

УДК (UDC) 625.1/5:629.369

АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОЛЕСНЫХ ШАССИ ДЛЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ КАНАТНЫХ ДОРОГ НА БАЗЕ АЭРОМОБИЛЬНЫХ КАНАТНЫХ УСТАНОВОК

ANALYSIS OF TECHNICAL AND ORGANIZATIONAL CAPABILITIES OF SPECIAL WHEELED CHASSIS FOR THE DEPLOYMENT OF MOBILE ROPEWAYS BASED ON AIRMOBILE ROPE UNITS

Шатунова Е.А.¹, Лагереv И.А.²
Shatunova E.A.¹, Lagerev I.A.²¹ - ООО «Промбезопасность» (Брянск, Россия)² – Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского (Брянск, Россия)¹ - LLC Prombezopasnost (Bryansk, Russian Federation)² – Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University (Bryansk, Russian Federation)

Аннотация. Мобильные канатные дороги на базе аэромобильных канатных установок являются новой конструктивной разновидностью грузовых и грузо-пассажирских канатных дорог для оперативного развертывания транспортно-перегрузочных мероприятий в труднодоступных районах и высокогорных территориях. В статье выполнен анализ технико-организационных возможностей способа наземной доставки необходимого основного и вспомогательного технологического оборудования к месту погрузки на авиационный транспорт с помощью специальных колесных шасси повышенной грузоподъемности и проходимости. На примере многоосных вездеходных автомобилей российского производства и на основании анализа их технических характеристик сделаны рекомендации по их использованию, исходя из требуемых габаритных размеров и веса аэромобильных канатных установок. Базируясь на принципе обеспечения универсальности габаритных размеров аэромобильных канатных установок в транспортном состоянии для комбинированной транспортировки различными современными видами наземного, воздушного и водного транспорта, рассмотрены возможности использования автотомобильного транспорта для перевозки аэромобильных канатных установок, габаритные размеры которых соответствуют размерам универсальных и авиационных транспортных контейнеров.

Ключевые слова: мобильная канатная дорога, аэромобильная канатная установка, колесное шасси, транспортный контейнер.

Дата получения статьи: 23.08.2023
Дата принятия к публикации: 05.10.2023
Дата публикации: 25.12.2023

Сведения об авторах:

Шатунова Елена Александровна – ведущий инженер-исследователь, ООО «Промбезопасность», e-mail: shatea@yandex.ru.

ORCID: 0000-0001-5938-2937

Abstract. Mobile ropeways based on airmobile rope units are a new constructive type of cargo and cargo-passenger ropeways for the rapid deployment of transport and overloading activities in hard-to-reach areas and high-altitude territories. The article analyzes the technical and organizational capabilities of the method of ground delivery of the necessary main and auxiliary technological equipment to the place of loading on air transport using special wheeled chassis of increased load capacity and cross-country capability. Based on the example of Russian-made multi-axle all-terrain vehicles and based on the analysis of their technical characteristics, recommendations for their use are made based on the required overall dimensions and weight of airmobile rope units. Based on the principle of ensuring the universality of the overall dimensions of airmobile rope units in transport condition for combined transportation by various modern types of ground, air and water transport, the possibilities of using road transport for the transportation of airmobile rope units, the overall dimensions of which correspond to the dimensions of universal and aviation transport containers, are considered.

Keywords: mobile ropeway, airmobile rope unit, wheeled chassis, transport container.

Date of manuscript reception: 23.08.2023
Date of acceptance for publication: 05.10.2023
Date of publication: 25.12.2023

Authors' information:

Elena A. Shatunova - leading research engineer at LLC Prombezopasnost, e-mail: shatea@yandex.ru.
ORCID: 0000-0001-5938-2937

Лагереv Игорь Александрович – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБОУ ВО «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, Leading Researcher at 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

Мобильные канатные дороги в настоящее время рассматриваются как один из перспективных видов грузового или грузо-пассажирского транспорта [1, 2]. Ранее в качестве мобильных канатных дорог рассматривались транспортные канатные системы, как правило, весьма конструктивно и операционно схожие с традиционными стационарными канатными дорогами [3]. Однако в последнее десятилетие в Российской Федерации началось развитие исследований и конструкторских проработок на основе нового подхода к созданию мобильных канатных дорог – однопролетных одноканатных мобильных дорог маятникового типа на базе сопряженных единой несущей-тяговой канатной системой мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов, установленных на самоходных автономных специальных колесных шасси повышенной грузоподъемности и проходимости [4, 5]. В последнее время наблюдается развитие научных исследований применительно к однопролетным одноканатным мобильным канатным дорогам маятникового типа, формирующимся на основе сопряженных единой несущей канатной системой двух концевых станций – автономных аэромобильных канатных установок [6, 7].

