

УДК (UDC) 625.1/5

АНАЛИЗ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УСТАНОВКИ ВЫНОСНЫХ ОПОР
САМОХОДНЫХ ШАССИ МОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ
КАНАТНЫХ КОМПЛЕКСОВANALYSIS OF THE OPERATION OF A DEVICE FOR INSTALLING OUTRIGGERS
OF SELF-PROPELLED CHASSIS OF MOBILE TRANSPORT AND RELOADING
ROPE COMPLEXESЛагереv А.В., Лагереv И.А.
Lagerev A.V., Lagerev I.A.Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского (Брянск, Россия)
Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University (Bryansk, Russian Federation)

Аннотация. Однопролетные мобильные канатные дороги маятникового типа, сформированные с помощью сопряженных единой канатной системой двух мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов на базе самоходных колесных шасси высокой проходимости и грузоподъемности, в настоящее время рассматриваются как перспективный вид транспортирующего оборудования для решения многих задач в неблагоприятных природных и социальных ситуациях. Статья посвящена важной технической задаче обеспечения безопасной эксплуатации канатных комплексов, связанной с потерей общей устойчивости и опрокидывания колесного шасси в условиях действия значительных эксплуатационных нагрузок от натяжения канатной системы, создающих опрокидывающий момент. Подробно представлена оригинальная конструкция устройства для установки выносных опор, обеспечивающая автоматизированное выполнение необходимых технологических работ. Разработанная методика проектирования указанного устройства основана на анализе кинематики подвижных конструктивных элементов устройства, что позволило установить расчетные зависимости для определения основных конструктивных размеров. Рассмотренная конструкция и методика проектирования могут быть использованы при создании транспортно-технологических машин другого функционального назначения, при работе которых возможны ситуации потери общей устойчивости и опрокидывания.

Ключевые слова: мобильный канатный комплекс, выносная опора, проектирование, кинематическая схема.

Дата принятия к публикации: 01.12.2022
Дата публикации: 10.03.2023

Сведения об авторах:

Лагереv Александр Валерьевич – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе НИИ фундаментальных и прикладных исследований ФГБОУ ВПО «Брянский го-

Abstract. Single-span mobile ropeways of the pendulum type, formed with the help of two mobile transport and reloading rope complexes connected by a single rope system on the basis of self-propelled wheeled chassis of high cross-country ability and carrying capacity, are currently considered as a promising type of transporting equipment for solving many tasks in adverse natural and social situations. The article is devoted to an important technical task of ensuring the safe operation of rope complexes associated with the loss of overall stability and overturning of the wheeled chassis under conditions of significant operational loads from the tension of the rope system, creating an overturning moment. The original design of the device for the installation of outriggers is presented in detail, providing automated execution of the necessary technological work. The developed method of designing this device is based on the analysis of the kinematics of the movable structural elements of the device, which allowed us to establish the calculated dependencies for determining the main structural dimensions. The considered design and design methodology can be used in the creation of transport and technological machines of other functional purposes, during the operation of which situations of loss of overall stability and overturning are possible.

Keywords: mobile rope complex, outrigger, design, kinematic scheme

Date of acceptance for publication: 01.12.2022
Date of publication: 10.03.2023

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,

сударственный университет имени академика И.Г. Петровского», e-mail: bsu-avl@yandex.ru.

ORCID: 0000-0003-0380-5456

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

e-mail: bsu-avl@yandex.ru.

ORCID: 0000-0003-0380-5456

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

Важной технической задачей, решаемой при проектировании и эксплуатации мобильных транспортно-технологических машин различного функционального назначения, является задача обеспечения безопасности проведения погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ путем исключения потери общей устойчивости и опрокидывания машины в условиях действия на рабочий орган значительных по величине вертикальных и горизонтальных эксплуатационных нагрузок, создающих опрокидывающие моменты относительно ребра опрокидывания [1 - 4]. Эта задача важна для таких видов мобильной подъемно-транспортной техники, как самоходные грузоподъемные краны стрелового типа, крано-манипуляторные установки, краны-манипуляторы, подъемные вышки и др.

Одним из наиболее эффективных методов, способствующих повышению запаса общей устойчивости и поэтому применяемых практически всегда в конструкции указанных мобильных транспортно-технологических машин, является использование выносных опор (аутригеров) [5 - 7]. Эффект от их применения обусловлен фактом дополнительного опирания работающих машин на опорную поверхность, что позволяет изменить положение ребра опрокидывания машины и, таким образом, перераспределить соотношение между опрокидывающим и удерживающим моментами в благоприятную с точки зрения безопасности сторону [3].

В мировой эксплуатационной практике постоянно фиксируются случаи потери об-

щей устойчивости при работе мобильного подъемно-транспортного оборудования, имеющие серьезные последствия как для эксплуатационного персонала, так и для близко расположенного оборудования и сооружений [8]. Поэтому несмотря на то, что к настоящему времени в научно-технической и патентной литературе можно найти значительное число публикаций, посвященных описанию конструкций, принципов работы и методик проектирования и оценки эффективности выносных опор транспортно-технологических машин различного функционального назначения, разрабатываются новые конструкции аутригеров с учетом новых потребностей производителей и пользователей мобильной подъемно-транспортной техники.

