

УДК (UDC) 62-82:681.581.5

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГАБАРИТА САМОХОДНОЙ МАШИНЫ
СО ШТАНГОВЫМ МЕХАНИЗМОМ УСТАНОВКИ И ФИКСАЦИИ КОНЦЕВОЙ
ОПОРЫ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ КАНАТНОЙ ДОРОГИPROVIDING THE VERTICAL DIMENSION OF A SELF-PROPELLED MACHINE
WITH A ROD MECHANISM FOR INSTALLING AND FIXING THE END TOWER
FOR A MOBILE ROPEWAYЛагереv А.В.¹, Таричко В.И.², Лагереv И.А.¹
Lagerev A.V.¹, Tarichko V.I.², Lagerev I.A.¹¹ - Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского (Брянск, Россия)² - АО «Брянский автомобильный завод» (Брянск, Россия)¹ - Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University (Bryansk, Russian Federation)² - Bryansk Automobile Plant JSC (Bryansk, Russian Federation)

Аннотация. Мобильные канатные дороги для проведения погрузочно-разгрузочных и транспортно-переправочных операций в заранее не обустроенных или труднодоступных местностях, формируемые с помощью соединенных единой канатной системой концевыми базовыми станциями на основе самоходных колесных или гусеничных шасси повышенной грузоподъемности и проходимости, являются перспективным видом подъемно-транспортной техники, обеспечивающим оперативное развертывание необходимых технологических средств. В статье рассмотрены вопросы компоновки механизма установки и фиксации концевой опоры с помощью складывающейся штанги, состоящей из двух шарнирно-сочлененных звеньев. Разработана математическая модель, обеспечивающая требуемый нормативный вертикальный габарит самоходной базовой станции мобильной канатной дороги с целью ее безопасного самостоятельного перемещения к месту развертывания канатной дороги по автомобильным дорогам общего назначения. Выполнен анализ влияния нормативных габаритных требований, конструктивных размеров несущей рамы шасси и высоты концевой опоры на основные конструктивные размеры шарнирно-сочлененной складывающейся штанги в транспортном положении. Расчеты показали, что рассмотренная конструкция позволяет обеспечить нормативный вертикальный габарит базовой станции на 6-осном самоходном шасси при длине концевой опоры до 18 м.

Ключевые слова: мобильная канатная дорога, самоходная машина, концевая опора, штанговый механизм, компоновка, геометрический анализ, кинематический анализ.

Дата принятия к публикации: 26.03.2021
Дата публикации: 25.06.2021

Abstract. Mobile ropeways for carrying out loading and unloading and transport and transfer operations in previously unsettled or inaccessible areas, formed with the help of terminal base stations connected by a single rope system on the basis of self-propelled wheeled or tracked chassis of increased carrying capacity and cross-country ability, are a promising type of lifting and transport equipment ensuring the prompt deployment of the necessary technological tools. The article deals with the layout of the mechanism for installing and fixing the end tower using a folding bar, consisting of two articulated links. A mathematical model has been developed that provides the required normative vertical dimension of a self-propelled base station of a mobile ropeway with the aim of its safe independent movement to the place of deployment of the ropeway along general roads. The analysis of the influence of standard dimensional requirements, design dimensions of the chassis carrying frame and the height of the end tower on the main design dimensions of the articulated folding rod in the transport position is carried out. Calculations have shown that the considered design makes it possible to provide the standard vertical dimension of a base station on a 6-axle self-propelled chassis with an end tower length of up to 18 m.

Keywords: mobile ropeway, self-propelled machine, end tower, rod mechanism, layout, geometric analysis, kinematic analysis.

Date of acceptance for publication: 26.03.2021
Date of publication: 25.06.2021

Сведения об авторах:

Лагерев Александр Валерьевич – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе НИИ фундаментальных и прикладных исследований ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», *e-mail: bsu-avl@yandex.ru*.

ORCID: 0000-0003-0380-5456

Таричко Вадим Игоревич – кандидат технических наук, заместитель генерального директора – главный конструктор АО «Брянский автомобильный завод», *e-mail: 32.6909@mail.ru*

Лагерев 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

Authors' information:

Alexander V. Lagerev - Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice director of Research Institute of Fundamental and Applied Research, Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University, *e-mail: bsu-avl@yandex.ru*.

ORCID: 0000-0003-0380-5456

Vadim I. Tarichko – Candidate of Technical Sciences, Deputy general director – General designer, Bryansk Automobile Plant JSC, *e-mail: 32.6909@mail.ru*.

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 финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых-докторов наук №МД-422.2020.8

Acknowledgements

The study was supported by Presidential Grant for Governmental Support to Young Russian Scientists No. №MD-422.2020.8

1. Введение

Как показывает анализ отечественных [1-4] и зарубежных [5-7] источников, канатные транспортные системы в виде стационарных подвесных или буксировочных канатных дорог получили широкое распространение для организации перевозки грузов и пассажиров в горной и труднодоступной местности, территориально распределенной урбанизированной среде. Это объясняется объективно присущими канатным системам уникальными функциональными и экономическими характеристиками [2, 3]. Для таких традиционных канатных дорог, тем не менее, характерны и существенные недостатки, ограничивающие их более широкое распространение и определяющую их функциональную нишу в сфере транспортно-логистических технологий [8, 9].