Указанную конструктивную разновидность однопролетных мобильных канатных дорог маятникового типа можно рассматривать как естественное развитие аналогичных дорог на базе мобильных транспортно-технологических канатных комплексов. Однако по сравнению с ними конструктивное исполнение грузовых и грузо-пассажирских канатных дорог на основе аэромобильных канатных установок позволяет не только повысить оперативность развертывания транспортно-перегрузочных мероприятий, но и в

большей степени обеспечить их эффективное проведение в труднодоступных отдаленных районах российской Арктики или Дальнего Востока или на высокогорных территориях [8]. Во многом это преимущество обусловлено тем обстоятельством, что при соблюдении при проектировании и компоновке основного технологического оборудования аэромобильных канатных установок обособленного в работе [6] принципа обеспечения универсальности габаритных размеров аэромобильных канатных установок в транспортном состоянии эффективно реализуется возможность доставки канатных установок к месту их эксплуатации путем эффективной комбинации различных современных видов наземного (автомобильного и железнодорожного), воздушного (самолеты и вертолеты) и водного (морского и речного) транспорта.

Одним из важнейших видов в транспортной цепочке доставки аэромобильных канатных установок к месту эксплуатации является автомобильный транспорт. Это обусловлено тем, что в настоящее время автомобильный транспорт является наиболее распространенным видом наземного пассажирского, грузового и грузопассажирского транспорта, способного обеспечить весьма широкую транспортную доступность в приемлемые сроки даже при необходимости перемещения грузов на значительные расстояния [9]. Согласно данным [10], грузовые автомобили полностью доминируют на коротких и средних расстояниях, а также иногда на больших расстояниях свыше 500 км.

Подобная ситуация обусловлена как широкой номенклатурой марок и технических характеристик колесных автомобилей, предоставляемых потребителям крупными национальными и транснациональными автомобилестроительными предприятиями веду-

щих промышленно развитых стран мира, так широко развитой сетью автомобильных дорог общего назначения различных категорий.

Представление о степени развития автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения в федеральных округах Российской Федерации на конец 2022 года дают данные, приведенные в табл. 1. Хорошо прослеживается наличие значительной неравномерности в плотности автомобильных дорог по федеральным окру-

гам. Наименьшую плотность, а, следовательно, и наименьшую развитость сети автомобильных дорог общего назначения имеют Северо-Западный, Уральский, Сибирский и Дальневосточный федеральные округа. Для этих округов, включающих геополитически важные российское побережье Арктики и Приморья, а также горные и гористые районы Сибири и Дальнего Востока, использование автомобильного транспорта оказывается наиболее затрудненным.

Таблица 1

Характеристика автомобильных дорог общего пользования по субъектам Российской Федерации на конец 2022 года [11]

Субъект	Общая протяженность, км	Удельный вес с твердым покрытием, %	Удельный вес с усовершенствованным покрытием, %	Плотность, км дороги / 1000 км ² территории
Российская Федерация	1 575 552	70,8	62,2	65
Центральный ФО	360 286	69,4	74,7	384
Северо-Западный ФО	146 717	71,9	54,1	63
Южный ФО	154 240	69,4	72,9	239
Северо-Кавказский ФО	93 257	79,0	50,1	432
Приволжский ФО	360 735	69,6	65,6	242
Уральский ФО	106 260	75,4	73,7	44
Сибирский ФО	225 376	71,6	48,3	37
Дальневосточный ФО	128 683	67,0	37,9	12

То обстоятельство, что применительно к территориально-географическим условиям Российской Федерации высока вероятность необходимости развертывания мобильных канатных дорог на отдаленных труднодоступных и горных территориях, предъясняет очевидное требование к выбору эффективных колесных транспортных средств – грузовых автомобилей-тягачей на базе самоходных автономных специальных шасси высокой проходимости и грузоподъемности [4, 12, 13]. Конструкции и элементы теории проектирования таких машин нашли освещение в отечественной научно-технической литературе, в частности, в [14-18].

