнения однопролетных мобильных канатных дорог на базе самоходных колесных мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов, обеспечивающего получение многоцелевой канатно-транспортной системы с наилучшими показателями каче-

ства, такими как массо-габаритные и грузопро пространственные показатели, показатели надежности, энергоэффективности, экономичности и экологичности.

## 2. Альтернативные варианты мобильных канатных дорог

В зависимости от конструктивных особенностей несущее-тяговой канатной системы однопролетные мобильные канатные дороги на базе мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов могут иметь несколько альтернативных вариантов исполнения, каждый из которых обладает как определенными технико-экономическими преимуществами, так и недостатками.

1. Исходя из возможного функционального назначения, стальные канаты, входящие в структуру несущее-тяговой канатной системы однопролетных мобильных канатных дорог, следует разделять на:

- несущие канаты (тип Н), воспринимающие весовые нагрузки со стороны транспортируемого груза и грузозахватных устройств или подвесных кабин;

- тяговые канаты (тип Т), обеспечивающие перемещение транспортируемого груза и грузозахватных устройств или подвесных кабин вдоль трассы мобильной канатной дороги между конечными пунктами погрузки и разгрузки;

- несущее-тяговые канаты (тип НТ), совмещающие обе указанные функции.

2. Исходя из вида трассы мобильной канатной дороги, формируемой канатом, следует различать:

- кольцевые канаты (тяговые, тип Тк; несущие, тип Нк; несущее-тяговые, тип НТк) с двумя параллельно протянутыми ветвями

каната между канатными шкивами сопряженных мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов;

- линейные канаты (тяговые, тип Тл; несущие, тип Нл; несуще-тяговые, тип НТл) с одной протянутой ветвью каната между канатными шкивами сопряженных мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов.

3. Исходя из вида организации перемещения транспортируемого груза между конечными пунктами погрузки и разгрузки мобильной канатной дороги, следует различать:

- мобильные канатные дороги кольцевого типа (тип К), реализующие непрерывное перемещение транспортируемого груза в одном направлении или его реверсивное перемещение в течение длительного времени;

- мобильные канатные дороги маятникового типа (тип М), реализующие возвратно-

поступательное перемещение транспортируемого груза.

Возможные сочетания вида организации перемещения транспортируемого груза вдоль трассы мобильной канатной дороги с типом используемых канатов и вида трассы позволяют сформировать совокупность возможных альтернативных вариантов (схемных решений) конструктивного исполнения однопролетных мобильных канатных дорог на основе мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов. Они приведены на рис. 1. Условное обозначение схемного решения однопролетной мобильной канатной дороги формируется по следующему принципу: вид организации перемещения груза (К или М) – тип используемого каната (Н, Т или Нт) – вид трассы (к или л).