Для эксплуатирующихся в настоящее время подвесных канатных дорог характерна стационарность размещения опорных конструкций вдоль трассы канатной дороги [5, 10]. Эта конструктивная особенность несущих конструкций препятствует оперативной перестройке транспортной сети под изменяющиеся интересы пользователей или опе-

ративному переносу трассы канатной дороги на иное место эксплуатации. Также невозможно быстрое возведение стационарных конструкций и развертывание транспортно-перегрузочной канатной системы в труднодоступной и заранее не обустроенной местности, например, в условиях Арктики, или при необходимости скорого реагирования на события природного или техногенного характера в сложной оперативной обстановке (в условиях чрезвычайных ситуаций или военных конфликтов).

В сложившейся ситуации мобильные канатные дороги для проведения погрузочно-разгрузочных и транспортно-переправочных операций в заранее не обустроенных или труднодоступных местностях, формируемые с помощью соединенных единой канатной системой концевыми базовыми станциями на основе самоходных колесных или гусеничных шасси повышенной грузоподъемности и проходимости, являются перспективным видом подъемно-транспортной техники, обеспечивающим оперативное развертывание необходимых технологических средств [8, 9].

Высокая мобильность данного типа грузовых канатных транспортных систем обусловлена их размещением на специальных

многоосных шасси высокой грузоподъемности и проходимости базовых колесных или гусеничных машин многоцелевого назначения [11, 12]. Среди таких мобильных конструкций, которые в настоящее время представлены только самоходными трелевочными машинами для лесохозяйственных работ, имеются технические устройства, которые уже реализованы на практике и показали свою эффективность в процессе многолетней эксплуатации [13-15]. Еще большее число мобильных конструкций канатных дорог известны лишь в качестве технических предложений и патентов.

2. Исследуемая конструкция и постановка задачи

На рис. 1 и 2 показан общий вид исследуемой конструкции – конструкции штангового механизма установки и фиксации в рабочем положении концевой опоры, расположенного на несущей раме самоходной колесной машины, предназначенной для работы в составе мобильной канатной дороги. Исследуемая конструкция защищена патентом РФ [16]. Она является одним из конструктивных вариантов концевых базовых станций, предложенных в работе [8].

На рис. 1 и 2 цифровые обозначения соответствуют следующим элементам: 1 - несущая рама; 2 - самоходная концевая станция; 3 - надрамная конструкция; 4, 9, 12, 16, 21 - цилиндрический шарнир; 5 - концевая опора; 6, 10, 14 – проушина; 7, 11, 15, 19, 22 - шарнирный палец; 8 - подъемный гидроцилиндр; 13 - нижняя часть складывающейся штанги; 17 - верхняя часть складывающейся штанги; 18 - профилированная проушина; 20 – шток; 23 - канатный шкив; 24 - несущетяговый канат; 25 - транспортная стойка; 26 - выносная опора; 27 - анкерное устройство; 28 – кабина; 29 - стопорная пластина; 30 – сквозное окно для размещения складывающейся штанги (рис. 27, а); элемент I – механизм поворота канатного шкива.

Непосредственно на несущей раме колесного шасси монтируются конструктивные узлы и элементы механизма установки и фиксации концевой опоры в рабочем поло-

жении, включая саму концевую опору 5 и подъемный гидроцилиндр 8. Концевая опора является поддерживающей конструкцией для узлов механизма пространственной ориентации канатного шкива 23 и механизма движения несущетягового каната. Концевая опора и приводной гидроцилиндр кинематически связаны между собой с помощью шарнирсочлененной цилиндрическим шарниром 21 складывающейся штанги, состоящей из двух звеньев – нижней части 13 и верхней части 17. Механизм пространственной ориентации канатного шкива необходим для согласования взаимного расположения канатных шкивов сопряженных самоходных машин, установленных на разной высоте, и учета естественного провисания несущетягового каната [3]. Механизм движения несущетягового каната одной из мобильных установок обеспечивает маятниковое перемещение транспортируемых грузов вдоль трассы канатной дороги. Механизм натяжения несущетягового каната другой самоходной машины обеспечивает его оптимальное натяжение [17]. Указанные механизмы имеют частотно-регулируемый гидропривод [18, 19], работа которого осуществляется за счет отбора мощности штатного двигателя внутреннего сгорания самоходной машины.

К месту назначения самоходная колесная машина выдвигается, имея концевую опору в транспортном положении, как показано на рис. 1, а. При достижении места назначения машина ориентируется таким образом, чтобы ее продольная ось совпадала с продольной осью мобильной канатной дороги. Для обеспечения общей устойчивости в условиях действия значительных горизонтальных опрокидывающих нагрузок от силы натяжения несущетягового каната и транспортируемого груза [20] шасси выставляется на аутригеры, которые закрепляются на грунте с помощью дополнительных анкерных устройств. В их качестве могут быть использованы известные конструкции аутригеров с анкерными устройствами [21]. Концевая опора с помощью приводного гидроцилиндра поворачивается в вертикальной плоскости относительно цилиндрического шарнира В, занимая свое рабочее положение, как показа-