Подходящие для целей транспортирования аэромобильных канатных установок и сопутствующего технологического оборудования к месту развертывания мобильных канатных дорог колесные автомобили высокой проходимости и грузоподъемности гражданского, военного и многоцелевого назначения

проектируются и выпускаются крупными машиностроительными предприятиями ряда промышленно развитых стран, включая Россию (ПАО «КАМАЗ», АО «Брянский автомобильный завод», ОАО «Уральский автомобильный завод»), Республику Беларусь (ОАО «Минский автомобильный завод», ОАО «Минский завод колесных тягачей»), Германию (MAN SE, Daymлер AG), Италию (Iveco), Китай (Dongfeng, FAW), Нидерланды (DAF), США (FreightLiner, Caterpillar), Францию (Renault), Швецию (Volvo AB, Scania AB), Японию (Mitsubishi) [4, 19].

2. Постановка задачи исследования

В качестве примера применительно к тягачам производства АО «Брянский автомобильный завод» [20] на специальном шасси грузоподъемностью от 18,4 до 36,72 т на рис. 1–4 показан характерный общий вид многоосных колесных автомобилей-тягачей высо-

кой проходимости и грузоподъемности, а на рис. 5 – их реальный вид. На рисунках также указаны характерные размеры, определяющие возможности различных модификаций тягачей к перевозке транспортных контейнеров с аэромобильными канатными установками в транспортном состоянии: A_{sh} - габаритная длина шасси; B_{sh} - габаритная ширина шасси; H_{cab} - габаритная высота шасси (кабины); $L_{te,max}$, $L_{te,min}$ - максимальная и минимальная осевая протяженность зоны для размещения транспортного контейнера на надрамной конструкции шасси; b_{lb} - ширина несущей рамы шасси по продольным

осям несущих балок; h_{lb} - высота рабочей плоскости несущей рамы шасси; h_m - габаритная высота расположения оборудования трансмиссии шасси в зоне несущей рамы. Указанные размеры применительно тягачам на специальном колесном шасси производства АО «Брянский автомобильный завод», показанным на рис. 1–4, приведены в табл. 2 [7].

Кроме перечисленных выше характерных размеров самих автомобилей на базе специальных колесных шасси, возможности различных модификаций тягачей к перевозке транспортных контейнеров с аэромобильными канатными установками в транспортном