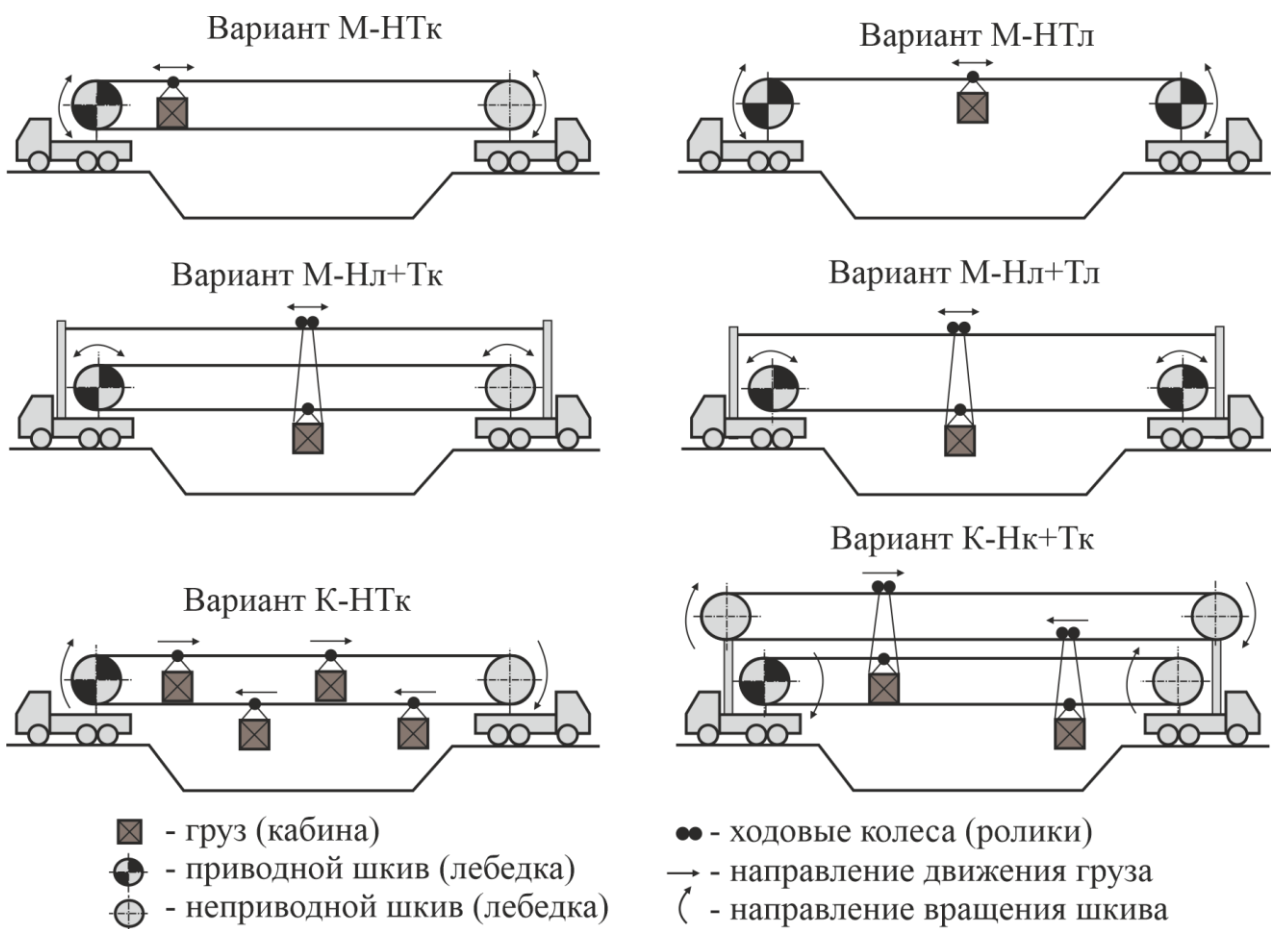


Рис. 1. Альтернативные варианты однопролетных мобильных канатных дорог на базе мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов

### 3. Сравнительный анализ альтернативных вариантов

В табл. 1 и 2 представлены результаты анализа проявления положительных и негативных технико-экономических свойств у различных альтернативных вариантов однопролетных мобильных канатных дорог на базе мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов.

Для выбора наиболее перспективных вариантов конструктивного исполнения мобильных канатных дорог следует учесть ряд специфических требований и ограничений, связанных именно со специфическими конструктивными и транспортными особенностями мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов на колесных шасси. В их числе:

1. Ограничение по суммарному весу основного технологического оборудования и, если возможно, дополнительного оснащения (запасные узлы, канаты, анкерочные устройства и др.), которое может быть размещено на несущей раме шасси при его автономном движении к месту развертывания мобильной канатной дороги. В частности, для 3-х...6-ти осных колесных шасси грузоподъемность может находиться в диапазоне 14...40 т [10].

2. Ограничение по горизонтальному поперечному габариту колесных шасси, составляющему ~ 2,7...3,0 м [10]. Это ограничение лимитирует, в частности, диаметр приводного канатного шкива, который должен составлять не более 2...2,5 м.