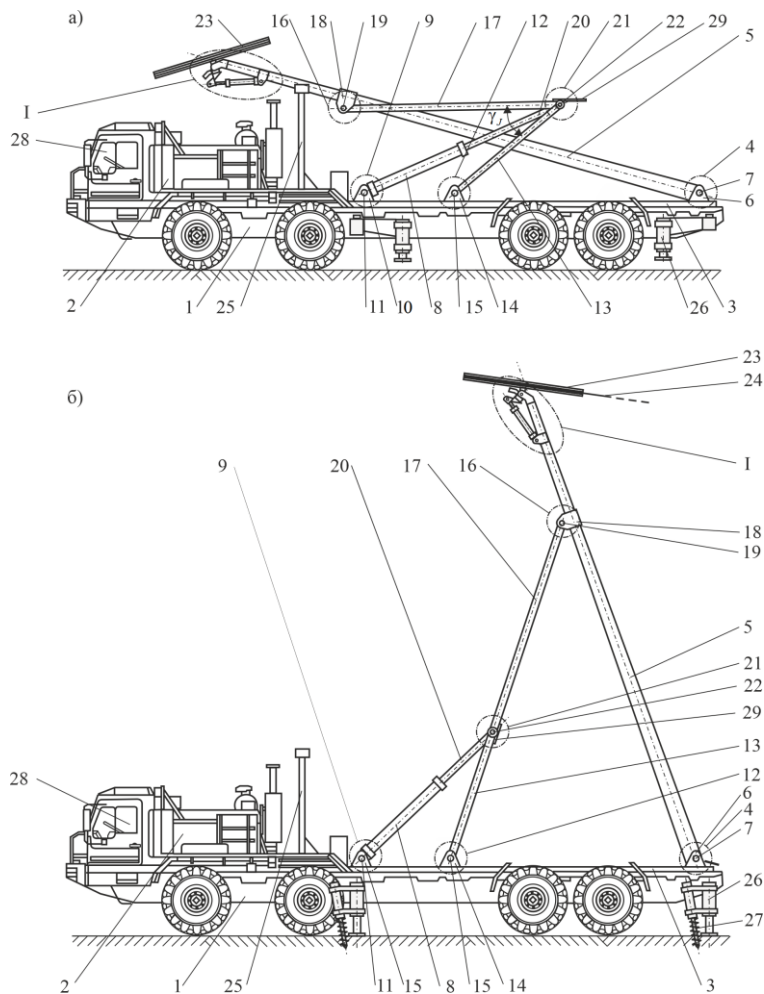


Рис. 1. Общий вид сбоку базовой станции с концевым расположением концевой опоры и складывающейся штангой и обозначением основных конструктивных элементов:

а – транспортное положение концевой опоры;

б – рабочее положение концевой опоры при $\gamma_{ws} < 0$

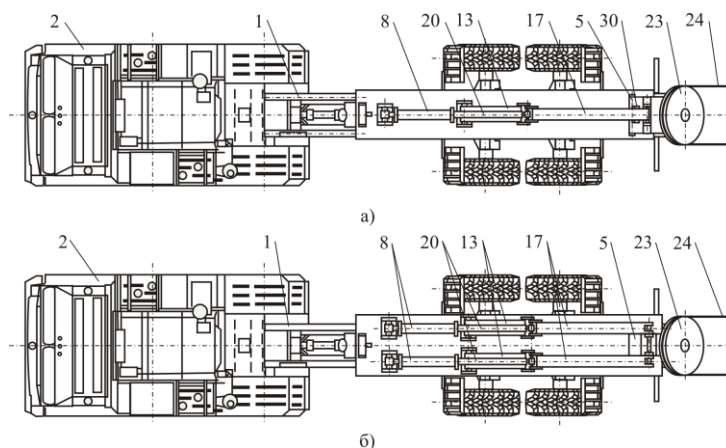


Рис. 2. Общий вид сверху базовой станции с концевым расположением концевой опоры и складывающейся штангой в рабочем положении при $\gamma_{ws} > 0$ в различных модификациях:

а - с одинарной складывающейся штангой и одинарным гидроцилиндром;

б - с двумя складывающимися штангами и сдвоенными параллельно установленными и синхронно работающими гидроцилиндрами одинакового типоразмера

но на рис. 1, б. При установке концевой опоры необходимо обеспечить согласование взаимного расположения канатных шкивов сопрягаемых мобильных канатных комплексов, формирующих трассу подвесной канатной дороги на местности и объединяемых в единую канатную транспортную систему с помощью общего несущего-тягового каната [9].

Перевод концевой опоры из исходного транспортного положения (рис. 1, а) в рабочее положение (рис. 1, б) производится подъемным гидроцилиндром путем втягивания штока 20 во внутрь его корпуса. Шток перемещает цилиндрический шарнир 21 по направлению к кабине 28 самоходной концевой станции в продольной вертикальной плоскости, причем он совершает сложное плоскопараллельное движение – поступательное вдоль продольной оси подъемного гидроцилиндра и поворотное относительно шарнирного пальца 22. При этом происходит увеличение угла γ_J (рис. 1, а) скрещивания продольных осей нижней и верхней частей складывающейся штанги. Нижняя часть складывающейся штанги воздействует на верхнюю часть, заставляя ее перемещаться вверх, одновременно поворачиваясь относительно шарнирного пальца 22 цилиндрического шарнира 21 в продольной вертикальной плоскости в противоположную сторону от кабины самоходной концевой станции. В свою очередь, верхняя часть складывающейся штанги воздействует на концевую опору 5 в месте присоединения цилиндрического шарнира 21, заставляя опору поворачиваться в продольной вертикальной плоскости относительно цилиндрического шарнира 4 и, таким образом, подниматься в требуемое рабочее положение (рис. 1, б). Рабочее положение концевой опоры достигается, когда продольные оси обеих частей складывающейся штанги совместятся (т.е. когда угол γ_J станет равным 180°). В этот момент перемещение штока прекращается вследствие срабатывания концевого выключателя, установленного на стопорной пластине 29. Всю эксплуатационную нагрузку воспринимает складывающаяся опора, работающая в условиях растяжения и обеспечивающая фиксацию концевой опоры в требуемом рабочем положении. По завершении

работы перевод концевой опоры из рабочего положения в транспортное положение производится в обратном порядке.