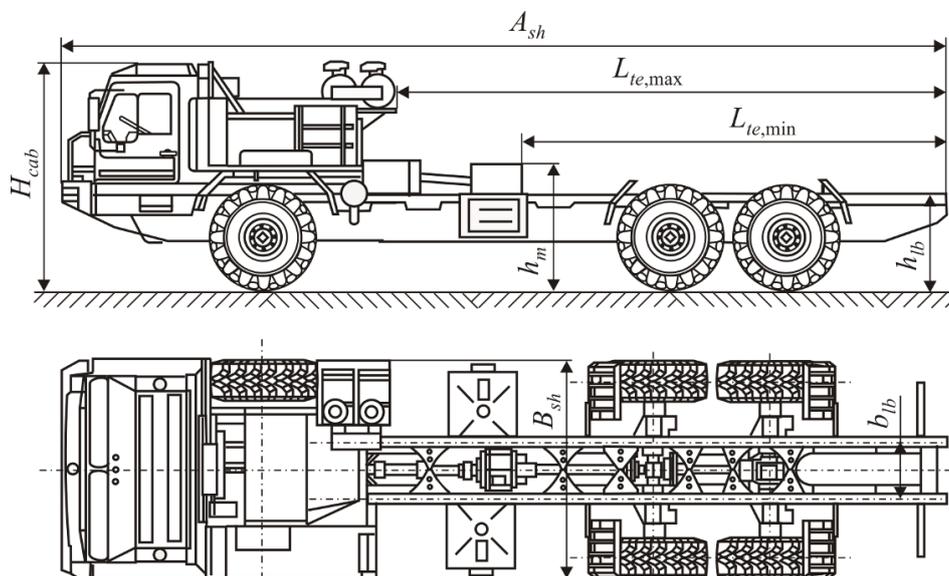


Рис. 1. Общий вид 3-осного шасси грузоподъемностью 18,4 т

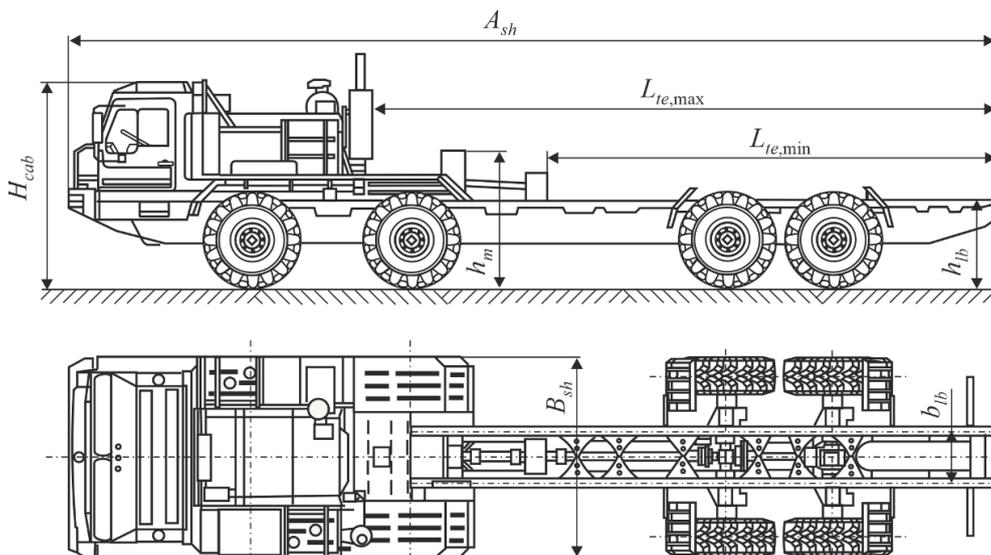


Рис. 2. Общий вид 4-осного шасси грузоподъемностью 22 т

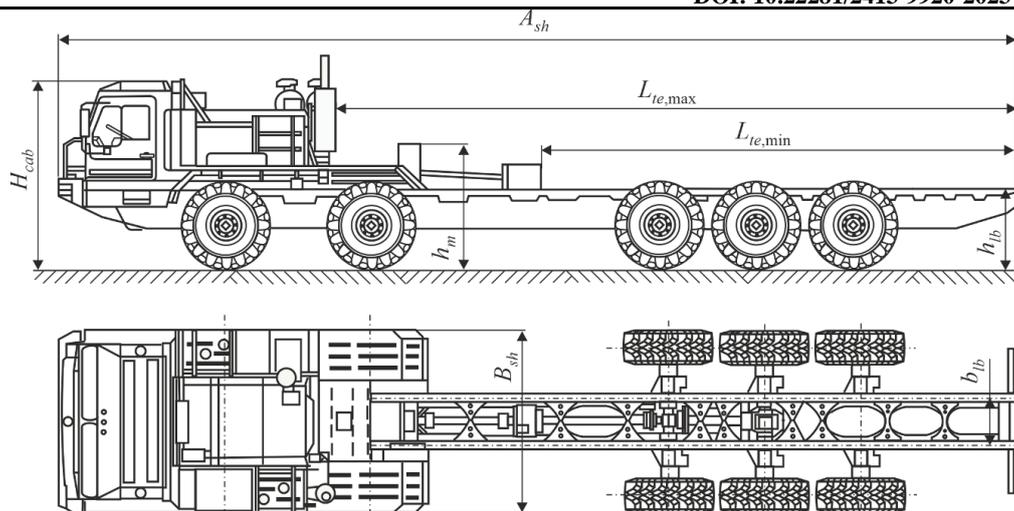


Рис. 3. Общий вид 5-осного шасси грузоподъемностью 30,12 т

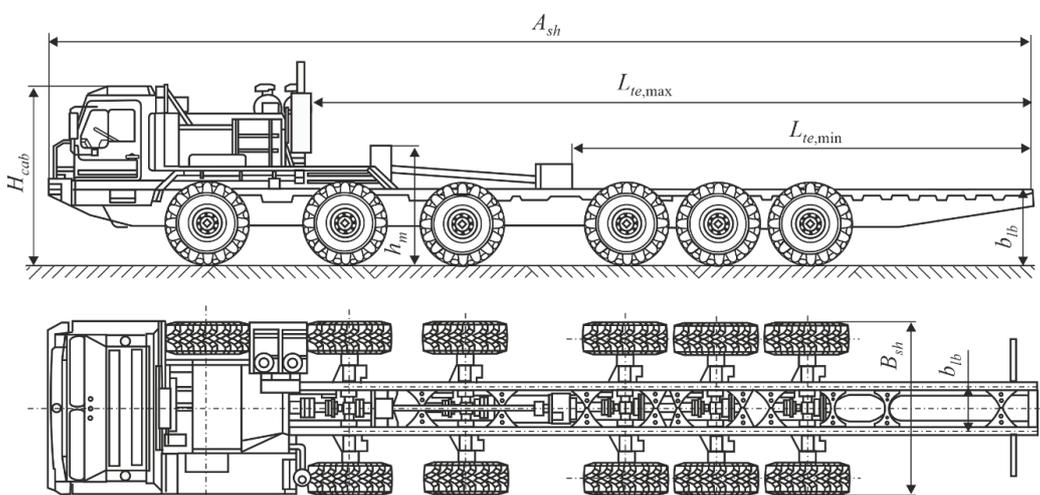


Рис. 4. Общий вид 6-осного шасси грузоподъемностью 36,72 т



а)



б)



в)



г)

Рис. 5. Внешний вид специальных колесных шасси производства АО «Брянский автомобильный завод» [22]: а – БАЗ-69092; б – БАЗ-6306; в – БАЗ-6909; г – БАЗ-69099

Характерные размеры специальных колесных шасси производства
АО «Брянский автомобильный завод» [7]

Модификация шасси	Характерные размеры, мм							
	A_{sh}	B_{sh}	H_{cab}	$L_{te,min}$	$L_{te,max}$	b_{lb}	h_{lb}	h_m
3-осное шасси	11060	2750	3080	5300	7250	964	1180	1880
4-осное шасси	12980			6000	8900			
5-осное шасси	14550			6900	10450			
6-осное шасси	15700			7400	11400			

состоянии также определяются требованиями по перевозке крупногабаритных тяжелых грузов по автомобильным дорогам общего назначения. На территории Российской Федерации эти требования регламентируются ГОСТ Р 52748-2007 [21].