2. Исследуемая конструкция

Мобильные транспортно-перегрузочные канатные комплексы на базе автономных самоходных специальных шасси базовых многоцелевых колесных и гусеничных машин высокой проходимости и грузоподъемности [9] или на базе буксируемых ими прицепов и полуприцепов [10] также подвержены опасности потери общей устойчивости и опрокидывания в процессе их работы в составе мобильной канатной дороги. Это связано с тем, что со стороны несущей тяговой канатной системы мобильной канатной дороги на концевые опоры канатных комплексов действуют значительные горизонтальные эксплуатационные нагрузки, обусловленные предварительным натяжением канатов, собственным весом канатов и весом транспортируемого груза, ветровым воздействием и дина-

мическим поведением канатов [11 - 13]. Поэтому разработка выносных опор для этого вида подъемно-транспортной техники является актуальной задачей [14, 15].

Общий вид транспортно-технологической машины с выносными опорами исследуемой конструкции в транспортном (нерабочем) и рабочем положениях показан на рис. 1 и 2 [16]. На рис. 1 и 2 используются следующие обозначения: 1 - несущая рама; 2 - надрамная конструкция; 3 - передняя поворотная несущая балка; 4 - задняя поворотная несущая балка; 5 - косынка; 6 - втулка; 7 - кольцо; 8 - шарнирный палец; 9 - грязесъемная манжета; 10 - крышка; 11 - корпус выносной опоры; 12 - стойка выносной опоры; 13 - опорная пятка; 14 - поперечная балка; 15 - передний приводной гидроцилиндр; 16 - задний приводной гидроцилиндр; 17, 18 - шток; 19 - серьга; 20 - рычаг; 21, 22 - шарнирный палец; 23 - проушина; 24 - окно; А-А - продольная ось цилиндрического шарнира.

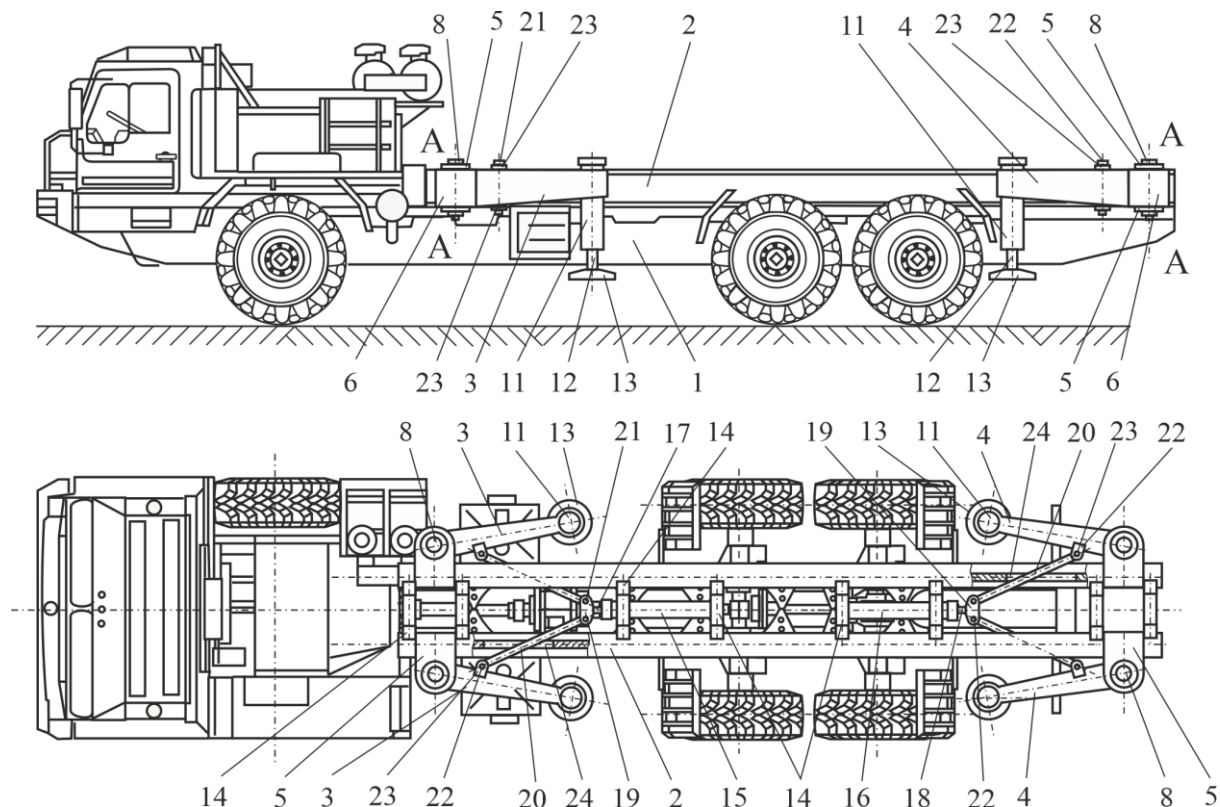


Рис. 1. Общий вид транспортно-технологической машины с выносными опорами исследуемой конструкции в транспортном (нерабочем) положении [16]