Таким образом, по сравнению с другими известными конструктивными вариантами концевых базовых станций [8] использование шарнирно-сочлененной складывающейся штанги позволяет обеспечить снижение массо-габаритных характеристик подъемного гидроцилиндра за счет уменьшения его необходимой длины и хода штока, а также освобождение подъемного гидроцилиндра от дополнительной функции по удержанию концевой опоры в требуемом рабочем положении в процессе эксплуатации мобильной канатной дороги.

При компоновке основного технологического оборудования на базовом колесном шасси необходимо обеспечить нормативный габарит приближения по высоте с целью безопасного проезда под мостовыми сооружениями и путепроводами при движении базовой станции по автомобильным дорогам общего пользования к месту дислокации. Нормативный габарит обеспечивается при выполнении условия

$$H_{mc} \leq [H], \quad (1)$$

где H_{mc} - вертикальная координата наиболее высокой точки основного технологического оборудования на базовом шасси в транспортном положении (вертикальный габарит); $[H] = 4$ м - нормативный габарит приближения по высоте с учетом требуемых зазоров, регламентируемый ГОСТ Р 52748-2007 [22].

Качественный анализ конструкции шарнирно-сочлененной складывающейся штанги позволяет сделать вывод, что лимитирующий размер H_{mc} , позволяющий обеспечить условие (1), зависит не только от размеров шасси и концевой опоры, но также от абсолютных значений длин и соотношения длин верхней и нижней части штанги и присоединительных размеров концов штанги к опоре и несущей раме шасси.

3. Математическая модель и ее анализ

Кинематическая схема механизма установки и фиксации концевой опоры со складывающейся

вающейся штангой для рассматриваемого варианта конструктивного исполнения базовой станции (рис. 1) в транспортном (исходном) и предельном рабочем (конечном) положениях концевой опоры приведена на рис. 3 [8].

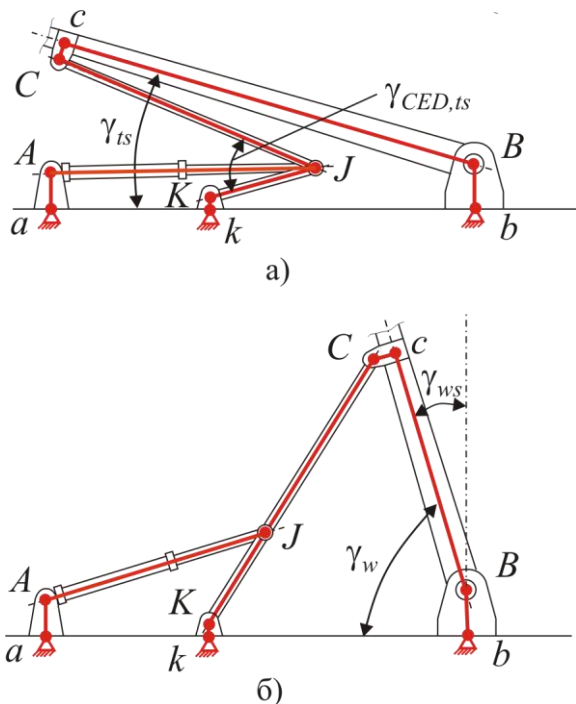


Рис. 3. Кинематическая схема механизма установки и фиксации концевой опоры складывающейся штангой: а - транспортное (исходное) положение; б - предельное рабочее (конечное) положение

Ориентация продольной оси концевой опоры в вертикальной плоскости характеризуется следующими конструктивными параметрами, исходно задаваемыми перед проведением геометрического и силового расчета компоновки основного технологического оборудования на базовом колесном шасси:

- углом наклона продольной оси концевой опоры к плоскости несущей рамы базовой станции в транспортном положении γ_{ts} ;
- углом наклона продольной оси концевой опоры к перпендикуляру к поверхности грунта в предельном рабочем положении γ_{ws} (для вариантов конструктивного исполнения базовой станции со складывающейся штангой предельное рабочее положение соответствует единственному рабочему положению, т.е. $\gamma_w = \pi/2 + \gamma_{ws}$);

- расстояниями между характерными точками i и j кинематической схемы l_{ij} .

При задании длин сопрягаемых частей складывающейся штанги l_{CJ} и l_{JK} необходимо исключить возможность их контактирования как с металлоконструкцией концевой опоры, так и надрамной конструкции, для чего в транспортном положении должно выполняться условие

$$\gamma_{CED,ts} > [\gamma_{CED}]_{\min},$$

где $[\gamma_{CED}]_{\min}$ - угол, минимально допустимый по условию расположения сопрягаемых частей складывающейся штанги в пространстве под концевой опорой.

Расчетная схема для разработки компоновки основного технологического оборудования, включающего складывающуюся штангу, на базовом колесном шасси в транспортном положении приведена на рис. 4.