При размещении транспортного контейнера с аэромобильной канатной установкой на несущей раме колесного тягача необходимо обеспечить нормативный габарит приближения по высоте с целью безопасного проезда под мостовыми сооружениями и путепроводами при движении загруженного колесного автомобиля по автомобильным дорогам общего назначения. Нормативный габарит обеспечивается при выполнении условия

$$H_{mc} \leq [H],$$

где H_{mc} - вертикальная координата наиболее высокой точки транспортируемого груза в транспортном положении относительно поверхности дорожного полотна (вертикальный габарит транспортного средства); $[H]$ -

нормативный габарит приближения по высоте с учетом требуемых зазоров (на территории Российской Федерации принято значение $[H] = 4$ м [16]).

Совместный учет характерных размеров, определяющих возможности различных модификаций тягачей к перевозке транспортных контейнеров с аэромобильными канатными установками в транспортном состоянии, и требования обеспечения нормативного габарита $[H]$ позволяет установить рабочую зону в пределах несущей рамы колесного шасси, в которой допустимо размещать транспортируемое оборудование. На рис. 6 показан пример определения указанной рабочей зоны, а в табл. 3 приведены ее габаритные размеры применительно к различным модификациям специальных колесных шасси производства АО «Брянский автомобильный завод» с учетом их характерных размеров (табл. 2).