На несущей раме 1 самоходного шасси мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса или иной транспортно-технологической машины неподвижно закреплена надрамная конструкция 2. Она обеспечивает размещение необходимого технологического оборудования (в частности, концевой опоры мобильной канатной дороги). К ее боковым сторонам попарно с каждой стороны крепятся две передние 3 и две задние 4 поворотные несущие балки. Конструкция крепления этих балок представляет собой цилиндрический шарнир, у

которого продольная ось А-А перпендикулярна продольной плоскости надрамной конструкции. Такой цилиндрический шарнир образован парой косынок 5, приваренных к поверхности верхнего и нижнего поясов надрамной конструкции, между которыми помещается втулка 6. Втулка неподвижно закреплена на конце передней или задней поворотной несущей балки. В соосные отверстия косынок, усиленных кольцами 7, и втулки установлен шарнирный палец 8 с фиксацией в продольном направлении с помощью разъемного соединения. Для предо

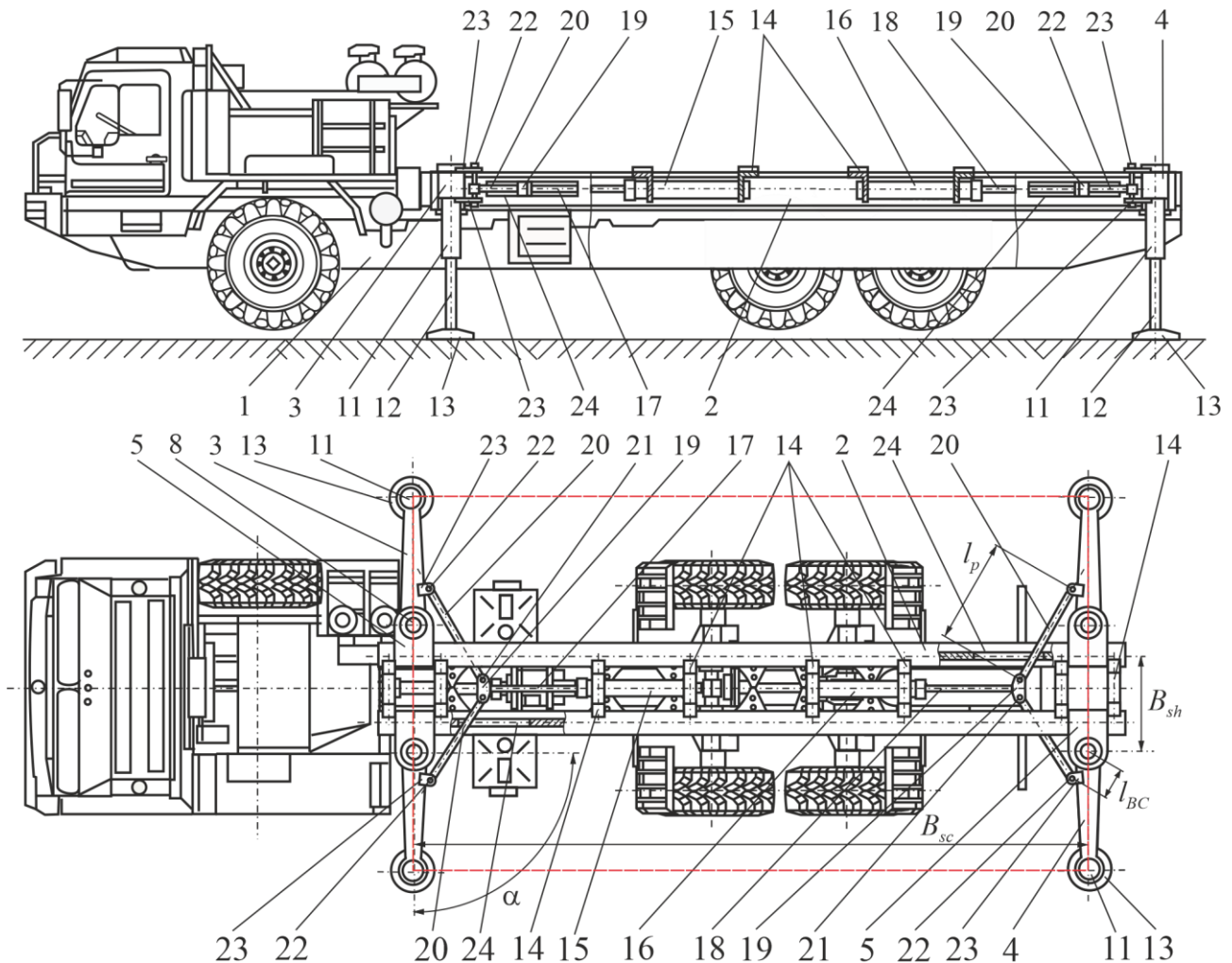


Рис. 2. Общий вид транспортно-технологической машины с выносными опорами исследуемой конструкции в рабочем положении [16]

хранения поверхности контактирования шарнирного пальца и втулки от загрязнений (пыли, влаги, абразивных частиц и т.п.) и возможности их смазки устанавливаются грязесъемные манжеты 9 и крышки 10. Внутренняя полость шарнира заполняется пластичным смазочным материалом - консистентной смазкой.