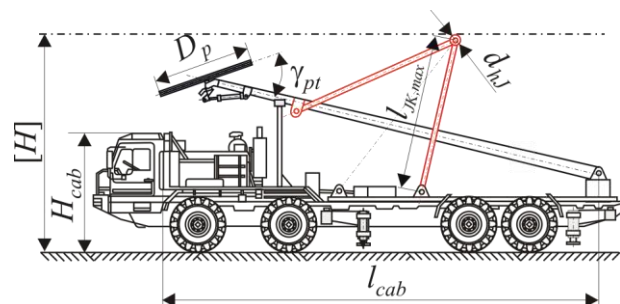


Рис. 4. Расчетная схема для компоновки основного технологического оборудования при установке концевой опоры с помощью складывающейся штанги в транспортном положении

При использовании при установке концевой опоры складывающейся штанги вертикальная координата наиболее высокой точки основного технологического оборудования базовой станции в транспортном положении (вертикальный габарит) H_{mc} может также определяться возвышением шарнирного узла соединения сопрягаемых частей штанги (рис. 4). Такая ситуация возможна, если длина нижней части штанги l_{JK} превышает максимально допустимую величину $l_{JK,max}$. Значение $l_{JK,max}$ совместно со значением координаты x_J центра J шарнирного узла соеди-

нения сопрягаемых частей штанги находится в виде решения системы двух нелинейных урав-

$$\begin{cases} (x_J - l_{ak})^2 + ([H] - h_{lb} - h_{of} - d_{hJ} / 2 - l_{Kk})^2 - l_{JK,max}^2 = 0 \\ (x_J - x_{C,ts})^2 + ([H] - h_{lb} - h_{of} - d_{hJ} / 2 - y_{C,ts})^2 - (L_{sh} - l_{JK,max})^2 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

где h_{lb} - высота рабочей плоскости несущей рамы шасси; h_{of} - высота надрамной конструкции; d_{hJ} - габаритный размер шарнирного узла соединения сопрягаемых частей штанги; x_C , y_C - координаты центра шарнира C узла присоединения верхней части складывающейся штанги в транспортном положении (рис. 4); L_{sh} - длина складывающейся штанги в разложенном состоянии.

Размеры $x_{C,ts}$, $y_{C,ts}$ и L_{sh} , необходимые для определения $l_{JK,max}$, вычисляются с помощью следующих зависимостей:

$$\begin{aligned} x_{C,ts} &= l_{ab} - l_{Bc} \cos \gamma_{ts} - l_{Cc} \sin \gamma_{ts}; \\ y_{C,ts} &= l_{Bb} + l_{Bc} \sin \gamma_{ts} - l_{Cc} \cos \gamma_{ts}; \\ L_{sh} &= l_{JK} + l_{CJ} = \\ &= \left[(l_{ab} - l_{ak} + l_{Bc} \sin \gamma_{ws} - l_{Cc} \cos \gamma_{ws})^2 + \right. \\ &\left. + (l_{Bb} - l_{Kk} + l_{Bc} \cos \gamma_{ws} + l_{Cc} \sin \gamma_{ws})^2 \right]^{0,5}. \end{aligned}$$

Как пример, на рис. 5 приведены графики изменения максимально допустимой длины нижней части складывающейся штанги $l_{JK,max}$ и относительной длины $l_{JK,max}/L_{sh}$ в зависимости от расстояния между шарнирами B и C l_{Bc} и угла наклона концевой опоры длиной 10 м в рабочем положении γ_{ws} . С увеличением угла γ_{ws} , т.е. увеличением отклонения концевой опоры в сторону трассы канатной дороги, наблюдается практически линейный рост максимально допустимой длины нижней части складывающейся штанги $l_{JK,max}$, что обусловлено необходимостью увеличения длины складывающейся штанги в разложенном состоянии, соответствующем рабочему положению концевой опоры. Однако относительная длина $l_{JK,max}/L_{sh}$ изменяется незначительно: интервал разброса ее значений $\Delta(l_{JK,max}/L_{sh}) < 0,03$.

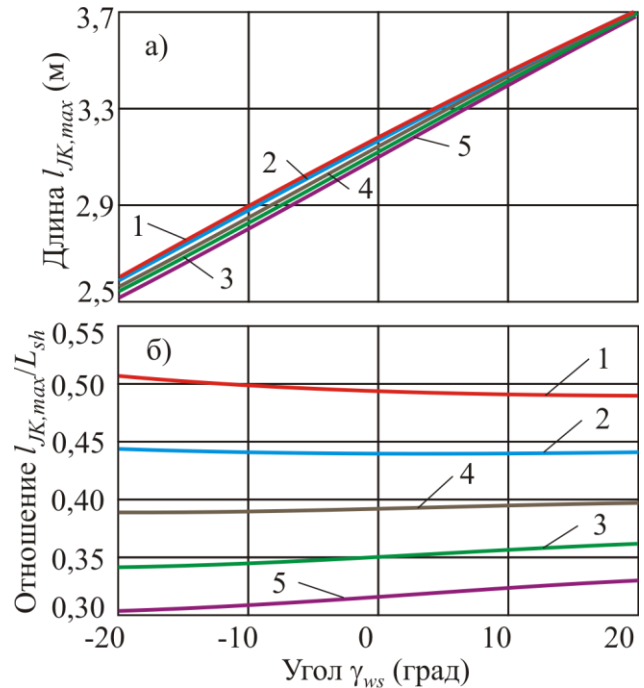


Рис. 5. Влияние расстояния между шарнирами B и C l_{Bc} и угла наклона концевой опоры в рабочем положении γ_{ws} на максимально допустимую длину нижней части штанги: а - $l_{JK,max}$; б - $l_{JK,max}/L_{sh}$ (1 - $l_{Bc} = 5$ м; 2 - $l_{Bc} = 6$ м; 3 - $l_{Bc} = 7$ м; 4 - $l_{Bc} = 8$ м; 5 - $l_{Bc} = 9$ м)