Таблица 1

Проявление положительных технико-экономических свойств у альтернативных вариантов однопролетных мобильных канатных дорог на базе мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов

Наименование свойства	Вариант					
	М-НТк	М-НТл	М-Нл+Тк	М-Нл-Тл	К-НТк	К-Нк+Тк
Возможность одновременного встречного перемещения грузов	+		+		+	+
Использование каната одного типоразмера	+	+			+	
Сравнительно небольшая длина используемого каната	+	++		+	+	
Простота регулировки длины каната в зависимости от величины пролета между базовыми станциями		+				
Возможность опирания грузозахватного устройства на две ветви каната	+		+			
Сравнительно небольшая трудоемкость навешивания каната	+	++			+	
Отсутствие необходимости в устройствах соединения концов каната		+		+		
Отсутствие необходимости в дополнительных устройствах натяжения тяговых канатов	+	+			+	
Отсутствие необходимости футеровки приводного шкива		+		+		
Возможность подвески более одного груза к ветви каната					+	+
Возможность жесткой фиксации грузозахватного устройства к канату	+	+	+	+		
Наименьший состав необходимого основного технологического оборудования	+	+			+	

Примечание: «+» - свойство проявляется; «++» - свойство проявляется в наибольшей степени

Таблица 2

Проявление негативных технико-экономических свойств у альтернативных вариантов однопролетных мобильных канатных дорог на базе мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов

Наименование свойства	Вариант					
	М-НТк	М-НТл	М-Нл+Тк	М-Нл-Тл	К-НТк	К-Нл+Тк
Невозможность одновременного встречного перемещения грузов		+		+		
Малая ширина груза при встречном перемещении	+		+		+	+
Использование канатов двух типоразмеров			+	+		+
Использование каната максимального типоразмера	+	+			+	
Повышенные длина и вес используемых канатов						+
Необходимость использования канатной лебедки большой емкости		+		+		
Подвеска грузозахватного устройства к одной ветви каната		+		+	+	+
Необходимость использования дополнительных устройствах натяжения тяговых канатов			+	+		+
Необходимость футеровки приводного шкива	+		+		+	+
Наибольшая трудоемкость навешивания канатов			+			++
Необходимость открепляемого закрепления грузозахватного устройства на канате					+	+
Наименьшая надежность основного технологического оборудования			+			++

Примечание: «+» - свойство проявляется; «++» - свойство проявляется в наибольшей степени

3. Ограничение по суммарному весу транспортируемого груза и грузозахватного устройства. Результаты анализа функциональных возможностей мобильных канатных дорог на базе мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов, представленные в [11], показывают, что предельные значения веса при величинах пролета до 200...300 м и углах наклона трассы до 60° составляют ~ 30...40 кН.

По совокупности положительных и негативных технико-экономических свойств наиболее перспективными для дальнейшей разработки являются мобильные канатные дороги вариантов М-НТк и М-НТл. Для обоих вариантов положительные свойства, в основном, одинаковы, хотя и имеются несоответствия.

Вариант М-НТк оказывается предпочтительнее вследствие возможности реализовать одновременное встречное перемещение грузов, закрепленных на параллельных ветвях

несуще-тяговой канатной системы, а также возможности опирания грузозахватного устройства (при отсутствии встречного перемещения груза) на две ветви несуще-тяговой канатной системы.

Первое преимущество имеет ограниченное практическое значение, так как при диаметре канатных шкивов, который по требованиям компоновки на колесном шасси [12 - 14] может составлять 1,5...2,5 м, допустима лишь малая ширина транспортируемых грузов в диапазоне 1...2 м при условии безветрия во время эксплуатации мобильных канатных дорог.

Второе преимущество имеет большую практическую ценность, так позволяет более эффективно организовать демпфирование раскачивания транспортируемого груза в условиях ветрового воздействия.