Таблица 3

Габаритные размеры рабочей зоны для размещения транспортируемого оборудования (для специальных колесных шасси производства АО «Брянский автомобильный завод»)

Модификация шасси	Габаритные размеры рабочей зоны				
	длина, мм		высота, мм		ширина B_{wz} , мм
	$L_{wz,min}$	$L_{wz,max}$	$H_{wz,min}$	$H_{wz,max}$	
3-осное шасси	7300	9250	2120	2720	2700
4-осное шасси	8000	11900			
5-осное шасси	8900	12450			
6-осное шасси	9400	13400			

Примечание: 1. При расчете габаритной длины было принято $l_{pp} = 2000$ мм [23].

2. При расчете габаритной высоты было принято $h_{of} = 100$ мм.

Для определения габаритных размеров рабочей зоны, в которой допустимо размещать транспортируемое оборудование, необходимо использовать зависимости:

- минимальная длина рабочей зоны

$$L_{wz,min} = L_{te,min} + l_{pp};$$

- максимальная длина рабочей зоны

$$L_{wz,max} = L_{te,max} + l_{pp};$$

- минимальная высота рабочей зоны

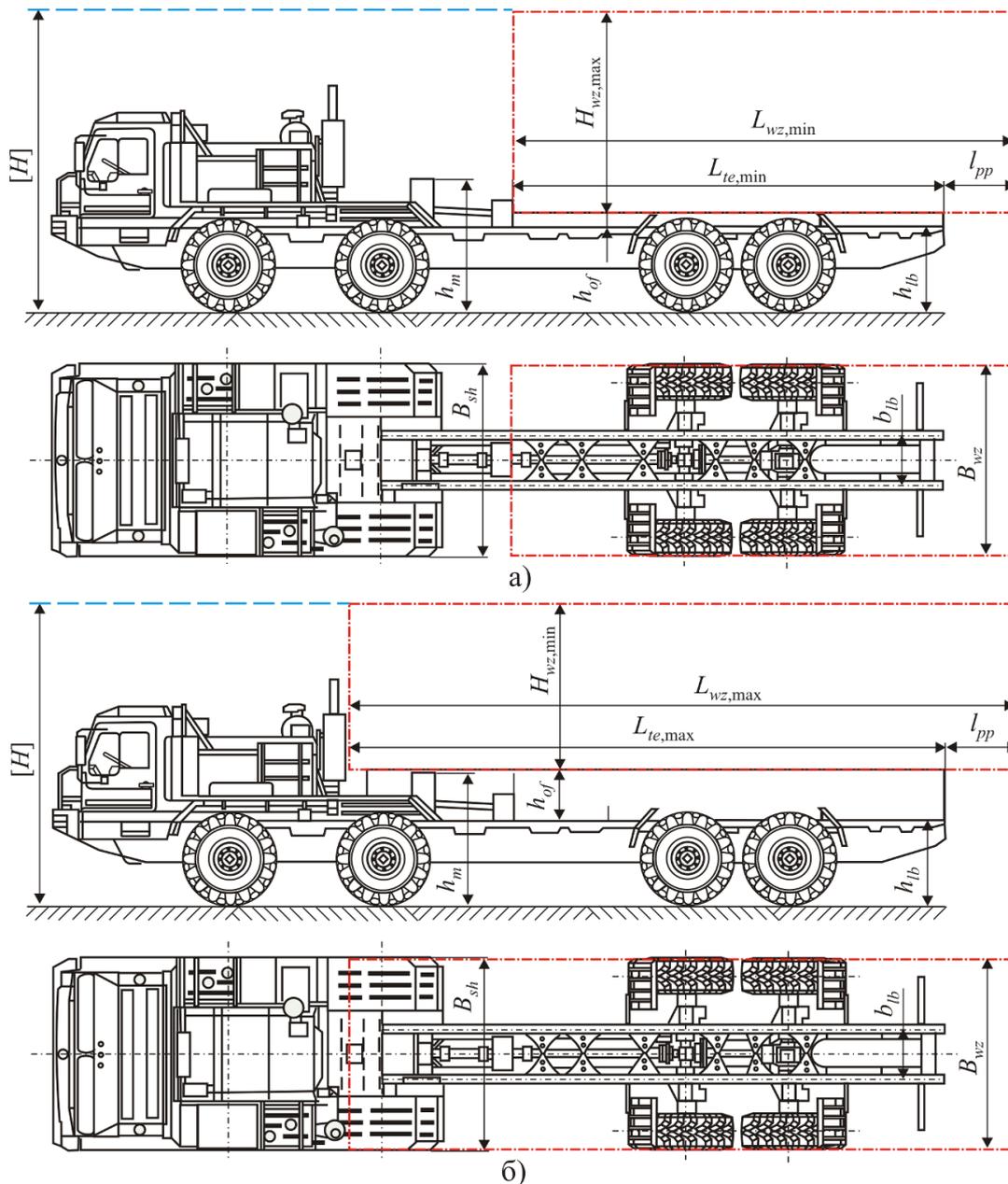


Рис. 6. Рабочая зона в пределах несущей рамы колесного шасси, пригодная для размещения транспортируемого оборудования: а – при использовании максимальной осевой протяженности зоны для размещения оборудования; б – при использовании минимальной осевой протяженности зоны для размещения оборудования

$$H_{wz,min} = [H] - h_m;$$

- максимальная высота рабочей зоны

$$H_{wz,max} = [H] - h_{lb} - h_{of};$$

- ширина рабочей зоны

$$B_{wz} \approx B_{sh},$$

где h_{of} - высота надрамной конструкции; l_{pp} - длина груза, выступающего за заднюю точку осевого габарита шасси (согласно [23] составляет $l_{pp} = 2$ м).

Сравнение данных о габаритных размерах универсальных ИСО серии 1 и авиационных транспортных контейнеров [6] с габаритными размерами рабочих зон для их размещения на специальных колесных шасси производства АО «Брянский автомобильный завод» (табл. 3) позволяет определить те типы контейнеров, которые могут перевозиться с помощью указанных колесных шасси.