На рис. 6 в масштабе показано взаимное расположение в транспортном положении концевой опоры, складывающейся штанги и подъемного гидроцилиндра в случае лимитирования вертикального габарита базовой станции $H_{mc} = [H] = 4$ м положением шарнира J (при максимально допустимой длине нижней части складывающейся штанги $l_{JK,max}$). Расчеты показывают, что при изменении размеров l_{Bc} и γ_{ws} в практически важном диапазоне горизонтальная координата шарнира J изменяется сравнительно мало, например, для рассматриваемой конструкции базовой станции она лежит в диапазоне $\Delta x_J < 0,9$ м.

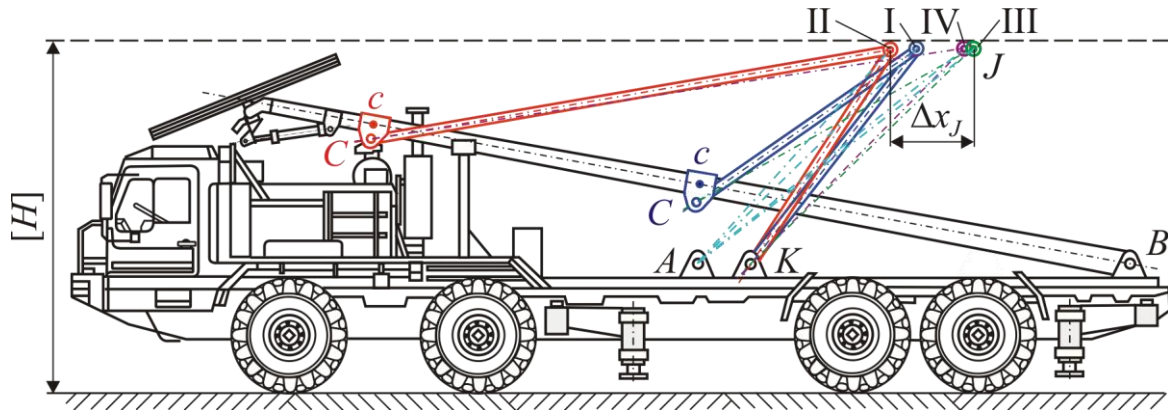


Рис. 6. Конфигурация технологического оборудования в транспортном положении для случая лимитирования вертикального габарита базовой станции расположением шарнира J при длине концевой опоры 10 м: I - $l_{Bc} = 5$ м, $\gamma_{ws} = -10^\circ$; II - $l_{Bc} = 9$ м, $\gamma_{ws} = -10^\circ$; III - $l_{Bc} = 5$ м, $\gamma_{ws} = 10^\circ$; IV - $l_{Bc} = 9$ м, $\gamma_{ws} = 10^\circ$

Длина нижней части складывающейся штанги l_{JK} лимитируется минимально допустимым значением $l_{JK,min}$

$$l_{JK} > l_{JK,min},$$

которое определяется зависимостью:

$$l_{JK,min} = \frac{1}{2} \left\{ L_{sh} - \left[(l_{ab} - l_{ak} - l_{Bc} \cos \gamma_{ts} - l_{Cc} \sin \gamma_{ts})^2 + (l_{Bb} - l_{Kk} + l_{Bc} \sin \gamma_{ts} - l_{Cc} \cos \gamma_{ts})^2 \right] \right\}.$$

Анализ системы уравнений (2) показывает, что значение максимально допустимой длины нижней части штанги $l_{JK,max}$ и координаты x_J центра J шарнирного узла соединения сопрягаемых частей штанги, удовлетворяющие условию (1), не зависят от длины концевой опоры. Очевидно, максимально возможная длина концевой опоры $H_{t,max}$, которую можно разместить на самоходном шасси базовой станции, определяется максимальным возвышением оголовка опоры (рис. 7).

Данный случай максимального возвышения оголовка концевой опоры рассмотрен в [8, 23]. Максимально возможная длина концевой опоры $H_{t,max}$ может быть достигнута при угле ее наклона в транспортном положении, равном γ_{ts}^{min} . Согласно [8] величина этого угла находится решением нелинейного уравнения вида

$$l_{cab} \sin \gamma_{ts}^{min} - \frac{B_t}{2 \cos \gamma_{ts}^{min}} + h_{lb} + h_{of} + l_{Bb} - H_{cab} = 0,$$

где l_{cab} - расстояние между задней стенкой кабины водителя и шарниром B крепления концевой опоры; B_t - высота поперечного сечения концевой опоры; H_{cab} - высота кабины водителя.