Вариант М-НТл оказывается предпочтительнее вследствие более простой регулировки длины каната в зависимости от вели-



чины пролета между базовыми станциями, отсутствия необходимости использования специальных устройств для соединения концов замкнутого каната и отсутствие необходимости использовать футеровку поверхности приводного канатного шкива (лебедки).

Первые два преимущества имеют ограниченное практическое значение, так как при использовании для перемещения груза одной ветви несущего канатной системы излишки длины каната достаточно просто закрепляются на параллельной нерабочей ветви, а современные конструкции устройств соединения концов канатов позволяют обеспечить прочность каната на разрыв в месте его соединения, практически равную агрегатной прочности самого каната. Как показано в [11], отсутствие необходимости в использовании футерованных приводных канатных шкивов (лебедок) является существенным практическим преимуществом, хотя и для варианта М-НТк существуют эффективные конструкторские меры по повышению тягового фактора приводного шкива [15].

Исходя из проведенного сравнительного анализа альтернативных вариантов мобильных канатных дорог в качестве наиболее перспективного и подлежащего дальнейшей научной проработке может быть рекомендован вариант М-НТк – однопролетная одно-

канатная мобильная канатная дорога маятникового типа на базе самоходных мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов, сопряженных единой несущей канатной системой в виде замкнутого несущего каната с двумя параллельно расположенными ветвями. Типовое конструктивное исполнение данной мобильной канатной дороги показано на рис. 2.

Дополнительно в качестве еще одного перспективного варианта может рассматриваться вариант М-НТл – однопролетная одноканатная мобильная канатная дорога маятникового типа на базе самоходных мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов, сопряженных единой несущей канатной системой в виде закрепленного на синхронно работающих канатных лебедках несущего каната, формирующего одну транспортную ветвь.

#### 4. Типовое конструктивное исполнение и принцип работы варианта М-НТк

Однопролетная мобильная канатная дорога маятникового типа на базе мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов (вариант М-НТк) формируется с помощью машинного комплекта, в состав которого входят две автономные базовые стан-

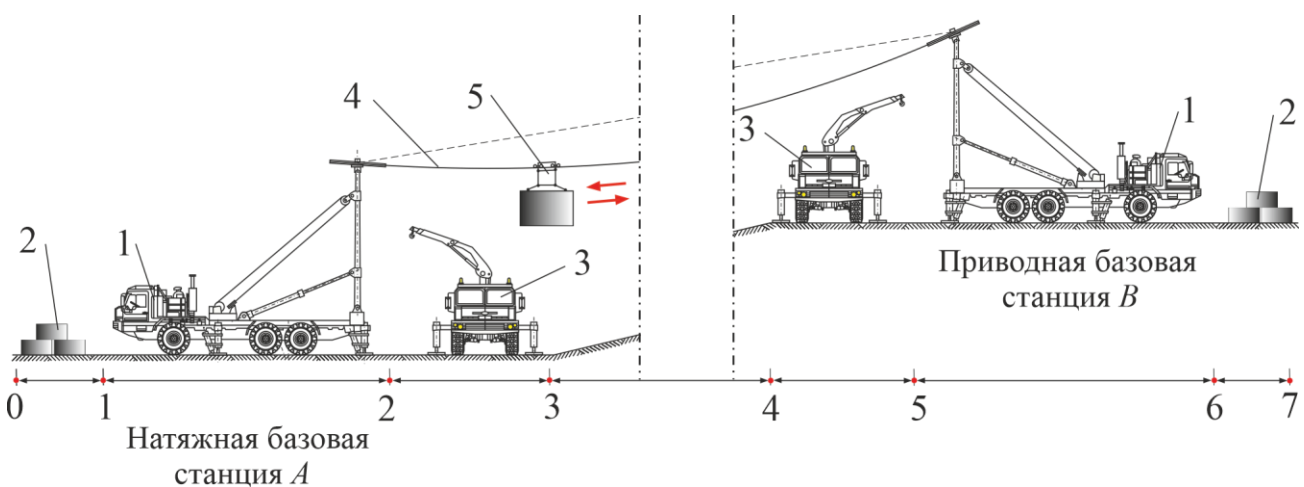


Рис. 2. Типовое конструктивное исполнение однопролетной мобильной канатной дороги маятникового типа на базе мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов варианта М-НТк (1 – мобильный транспортно-перегрузочный канатный комплекс; 2 – транспортируемый груз; 3 – кран-манипулятор; 4 – несущий канат; 5 – грузозахватное устройство)