В табл. 4 перечислены типы универсальных транспортных контейнеров, пригодных

Возможности размещения универсальных транспортных контейнеров с аэромобильными канатными установками в транспортном состоянии на специальных колесных шасси производства АО «Брянский автомобильный завод»

Тип контейнера	Возможность размещения (+) в рабочей зоне размером							
	$L_{wz,min} \times H_{wz,max} \times B_{wz}$ при числе осей шасси				$L_{wz,max} \times H_{wz,min} \times B_{wz}$ при числе осей шасси			
	3	4	5	6	3	4	5	6
<i>Универсальные грузовые транспортные контейнеры ИСО серии 1</i>								
1EEE								+***
1EE								+***
1AAA						+***	+	+
1AA						+***	+	+
1A						+***	+	+
1AX						+***	+	+
1BBB			**	+	+	+	+	+
1BB			**	+	+	+	+	+
1B			**	+	+	+	+	+
1BX			**	+	+	+	+	+
1CC	+	+	+	+	+	+	+	+
1C	+	+	+	+	+	+	+	+
1CX	+	+	+	+	+	+	+	+
1DD	+	+	+	+	+	+	+	+
1D	+	+	+	+	+	+	+	+
1DX	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Универсальные авиационные контейнеры</i>								
УАК-5	+	+			+	+	+	+
УАК-10	+	+	+	+	+	+	+	+
УАК-20					+	+***	+	+
РУВ Q6	+	+	+	+	+	+	+	+
FLA (P9P)	+	+	+	+	+	+	+	+
PMC LD	+	+	+	+	+	+	+	+
AMA (P6P)	+	+	+	+	+	+	+	+
PMC Q6	+	+	+	+	+	+	+	+
PMC Q7	+	+	+	+				
РУВ Q7	+	+	+	+				
PZA Q6	+	+	+	+	+	+	+	+
PGA/PGF Q7	+	+	+	+	+	+	+	+
PZA Q7	+	+	+	+	+	+	+	+
PGA/PGF Q6	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание: * - требуется уменьшенная до 2120 мм высота контейнера;

** - незначительное превышение габаритной длины рабочей зоны

для их транспортирования различными модификациями многоосных колесных шасси производства АО «Брянский автомобильный завод». Анализ этих данных показывает, что при ориентации на указанные колесные шасси для компоновки аэромобильных канатных установок в транспортном состоянии можно