На свободном конце каждой передней 3 и задней 4 поворотной несущей балки неподвижно закреплен корпус выносной опоры 11. Стойка выносной опоры 12 имеет возможность осевого перемещения в вертикальном направлении и снабжена опорной пятой 13. К надрамной конструкции с помощью поперечных балок 14 крепятся два однотипных приводных гидроцилиндра двухстороннего действия с односторонним штоком – передний 15 и задний 16 приводной гидроцилиндр. Продольные оси этих гидроцилиндров

совпадают с продольной осью надрамной конструкции, а их штоки 17 и 18 направлены в противоположные стороны. Шток переднего приводного гидроцилиндра направлен в сторону кабины водителя самоходного шасси, а шток заднего приводного гидроцилиндра направлен в противоположную от кабины водителя сторону. На свободном конце каждого из штоков неподвижно закреплена серьга 19 симметричной формы, снабженная двумя отверстиями для создания пары цилиндрических шарнирных соединений с рычагами 20 равной длины l_p (рис. 2). Эти шарнирные соединения формируются путем установки шарнирного пальца 21 в соосные отверстия серьги и рычага. Другим своим концом каждый рычаг шарнирно закрепляется на одной передней или одной задней поворотной несущей балке. Указанные цилиндрические шарнирные соединения формируются

руются путем установки шарнирных пальцев 22 в соосные отверстия рычагов и проушин 23, приваренных к боковой поверхности соответствующей поворотной несущей балки. Таким образом, рычаги обеспечивают кинематическую связь подвижных штоков приводных гидроцилиндров с передними и задними поворотными несущими балками. Боковые стенки надрамной конструкции имеют сквозные окна 24, обеспечивающие свободное плоскопараллельное перемещение рычагов в процессе установки выносных опор из транспортного положения в рабочее положение и обратно.

К месту эксплуатации самоходное шасси мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса прибывает, имея выносные опоры в транспортном положении, т.е. передние и задние поворотные несущие балки максимально прижаты к надрамной конструкции. В этом положении штоки переднего приводного гидроцилиндра и штоки заднего приводного гидроцилиндра максимально задвинуты вовнутрь соответствующих гидроцилиндров. При установке выносных опор в рабочее положение в рабочие полости переднего и заднего приводных гидроцилиндров подается по напорным трубопроводам под давлением рабочая жидкость от объемного насоса гидросистемы самоходного шасси. Происходит выдвигание штоков. Рычаги, совершая плоскопараллельное перемещение в горизонтальной плоскости в пределах длины окон в боковых стенках надрамной конструкции, преобразуют линейное движение штоков в поворотное движение соответственно передних и задних 4 поворотных несущих балок. Максимально возможная ширина опорного контура и, соответственно, наибольшая степень общей устойчивости мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса будут наблюдаться, когда выносные опоры будут находиться на максимальном удалении от продольной оси машины, т.е. когда угол α (рис. 2) будет составлять 90° .

Возможны три режима установки выносных опор в рабочее положение:

1) одновременная подача рабочей жидкости в рабочие полости обоих приводных

гидроцилиндров, что обеспечивает одновременный поворот всех четырех поворотных несущих балок;

2) отдельная подача рабочей жидкости только в рабочую полость переднего приводного гидроцилиндра, что обеспечивает поворот только двух передних поворотных несущих балок;

3) отдельная подача рабочей жидкости только в рабочую полость заднего приводного гидроцилиндра, что обеспечивает поворот только двух задних поворотных несущих балок.

Перекрытие напорных и сливных трубопроводов приводных гидроцилиндров фиксирует поворотные несущие балки и, соответственно, выносные опоры в требуемом рабочем положении.

Установка выносных опор из рабочего положения в транспортное положение выполняется путем подачи рабочей жидкости под давлением в штоковые полости соответствующих приводных гидроцилиндров. При этом происходит втягивание штоков вовнутрь приводных гидроцилиндров, а связанные с ними рычаги в процессе своего плоскопараллельного движения в пределах длины окон обеспечивают поворот поворотных несущих балок до занятия ими своего транспортного положения (рис. 1).

3. Расчетная методика

Для определения конструктивных размеров основных элементов выносных опор необходим анализ кинематики исследуемого устройства. Расчетная кинематическая схема механизма применительно к установке одной выносной опоры (передней или задней) приведена на рис. 3. Кинематические схемы применительно к установке других выносных опор имеют аналогичное представление. Оси координат имеют следующую привязку к надрамной конструкции самоходного шасси: ось x совпадает с продольной осью самоходного шасси, а ось y направлена в поперечном направлении, причем точка начала координат O располагается посередине между соседними торцами переднего и заднего приводных гидроцилиндров.