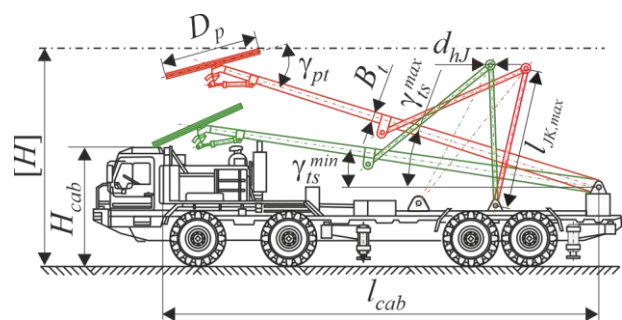


Рис. 7. Расчетная схема для определения максимально возможная длина концевой опоры, которую можно разместить на самоходном шасси базовой станции

Тогда максимально возможная длина концевой опоры $H_{t,max}$ определяется с помощью соотношения

$$H_{t,max} = \frac{[H] - 0,5D_p \sin(\gamma_{pt} - \gamma_{ts}^{min}) - h_{lb} - h_{of} - l_{Bb}}{\sin \gamma_{ts}^{min}},$$

а максимально возможная высота расположения канатного шкива составляет

$$H_{rp,max} = h_{lb} + h_{of} + l_{Bb} + H_{t,max},$$

где D_p - диаметр канатного шкива; γ_{pt} - угол наклона канатного шкива к продольной оси концевой опоры в транспортном положении.

4. Заключение

Анализ представленной в данной статье математической модели расчета вертикального габарита базовых концевых станций мобильных канатных дорог на основе самоходных многоосных специальных шасси высокой грузоподъемности и проходимости с установленным на них основным технологическим оборудованием для установки и фиксации в рабочем положении концевой опоры при помощи шарнирно-сочлененной складывающейся штанги доказывает возможность разработки такой компоновки оборудования базовой станции в транспортном положении, которая бы позволяла ее самостоятельное перемещение по автомобильным дорогам общего назначения до места дислокации с учетом нормативных требований в части высотных приближений к объектам дорожной инфраструктуры, причем при этом концевая опора имеет практически значимую длину.

Например, 6-осные самоходные шасси могут укомплектовываться концевыми опорами длиной порядка 18 м, что позволяет в рабочем положении концевой опоры поднимать канатный шкив на высоту порядка 20 м, обеспечивая возможность транспортирования грузов на значительное расстояние исходя из естественного провисания несущего каната под нагрузкой и собственным погонным весом и разности высотных отметок установки сопряженных концевых базовых станций. Максимально возможная длина концевой опоры не зависит от конструктивных размеров верхней и нижней частей складывающейся штанги и ее присоединительных размеров, а лимитируется, главным образом, продольной длиной самоходного шасси. Таким образом, использование шасси с большим количеством осей позволяет устанавливать на них более высокие концевые опоры при использовании шарнирно-сочлененных штанг одинаковых размеров.

Список литературы

1. Канатная дорога [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Канатная_дорога (Дата обращения: 20.02.2021).
2. Короткий А.А., Маслов В.Б. О перспективах применения канатного транспорта // Безопасность труда в промышленности. 2005. №6. С.30-34.
3. Короткий А.А., Лагереv А.В., Месхи Б.Ч., Лагереv И.А., Панфилов А.В. Развитие транспортной инфраструктуры крупных городов и территорий на основе технологии канатного метро. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. 344 с. DOI: 10.5281/zenodo.1311913
4. Логвинов А.С., Короткий А.А. Пассажирские одноканатные дороги. Устройство и эксплуатация. Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2016. 210 с.
5. Scheingert Z. Aerial Ropeways and Funicular Railways. London, 1966. 555 p.
6. Vuchic V.R. Urban Transit Systems and Technology. NY: John Wiley & Sons, Inc., 2007. 614 p.
7. El-JouZou H. A Comparative Study of Aerial Ropeway Transit (ART) Systems. Ad-

References

1. *Kanatnaya doroga* [site]. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Канатная_дорога (accessed 03 Apr. 2021) (In Russian)
2. Korotkiy A.A., Maslov V.B. O perspektivakh primeneniya kanatnogo transporta. *Bezopasnost truda v promyshlennosti*, 2005, No.6, pp. 30-34. (In Russian)
3. Korotkiy A.A., Lagerev A.V., Meskhi B.Ch., Lagerev I.A., Panfilov A.V. *Razvitie transportnoy infrastruktury krupnykh gorodov i territoriy na osnove tekhnologii kanatnogo metro* [The development of transport infrastructure of large cities and territories on the basis of technology of passenger ropeways]. Rostov-na-Donu, DGTU, 2017. 344 p. DOI: 10.5281/zenodo.1311913 (In Russian)
4. 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)
5. Scheingert Z. Aerial Ropeways and Funicular Railways. London, 1966. 555 p.
6. Vuchic V.R. Urban Transit Systems and

vantages and Possibilities // Master of Science in Urban Agglomerations Thesis, Frankfurt University of Applied Sciences. 2016. 210 p.

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

9. 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.1311913

10. Дукельский А.И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. М.-Л.: Машиностроение, 1966. 484 с.

11. Кочнев Е.Д. Энциклопедия военных автомобилей 1769-2006. М.: За рулем, 2006. 640 с.

12. Белоусов Б.Н., Попов С.Д. Колесные транспортные средства особо большой грузоподъемности. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 728 с.

13. Special machines – Valentini Teleferiche. Available online: <https://www.valentini-teleferiche.it/en/soluzioni/special-machines> (accessed 03 Apr. 2021).

14. Канатная дорога LARIX 3T [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.slpkrtiny.cz/ru/eieel-lner-al-nleuiinnu/elni-l-errci/elni-l-erric/larix-3t/> (дата обращения: 16.08.19).

15. Канатная дорога MOZ 300 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://docviewer.yandex.ru/view/91983459\(D_Lite_13_1d_page80_82.pdf\)](https://docviewer.yandex.ru/view/91983459(D_Lite_13_1d_page80_82.pdf)) (дата обращения: 16.08.19).