ции, представляющие собой самоходные колесные шасси высокой грузоподъемности и проходимости 1, а также несущее-тяговая канатная система. Базовые станции располагаются на местности в конечных пунктах трассы мобильной канатной дороги (участки 1-2 и 5-6 на рис. 2). Специализированное основное технологическое оборудование, которое монтируется на несущей раме самоходного шасси каждой базовой станции, позволяет обеспечить маятниковое перемещение грузов вдоль трассы мобильной канатной дороги (участок 3-4 на рис. 2) между пунктами погрузки-разгрузки (участки 2-3 и 4-5 на рис. 2). Предварительно транспортируемые грузы 2 доставляются на складскую территорию (участки 0-1 и 6-7 на рис. 2) в непосредственной близости от конечных пунктов трассы мобильной канатной дороги. Затем они с помощью погрузочно-разгрузочных машин, механизмов или приспособлений различных типов (например, мобильных кранов-манипуляторов 3, погрузчиков, конвейеров и др. [16, 17]) подвешиваются к несущее-тяговому канату 4 с помощью грузозахватного устройства 5 различного конструктивного исполнения в зависимости от вида груза. В процессе эксплуатации мобильной канатной дороги одна из базовых станций выполняет функции приводной базовой станции и обеспечивает маятниковое движение несущее-тягового каната с транспортируемым грузом. Вторая базовая станция выполняет функции натяжной базовой станции и обеспечивает оптимальное натяжение несущее-тягового каната в зависимости от длины трассы, перепада высот между конечными точками трассы и веса груза.

Варианты конструктивного исполнения мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов подробно рассмотрены в [10, 12 - 14]. Они имеют сходные конструктивные и эксплуатационные особенности и включают следующие структурно-функциональные элементы:

- концевую опору;
- механизм установки и фиксации концевой опоры в рабочем положении, обеспечивающий подъем опоры из транспортного положения в рабочее положение для обеспече-

ния требуемого высотного расположения несущее-тяговой канатной системы;

- механизм пространственной ориентации канатного шкива, обеспечивающий взаимную параллельность продольных осей ручья канатного шкива и несущее-тягового каната с учетом естественного провисания каната под нагрузкой во время эксплуатации;

- механизм перемещения несущее-тягового каната, обеспечивающий маятниковое движение транспортируемых грузов;

- механизм натяжения несущее-тягового каната, обеспечивающий оптимальное натяжение каната во время эксплуатации мобильной канатной дороги;

- тормозной механизм, исключающий самопрокидывание концевой опоры [10] при ее переводе из транспортного в рабочее положение;

- дополнительные устройства, механизмы и системы, необходимые с учетом специфических конструктивных особенностей основного технологического оборудования (например, механизм канатной или канатно-гидравлической фиксации концевой опоры, шарнирно-сочлененная штанга механизма подъема и фиксации концевой опоры, механизм предварительного подъема концевой опоры, устройство расчаливания концевой опоры и др. [10]);

- систему управления, обеспечивающую штатную работу и мониторинг всех узлов, устройств и приборов основного технологического оборудования;

- насосную систему для обеспечения работы всех гидравлических приводов и устройств мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса;

- силовую установку для обеспечения работы приводов механизмов мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов;

- самоходное шасси (или прицеп, полуприцеп) для размещения основного технологического оборудования.