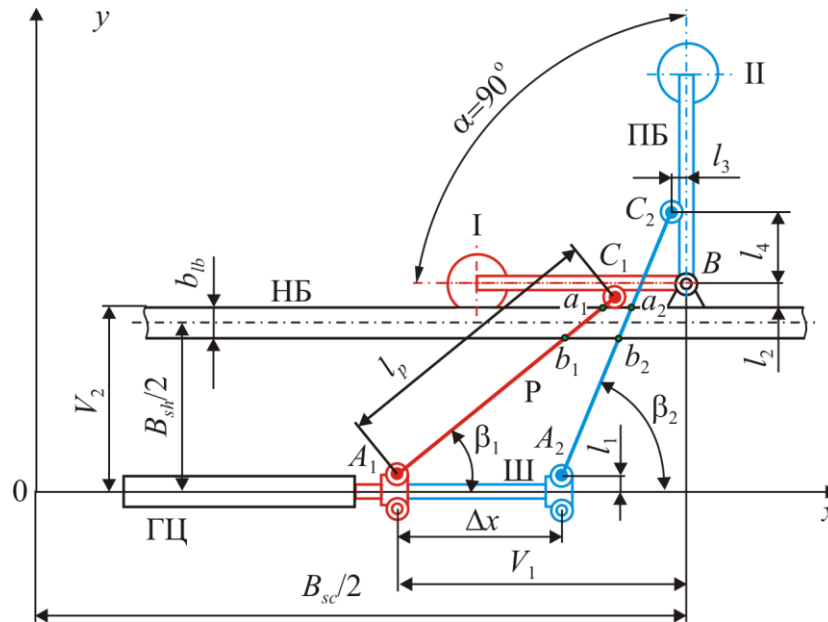


Рис. 3. Кинематическая схема установки выносной опоры из транспортного положения I в рабочее положение II (ГЦ – гидроцилиндр; НБ – надрамная балка; ПБ – поворотная балка; Р – рычаг; Ш – шток)

Исходя из очевидного равенства длины рычага в транспортном и рабочем положениях выносной опоры, найдем уравнение связи между основными конструктивными размерами, определяющими кинематику исследуемого устройства:

$$2V_1(l_3 - l_4 + \Delta x) + 2(V_2 - l_1)(l_2 - l_3 - l_4) + l_2(l_2 - 2l_3) - \Delta x(2l_3 + \Delta x) = 0, \quad (1)$$

где $V_1 = B_{sc}/2 - x_{A_1}$; $V_2 = (B_{sh} + b_{lb})/2$; B_{sc} - продольный размер опорного контура выносных опор; B_{sh} - расстояние между продольными осями балок надрамной конструкции; b_{lb} - ширина балки надрамной конструкции; Δx - ход штока; $l_1 \dots l_4$ - конструктивные размеры, показанные на рис. 3.

Анализ зависимости (1) показывает, что исследуемое устройство характеризуется тремя размерами, относящимися к конструкции самого самоходного шасси (B_{sc} , B_{sh} и b_{lb}), пятью размерами самого устройства и его расположения (V_1 и $l_1 \dots l_4$), одним размером используемого приводного гидроцилиндра (Δx). Такие размеры, как l_1 , l_2 и l_3 целесообразно задавать из конструктивных соображений с учетом размещения шарниров на несущей надрамной конструкции. По-

этому задаче проектирования исследуемого устройства для установки выносных опор является согласованный выбор сочетания трех количественных параметров:

- продольного размера V_1 ;
- расстояния между осями шарнира крепления поворотной несущей балки к продольной балке надрамной конструкции и шарнира крепления рычага к поворотной несущей балке l_4 ;
- хода штока используемого приводного гидроцилиндра Δx .

При использовании для расчетов указанных параметров по зависимости (1) также необходимо учитывать два условия, накладывающие компоновочные ограничения на взаимное соотношение между этими параметрами:

$$(\Delta x - l_4)^2 + (V_2 + l_2 - l_3)^2 - (V_2 - l_1 + l_4)^2 \geq 0;$$

$$V_1 - \Delta x \geq 0.$$

Эти ограничения позволяют установить качественную связь между указанными количественными параметрами:

$$\Delta x \geq \left[(V_2 - l_1 + l_4)^2 - (V_2 + l_2 - l_3)^2 \right]^{0.5} + l_4;$$

$$V_1 \geq \Delta x / \xi_{hc}, \quad (2)$$

где ξ_{hc} - коэффициент выдвигания штока используемого приводного гидроцилиндра

[9], который изменяется в диапазоне $\xi_{hc} \in (0; \xi_{hc,max}]$.

Максимальное значение коэффициента $\xi_{hc,max}$, соответствующее максимально возможному ходу штока приводного гидроцилиндра, определяется конструктивным исполнением используемого в конструкции исследуемого устройства типоразмера стандартизованного или специального гидроцилиндра. Для стандартизованных силовых гидроцилиндров отечественного производства, используемых в гидроприводах транспортно-технологических машин различного назначения, величина $\xi_{hc,max}$ составляет 0,6...0,9 [6, 17]. Большие значения коэффициента соответствуют длинноходовым гидроцилиндрам.