16. Пат. 2004005 Рос. Федерация: МПК⁷ В61В 7/00, В61В 7/06, В66С 23/16. Самоходная концевая станция мобильной канатной дороги / Лагерев А.В., Лагерев И.А., Таричко В.И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского». - № 2020141677; заявл. 16.12.20; опубл. 04.05.2021. Бюл. № 13.

17. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Оптимизация шага установки промежуточных опорных конструкций вдоль линии канатно-

Technology. NY: John Wiley & Sons, Inc., 2007. 614 p.

7. El-JouZou H. A Comparative Study of Aerial Ropeway Transit (ART) Systems. Advantages and Possibilities. Master of Science in Urban Agglomerations Thesis, Frankfurt University of Applied Sciences. 2016. 210 p.

8. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Tarichko V.I. *Konstruksii i osnovy proektirovaniya mobilnykh transportno-peregruzochnykh kanatnykh kompleksov* [Structures and design fundamentals of mobile transport and transshipment rope complexes]. Bryansk, RISO BGU, 2020. 207 p. (In Russian)

9. 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)

10. Dukelskiy A.I. *Podvesnye kanatnye dorogi i kabelnye krany* [Overhead cableways and cable cranes]. Moscow-Leningrad, Mashinostroenie, 1966. 484 p. (In Russian)

11. Kochnev E.D. *Entsiklopediya voennykh avtomobiley 1769-2006* [Encyclopedia of Military Vehicles 1769-2006]. Moscow, OOO Knizhnoe izdatelstvo Za rulem, 2006. 640 p. (In Russian)

12. Belousov B.N., Popov S.D. *Kolesnye transportnye sredstva osobo bolshoy grupopodemnosti* [Wheeled vehicles of extra heavy duty]. Moscow, Izdatelstvo MGTU imeni N.E. Bauman, 2006. 728 p. (In Russian)

13. Special machines – Valentini Teleferiche. Available online: <https://www.valentini-teleferiche.it/en/soluzioni/special-machines> (accessed 03 Apr. 2021).

14. *Kanatnaya doroga LARIX 3T* [site]. Available at: <http://www.slpkrtiny.cz/ru/eieel-lner-al-nleuiinnu/elni-l-errci/elni-l-erric/larix-3t/> (accessed 03 Apr. 2021). (In Russian)

15. *Kanatnaya doroga MOZ 300* [site]. Available at: [https://docviewer.yandex.ru/view/91983459\(D_Lite_13_1d_page80_82.pdf\)](https://docviewer.yandex.ru/view/91983459(D_Lite_13_1d_page80_82.pdf)) (accessed 03

го метро // Вестник Брянского государственного университета. 2014. № 4. С. 22-30.

18. Лагереv А.В., Таричко В.И., Лагереv 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

19. Лагереv А.В., Таричко В.И., Лагереv И.А. Работа гидроприводов с частотно-дрессельным регулированием мобильных канатных комплексов при последовательной установке дресселей // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2020. №1. С. 73-92. DOI: 10.22281/2413-9920-2020-06-01-73-92

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

21. Лагереv И.А., Лагереv А.В. Современная теория манипуляционных систем мобильных многоцелевых транспортно-технологических машин и комплексов. Конструкции и условия эксплуатации. Брянск: РИО БГУ, 2018. 190 с. DOI: 10.5281/zenodo.1294622

22. ГОСТ Р 52748-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения. Введ. 2008-01-01. М.: Стандартинформ, 2008. 16 с.

23. Лагереv И.А., Таричко В.И., Лагереv А.В. Компоновка 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

Apr. 2021). (In Russian)

16. Patent RU 204005, B61D 7/00, B61D 7/06, B66C 23/16. *Samokhodnaya kontsevaya stantsiya mobilnoy kanatnoy dorogi* [Self-propelled terminal station of the mobile ropeway]. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Tarichko V.I. Declared 16.12.2020. Published 04.05.2021. (In Russian)

17. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Optimizing the step of installation of intermediate tower structures along the ropeway line. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, No.4, pp. 22-30. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1302237> (In Russian)

18. 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)

19. Lagerev A.V., Tarichko V.I., Lagerev I.A. The operation of hydraulic drives with frequency-throttle regulation for mobile rope complexes with the consistent installation of throttles. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2020, No.1, pp. 73-92. DOI: 10.22281/2413-9920-2020-06-04-73-92 (In Russian)

20. 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)

21. Lagerev I.A., Lagerev A.V. *Sovremennaya teoriya manipulatsionnykh sistem mobilnykh mnogotselovykh transportno-tekhnologicheskikh mashin i kompleksov. Konstruktsiya i usloviya ekspluatatsii* [Modern theory of manipulation systems of mobile multi-purpose transport and technological machines and complexes. Design and operating conditions]. Bryansk, Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University, 2018. 190 p. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1294622> (In

- ‡ Russian)
‡ 22. GOST R 52748-2007 Automobile roads
‡ of the general using. Standard loads, loading
‡ systems and clearance approaches. Moscow,
‡ Standartinform, 2008. 16 p. (In Russian)
‡ 23. 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-*
‡ *tekhnicheskiy vestnik Bryanskogo*
‡ *gosudarstvennogo universiteta*, 2020, No.3, pp.
‡ 388-403. DOI: 10.22281/2413-9920-2020-06-
‡ 03-388-403 (In Russian)