Для всех рассмотренных в [10] вариантах конструктивного исполнения мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов на несущей раме самоходного шасси устанавливается основная поддерживающая

конструкции для канатной системы мобильной канатной дороги – концевая опора, а также подъемный гидроцилиндр механизма установки и фиксации концевой опоры в рабочем положении, внешнее тормозное устройство тормозного механизма для предохранения опоры от самопрокидывания при ее подъеме в рабочее положение и механизм натяжения несуще-тягового каната. Концевая опора устанавливается либо непосредственно на несущую раму [12, 13], либо на выносную поворотную платформу [18]. На оголовке концевой опоры закрепляется канатный шкив, а под ним размещаются механизмы перемещения и пространственной ориентации несуще-тягового каната. Концевая опора и подъемный гидроцилиндр, а также концевая опора и механизм натяжения каната кинематически связаны между собой и несущей рамой с помощью цилиндрических шарниров.

К месту разворачивания мобильной канатной дороги оба мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплекса перемещаются автономно, причем концевые опоры в это время находятся в транспортном положении (близком к горизонтальному). На месте расположения каждый мобильный транспортно-перегрузочный канатный комплекс ориентируется таким образом, чтобы продольная ось самоходного шасси совпадала с продольной осью мобильной канатной дороги. Для обеспечения общей устойчивости в условиях действия значительных горизонтальных опрокидывающих нагрузок от силы натяжения несуще-тягового каната и веса транспортируемых грузов самоходные шасси устанавливаются на аутригеры и закрепляются на грунте с помощью дополнительных анкерных устройств [19]. При выдвигении штока подъемного гидроцилиндра концевая опора поворачивается в вертикальной плоскости относительно цилиндрического шарнира, соединяющего ее с несущей рамой, и занимает требуемое рабочее положение (близкое к вертикальному). Для мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса с выносным расположением концевой опоры поворот относительно цилиндрического шарнира, соединяющего несущую ра-

му с поворотной платформой, приводит к опусканию поворотной платформы на грунт, а затем дальнейший поворот относительно цилиндрического шарнира, соединяющего концевую опору с поворотной платформой, переводит опору в рабочее положение. При эксплуатации мобильной канатной дороги концевая опора в рабочем положении может удерживаться подъемным гидроцилиндром, силовым полиспастом или складывающейся штангой [10]. Для согласования взаимного наклона канатных шкивов сопрягаемых базовых станций, который вызывается естественным провисанием несуще-тягового каната и расположением базовых станций на разных высотах, используется гидравлический механизм пространственной ориентации канатного шкива. Необходимое оптимальное натяжение несуще-тягового каната создается механизмом натяжения одной из базовых станций с помощью входящих к его конструкцию силового полиспаста и натяжной лебедки.

## 5. Заключение

Анализ возможных схемных решений, обеспечивающих получение работоспособной конструкции однопролетной мобильной канатной дороги, сформированной с помощью сопряженных единой несуще-тяговой канатной системой двух мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов на базе автономных самоходных шасси высокой грузоподъемности и проходимости, позволяет установить шесть альтернативных вариантов, каждый из которых обладает определенными положительными и негативными техническими свойствами.

Учитывая специфические требования, связанные с особенностями конструкции и ожидаемых режимов работы однопролетных мобильных канатных дорог на мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексах, в качестве наилучшего варианта был выбран вариант одноканатной мобильной канатной дороги маятникового типа с единой несуще-тяговой канатной системой в виде замкнутого несуще-тягового каната с двумя параллельно расположенными ветвями.



Также было установлено, что перспективным является еще один из альтернативных вариантов - одноканатная мобильная канатная дорога маятникового типа с единой несуще-тяговой канатной системой в виде закрепленного на синхронно работающих канатных лебедках несуще-тягового каната,

формирующего одну транспортную ветвь. Представляют несомненный интерес исследования, направленные на разработку научно обоснованных методов проектирования и моделирования рабочих процессов при эксплуатации указанного варианта мобильной канатной дороги.