Неравенство (2) выражает условие возможности размещения приводного гидроцилиндра на продольной оси надрамной конструкции, так как выражение, стоящее в его правой части, определяет продольный габарит гидроцилиндра (включая корпус и торцевые крышки):

$$L_{hc} \approx \Delta x / \xi_{hc}.$$

Минимально возможный ход штока приводного гидроцилиндра определяется минимальным размером $l_{4,min}$, исходя из компоновки шарнира рычага на поворотной несущей балке:

$$\Delta x_{min} = [(V_2 - l_1 + l_{4,min})^2 - (V_2 + l_2 - l_3)^2]^{0,5} + l_{4,min}$$

причем минимальный размер $l_{4,min}$ составляет

$$l_{4,min} = l_1 + l_2 - l_3.$$

Минимально возможный ход штока приводного гидроцилиндра для произвольного размера l_4 , лежащего в интервале возможных размеров $l_4 \in [l_{4,min}; l_{4,max}]$, определяется следующим соотношением:

$$\Delta x_{l_4,min} = [(V_2 - l_1 + l_4)^2 - (V_2 + l_2 - l_3)^2]^{0,5} + l_4.$$

Исходя из условия компоновки (2), максимально возможный ход штока приводного гидроцилиндра составляет:

$$\Delta x_{max} = \frac{\xi_{hc}}{2(1 + \xi_{hc})} B_{sc},$$

вследствие чего максимальный допустимый размер $l_{4,max}$ центра шарнира присоединения рычага к поворотной несущей балке составит:

$$l_{4,max} = \frac{(V_2 - l_1)^2 - (\Delta x)^2 - (V_2 + l_2 - l_3)^2}{2(l_1 - \Delta x - V_2)}.$$

Граничные значения третьего количественного параметра - продольного размера V_1 - определяются соотношениями:

- минимальное значение

$$V_{1,min} = \frac{B_{sc}}{2} - \frac{\Delta x_{max}}{\xi_{hc}};$$

- максимальное значение

$$V_{1,max} = \frac{B_{sc}}{2} - \frac{\Delta x_{min}}{\xi_{hc}}.$$

Таким образом, нахождение искомым количественных параметров V_1 , l_4 и Δx , удовлетворяющих уравнению связи между ними (1), выполняется в пределах трехмерного пространства

$$\{V_1, l_4, \Delta x\} = \{V_1 \in [V_{1,min}; V_{1,max}];$$

$$l_4 \in [l_{4,min}; l_{4,max}]; \Delta x \in [\Delta x_{min}; \Delta x_{max}]\}.$$

После выбора рационального сочетания количественных параметров возможно определение ряда важных проектных размеров:

- длины рычага

$$l_p = \sqrt{(V_1 - l_4)^2 + (V_2 - l_1 + l_2 - l_3)^2};$$

- продольные координаты границ окна для прохода рычага в наружной стенке продольной балки надрамной конструкции

$$x_{a_1} = \frac{B_{sc}}{2} + \frac{(V_1 - l_4)(V_2 - l_1)}{V_2 - l_1 + l_2 - l_3} - V_1;$$

$$x_{a_2} = \frac{B_{sc}}{2} + \frac{(V_1 - l_3 - \Delta x)(V_2 - l_1)}{V_2 - l_1 + l_2 + l_4} + \Delta x - V_1;$$

- продольные координаты границ окна для прохода рычага во внутренней стенке продольной балки надрамной конструкции

$$x_{b_1} = \frac{B_{sc}}{2} + \frac{(V_1 - l_4)(V_2 - b_{lb} - l_1)}{V_2 - b_{lb} - l_1 + l_2 - l_3} - V_1;$$

$$x_{b_2} = \frac{B_{sc}}{2} + \frac{(V_1 - l_3 - \Delta x)(V_2 - b_{lb} - l_1)}{V_2 - b_{lb} - l_1 + l_2 + l_4} + \Delta x - V_1;$$

- длина окон для прохода рычага в стенках продольной балки надрамной конструкции в продольном направлении

$$l_{w,out} \approx x_{a_2} - x_{a_1} + 2b_p = \Delta x + 2b_p +$$

$$+ (V_2 - l_1) \left[\frac{(V_1 - l_3 - \Delta x)}{V_2 - l_1 + l_2 + l_4} - \frac{(V_1 - l_4)}{V_2 - l_1 + l_2 - l_3} \right];$$

$$l_{p,in} \approx x_{b_2} - x_{b_1} + 2b_p = \Delta x + 2b_p + (V_2 - b_{lb} - l_1) \times$$

$$\times \left[\frac{V_1 - l_3 - \Delta x}{V_2 - b_{lb} - l_1 + l_2 + l_4} - \frac{V_1 - l_4}{V_2 - b_{lb} - l_1 + l_2 - l_3} \right];$$

- угол между продольными осями самоходного шасси и рычага в транспортном и рабочем положениях

$$\beta_1 = \arctg \left(\frac{V_2 - l_1 + l_2 - l_3}{V_1 - l_4} \right);$$

$$\beta_2 = \arctg \left(\frac{V_2 - l_1 + l_2 + l_4}{V_1 - l_3 - \Delta x} \right),$$

где b_p - ширина поперечного сечения рычага.

4. Обсуждение результатов

Разработанная в разделе 3 методика и включенные в ее состав расчетные зависимости были апробированы применительно к мобильному транспортно-перегрузочному канатному комплексу на базе самоходного четырехосного колесного шасси высокой грузоподъемности и проходимости [18].

На рис. 4 показана зависимость минимально возможного хода штока приводного гидроцилиндра $\Delta x_{l_{4,min}}$ от размера l_4 в интервале возможных размеров $l_4 \in [l_{4,min}; l_{4,max}]$. Видно, что коэффициент выдвигания штока используемого приводного гидроцилиндра ξ_{hc} оказывает значительное влияние на ширину диапазона разрешенных по условиям компоновки исследуемого устройства установки выносных опор размеров присоединения шарнира рычага к поворотной несущей балке. При уменьшении коэффициента ξ_{hc} диапазон разрешенных размеров l_4 уменьшается, причем это происходит за счет уменьшения максимального размера $l_{4,max}$, тогда как минимальный размер не изменяется $l_{4,min}$, так как он определяется принятых конструктивно размеров l_1 , l_2 и l_3 . Таким образом, при выборе приводного гидроцилиндра следует отдавать предпочтение тем типоразмерам, для которых коэффициент выдвигания штока ξ_{hc} оказывается максимальным ($\xi_{hc} \rightarrow 1$).

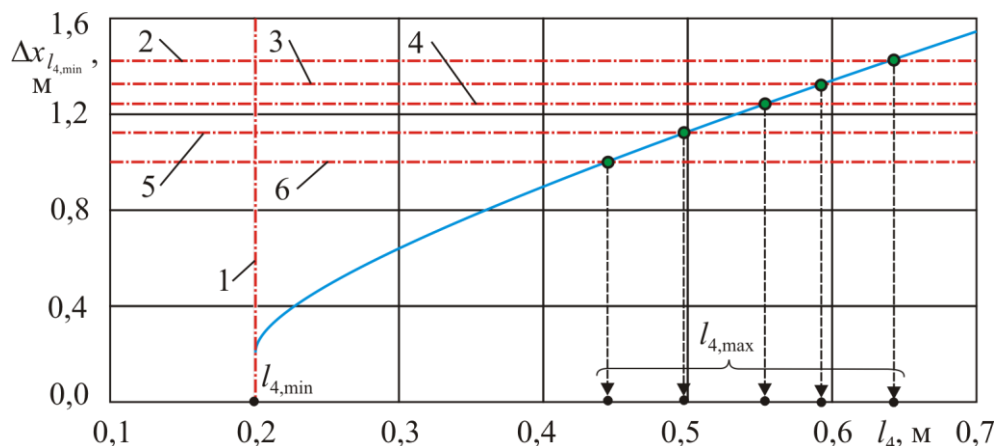


Рис. 4. Влияние размера l_4 на величину минимально возможного хода штока приводного гидроцилиндра (1 - $l_{4,min}$; 2 - Δx_{max} при $\xi_{hc} = 0,9$; 3 - Δx_{max} при $\xi_{hc} = 0,8$; 4 - Δx_{max} при $\xi_{hc} = 0,7$; 5 - Δx_{max} при $\xi_{hc} = 0,6$; 6 - Δx_{max} при $\xi_{hc} = 0,5$)

Конструкция исследуемого устройства предусматривает выполнение в вертикальных стенках продольных несущих балок надрамной конструкции окон для перемещения в их пределах рычагов во время установки выносных опор из транспортного поло-

жения в рабочее положение, что вызывает повышение уровня напряженно-деформированного состояния в прилегающей зоне металлоконструкции. В этой зоне необходимо выполнение усиления боковых стенок про-

дольных несущих балок с помощью дополнительных накладок.

5. Заключение

Рассмотренная в статье конструкция устройства для установки аутригеров самоходного шасси мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса позволяет повысить удобство эксплуатации данной транспортно-технологической машины за счет снижения трудоемкости и ускорения операций по переводу выносных опор из транспортного положения в рабочее положение и обратно, упростить конструкцию и снизить массо-габаритные характеристики устройства вследствие уменьшения количества используемых гидродвигателей и об-

служивающих их работу элементов гидропривода, а также уменьшить объем и трудоемкость технического обслуживания и ремонта. Как показывают исследования из смежных областей наук, в частности, инженерной психологии, упрощение конструкции и ремонтно-восстановительных операций применительно к сложным техническим объектам оказывают не только исключительно технический эффект, но и оказывают позитивное воздействие на работу обслуживающего персонала [19].

Рассмотренная конструкция и методика проектирования могут быть использованы при создании транспортно-технологических машин другого функционального назначения, при работе которых возможны ситуации потери общей устойчивости и опрокидывания.