### Список литературы

1. Короткий А.А., Лагерев А.В., Месхи Б.Ч., Лагерев И.А., Панфилов А.В., Таричко В.И. Транспортно-логистические технологии и машины для цифровой урбанизированной среды. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2019. 268 с. DOI: 10.5281/zenodo.3551132
2. Дукельский А.И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. М.-Л.: Машиностроение, 1966. 484 с.
3. Scheingert Z. Aerial Ropeways and Funicular Railways. London, 1966. 555 p.
4. Справочник проектировщика промышленных, жилых и гражданских зданий и сооружений. Промышленный транспорт. М.: Стройиздат, 1984. 231 с.
5. Логвинов А.С., Короткий А.А. Пассажирские одноканатные дороги. Устройство и эксплуатация. Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2016. 210 с.
6. Короткий А.А. Канатный транспорт (канатные дороги и лифты). Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2018. 114 с.
7. Лагерев А.В., Таричко В.И., Лагерев И.А. Определение оптимальных параметров грузовых подвесных канатных дорог с различной проектной производительностью // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. №10. С. 443-451. DOI: 10.5281/zenodo.355820
8. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Tarichko V.I. Impact of design capacity on optimal parameters of freight aerial mono-cable cableways // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. №378. 012063. DOI: 10.1088/1755-1315/378/1/012063
9. 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-

### References

1. Korotkiy A.A., Lagerev A.V., Meskhi B.Ch., Lagerev I.A., Panfilov A.V., Tarichko V.I. *Transportno-logisticheskie tekhnologii i mashiny dlya tsifrovoy urbanizirovannoy sredy* [Transport and logistics technologies and machines for the digital urban environment]. Rostov-on-Don, Don State Technical University, 2019. 268 p. DOI: 10.5281/zenodo.3551132 (In Russian)
2. Dukelskiy A.I. *Podvesnye kanatnye dorogi i kabelnye kраны* [Overhead cableways and cable cranes]. Moscow-Leningrad, Mashinostroenie, 1966. 484 p. (In Russian)
3. Scheingert Z. Aerial Ropeways and Funicular Railways. London, 1966. 555 p.
4. *Spravochnik proektirovshchika. Promyshlennyy transport* [Designer reference. Industrial transport]. Eds. A.S. Gelman, S.D. Chubarov. Moscow, Stroyizdat, 1984. 231 p. (In Russian)
5. Logvinov A.S., Korotkiy A.A. *Passazhirskie odnokanatnye dorogi. Ustroystvo i ekspluatatsiya* [Passenger ropeways with single rope. Device and operation]. Rostov-na-Donu, DGTU, 2016. 210 p. (In Russian)
6. Korotkiy A.A. *Kanatnyy transport (kanatnye dorogi i lifty)* [Cable transport (cable cars and elevators)]. Rostov-na-Donu, DGTU, 2018. 114 p. (In Russian)
7. Lagerev A.V., Tarichko V.I., Lagerev I.A. Determination of optimal parameters of freight aerial ropeway for various design capacity. *Izvestiya Tulskego gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2019, No. 10, pp. 443-451. DOI: 10.5281/zenodo.355820 (In Russian)
8. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Tarichko V.I. Impact of design capacity on optimal parameters of freight aerial mono-cable cable-

0099-z

10. Лагерев А.В., Лагерев И.А., Таричко В.И. Конструкции и основы проектирования мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов. Брянск: РИСО БГУ, 2020.- 207 с.

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

12. Лагерев А.В., Таричко В.И., Лагерев И.А. Компонировка технологического оборудования на базовом шасси мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2020. №3. С. 388-403. DOI: 10.22281/2413-9920-2020-06-03-388-403

13. Лагерев А.В., Таричко В.И., Лагерев И.А. Обеспечение вертикального габарита самоходной машины со штанговым механизмом установки и фиксации концевой опоры для мобильной канатной дороги // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2021. №2. С. 141-152. DOI: 10.22281/2413-9920-2020-07-02-141-152

14. Лагерев А.В., Лагерев И.А., Таричко В.И. Варианты компоновки основного технологического оборудования на базовых шасси мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов и их сравнительный анализ // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2021. №3. С. 236-250. DOI: 10.22281/2413-9920-2021-07-03-236-250

15. 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

16. Таричко В.И., Лагерев И.А. Концепция создания мобильных канатных дорог на базе специальных колесных шасси // Материалы Материалы Всеросс. научно-

ways. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 378 (2019) 012063. DOI: 10.1088/1755-1315/378/1/012063

9. 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

10. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Tarichko V.I. *Konstruktsii 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. (In Russian)

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

12. Lagerev A.V., Tarichko V.I., Lagerev I.A. Placement of technological equipment on the basic chassis of the mobile transportation and reloading rope complex. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2020, No.3, pp. 388-403. DOI: 10.22281/2413-9920-2020-06-03-388-403 (In Russian)

13. Lagerev A.V., Tarichko V.I., Lagerev I.A. Providing the vertical dimension of a self-propelled machine with a rod mechanism for installing and fixing the end tower for a mobile ropeway. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2021, No.2, pp. 141-152. DOI: 10.22281/2413-9920-2020-07-02-141-152 (In Russian)

14. Lagerev I.A., Lagerev A.V., Tarichko V.I. Variants of the layout of the main technological equipment on the base chassis of mobile transport and reloading rope complexes and their comparative analysis. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2021, No.3, pp. 236-250. DOI: 10.22281/2413-9920-2021-07-03-236-250 (In Russian)

15. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Tarichko V.I. Determination of tension forces of ropes during the operation of mobile transport and

практич. конф. «Инновационное развитие подъемно-транспортной техники». Брянск: БГТУ, 2019. С. 84-87.

17. Таричко В.И., Лагерев И.А. Концепция применения ленточных конвейеров для загрузки мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов // Материалы Всеросс. научно-практич. конф. «Инновационное развитие подъемно-транспортной техники». Брянск: БГТУ, 2020. С. 96-99.

18. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Предварительная компоновка основного технологического оборудования самоходной машины мобильной канатной дороги со штанговым механизмом установки и фиксации концевой опоры // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2021. №4. С. 336-347. DOI: 10.22281/2413-9920-2021-07-04-336-347

19. Лагерев А.В., Таричко В.И., Солдатов С.П. Обеспечение общей устойчивости базовых колесных станций мобильных канатных дорог // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2019. №2. С. 210-220. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-05-02-209-220

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)

16. Tarichko V.I., Lagerev I.A. The concept of creating mobile ropeways based on special wheeled chassis. *Materialy Vseross. nauchno-prakt. konf. «Innovatsionnoe razvitie podemno-transportnoy tekhniki»*, Bryansk, BGTU, 2019, pp. 84-87. (In Russian)

17. Tarichko V.I., Lagerev I.A. *Kontseptsiya primeneniya lentochnykh konveyerov dlya zagruzki mobilnykh transportno-peregruzochnykh kanatnykh kompleksov* [The concept of using belt conveyors for loading mobile transport and reloading rope complexes]. *Materialy Vseross. nauchno-prakt. konf. «Innovatsionnoe razvitie podemno-transportnoy tekhniki»*, Bryansk, BGTU, 2020, pp. 96-99. (In Russian)

18. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Preliminary layout of the main technological equipment of a self-propelled machine with a rod mechanism for installing and fixing the end tower for a mobile ropeway. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2021, No.4, pp. 336-347. DOI: 10.22281/2413-9920-2021-07-04-336-347 (In Russian)

19. Lagerev A.V., Tarichko V.I., Soldatchenkov S.P. General stability of a base vehicle of a mobile ropeway. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, No.2, pp. 210-220. DOI: 10.22281/2413-9920-2019-05-02-209-220 (In Russian)