Список литературы

1. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины. М.: Машиностроение, 1989. 536 с.
2. Александров М.П. Грузоподъемные машины. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана – Высшая школа, 2000. 552 с.
3. Лагерева И.А., Лагерева 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
4. Bell S. Mobile Crane. Ann Arbor: Cherry Lake Publishing, 2018. 24 p.
5. Подъемно-транспортные машины: атлас конструкций / Под ред. М.П. Александрова, Д.Н. Решетова. М.: Машиностроение, 1987. 122 с.
6. Белецкий Б.Ф., Булгакова И.Г. Строительные машины и оборудование. Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. 608 с.
7. Duerr D. Mobile crane support handbook. Houston: Levare Press, Inc., 2019. 168 p.
8. Mobile cranes overturning on construction sites. A guide to loss prevention. Munich: HSB Engineering Insurance. 8 p.
9. Лагерева А.В., Лагерева И.А., Таричко В.И. Конструкции и основы проектирования мобильных транспортно-

References

1. Vaynson A.A. *Podemno-transportnye mashiny* [Lifting-transport machines]. Moscow, Mashinostroenie, 1989. 536 p. (In Russian)
2. Aleksandrov M.P. *Gruzopodemnye mashiny* [Lifting-transport machines]. Moscow, MGTU imeni N.E. Bauman, 2000. 552 p. (In Russian)
3. Lagereva I.A., Lagereva A.V. *Sovremennaya teoriya manipulatsionnykh sistem mobilnykh mnogotselevykh 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: 10.5281/zenodo.1294622 (In Russian)
4. Bell S. Mobile Crane. Ann Arbor: Cherry Lake Publishing, 2018. 24 p.
5. Aleksandrov M.P., Reshetov D.N. *Lifting-transport mashines*. Moscow, Mashinostroenie, 1987. 122 p. (In Russian)
6. Beletskiy B.F., Bulgakova I.G. *Stroitelnye mashiny i oborudovaniya* [Construction machinery and equipment]. Rostov-na-Donu, Feniks, 2005. 608 p. (In Russian)
7. Duerr D. Mobile crane support handbook. Houston: Levare Press, Inc., 2019. 168 p.
8. Mobile cranes overturning on construc-

перегрузочных канатных комплексов. Брянск: РИСО БГУ, 2020. 207 с.

10. 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.

11. Qin J., Qiao L., Chen J., Wan J., Jiang M., Hu Ch. Analysis of the Working Cable System of Single-span Circulating Ropeway. *MATEC Web of Conferences*, 2017, Vol. 136, pp. 02003. DOI: 10.1051/mateconf/201713602003

12. Лагерев 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

13. 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

14. 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

15. 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

16. Пат. 213723 Рос. Федерация: МПК⁷ В66С 23/78. Устройство для установки аутиригеров транспортно-технологической машины / Лагерев А.В., Лагерев И.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «БГУ

tion cities. A guide to loss prevention. Munich: HSB Engineering Insurance. 8 p.

9. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Tarichko V.I. *Konstruktzii 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)

10. 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)

11. Qin J., Qiao L., Chen J., Wan J., Jiang M., Hu Ch. Analysis of the Working Cable System of Single-span Circulating Ropeway. *MATEC Web of Conferences*, 2017, Vol. 136, pp. 02003. DOI: 10.1051/mateconf/201713602003

12. 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)

13. 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)

14. 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)

15. Stepchenko T.A., Babich O.V. Results of scientific research of Bryansk State University in the sphere of mobile transportation and

им. ак. И.Г. Петровского». – №2022115641; заявл. 08.06.2022; опубл. 26.09.2022, Бюл. № 27.

17. Васильченко В.А. Гидравлический привод строительных, дорожных, коммунальных и других мобильных машин (производства России и стран СНГ): каталог-справочник. М.: АО «Машмир» и ЗАО «Гидрокомплект», 1997. 271 с.

18. Брянский автомобильный завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://baz32.ru/company/> (Дата обращения: 12.10.2022).

19. Шатунова Е.А. Доверие работников к технике как фактор их отношения к труду: автореферат диссертации ... кандидата психологических наук. Тверь: Тверской государственной университет, 2016. 22 с.

handling rope systems and ropeways. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2021, No.1, pp. 9-29. DOI: 10.22281/2413-9920-2021-07-01-09-29. (In Russian)

16. Patent RU 213723, B66C 23/78. *Ustroystvo dlya ustanovki austrigerov transportno-tekhnologicheskoy mashiny* [A device for installing outriggers of a transport and technological machine]. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Declared 08.06.2022. Published 26.09.2022. (In Russian)

17. Vasilchenko V.A. *Gidravlicheskiy privod stroitelnykh, dorozhnykh, kommunalnykh i drugikh mobilnykh mashin (proizvodstva Rossii i stran SNG): katalog-spravochnik* [Hydraulic drive of construction, road, municipal and other mobile machines]. Moscow, AO "Mashmir" i ZAO "Gidrokomplekt", 1997. 271 p. (In Russian)

18. 1. *Bryansk automobile plant* [site]. Available at: <http://baz32.ru/company/> (accessed 03 Oct. 2022). (In Russian)

19. Shatunova E.A. *Doverie rabotnikov k tekhnike kak faktor ikh otnosheniya k trudu* [Employees' trust in technology as a factor of their attitude to work]. Diss. Cand. Sci. (Psychology). Tver. 2016. (In Russian)