без каких-либо конструктивных ограничений ориентироваться на габаритные размеры, главным образом, универсальных транспортных контейнеров ИСО серии 1 типов 1СС...1DX (для всех модификаций шасси), с небольшими ограничениями по превышению осевого габарита шасси 1BBB...1BX для 5-

осного шасси и без ограничений для 6-осного шасси. При использовании рабочей зоны максимальной длины $L_{wz,max}$ можно ориентироваться на габаритные размеры основания контейнеров ИСО серии 1 и авиационных контейнеров (длину и ширину) и их уменьшенную высоту $B_{wz} \leq 2120$ мм (против 2438, 2591 или 2896 мм). В этом случае можно дополнительно ориентироваться на контейнеры наибольшей возможной длины типов 1EEE, 1EE, 1AAA ... 1AX и УАК-20.

Очевидно, что указанные результаты анализа справедливы только для рассмотренных 3-, 4-, 5- и 6-осных модификаций специальных колесных шасси производства АО «Брянский автомобильный завод». Для колесных шасси других модификаций и других заводов-производителей автомобильных тягачей эти результаты могут в определенной мере отличаться в связи с отличием характерных размеров, определяющих возможности различных модификаций тягачей к перевозке транспортных контейнеров с аэромобильными канатными установками в транспортном состоянии (B_{sh} , $L_{te,max}$, $L_{te,min}$, h_{lb} и h_m). Тем не менее, рассмотренный выше подход к выявлению габаритных размеров рабочей зоны для размещения контейнеров с аэромобильными канатными установками в

транспортном состоянии на специальных колесных шасси произвольной конструкции и выявления возможных к перевозке типов контейнеров остается без изменений.

3. Заключение

Проведенный анализ технико-организационных возможностей современных многоосных вездеходных автомобилей на специальных колесных шасси повышенной проходимости и грузоподъемности для решения задач развертывания и перебазирования на новое место мобильных канатных дорог на базе аэромобильных канатных установок показал, что по своим тактико-техническим характеристикам они вполне способны выполнить указанную логистическую задачу.

Результаты анализа, проведенного применительно к многоосным вездеходным автомобилям российского производства, показал, что их технические характеристики вполне соответствуют требованиям к наземной транспортировке аэромобильных канатных установок, у которых массогабаритные размеры соответствуют массогабаритным размерам универсальных и авиационных транспортных контейнеров.

Список литературы

1. 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

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

References

1. 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)

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

2022-08-01-07-26

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

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

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

7. Шатунова Е.А., Лагереv И.А. Анализ технико-организационных возможностей специальных колесных шасси для развертывания мобильных канатных дорог на базе аэромобильных канатных установок // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2023. № 4. С. 255-268. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-03-255-268

8. Пат. 2780877 Рос. Федерация: МПК⁷ B61B 7/00. Быстромонтируемая мобильная канатная дорога / Лагереv А.В., Лагереv И.А. – №2022117303; заявл. 24.06.2022; опубл. 04.10.2022, Бюл. № 32.

9. Rodrigue J.-P., Comtois C., Slack B. The Geography of Transport Systems. New York: Routledge, 2006. 284 p.

10. Engström R. The roads' role in the freight transport system // Transportation Research Procedia. 2016. No.14. P. 1443–1452. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.217

11. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 10.07.2023).

12. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Mobile aer-

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. 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)

5. 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)

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

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

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

9. Rodrigue J.-P., Comtois C., Slack B. The Geography of Transport Systems. New York, Routledge, 2006. 284 p.

10. Engström R. The roads' role in the freight transport system. *Transportation Research Procedia*, 2016, No.14, pp. 1443–1452.

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

13. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Mobile aerial ropeways based on autonomous self-propelled chassis: layout of technological equipment. In: Upadhyay, R.K., Sharma, S.K., Kumar, V., Valera, H. (eds). *Transportation Systems Technology and Integrated Management. Energy, Environment, and Sustainability*. Springer, Singapore, 2023, pp. 253-285. DOI: 10.1007/978-981-99-1517-0_12

14. Аксенов П.В. Многоосные автомобили. М.: Машиностроение, 1989. 280 с.

15. Пойченко В.В., Кондрашов П.В., Потемкин С.В., Пойченко О.В., Хабарова Т.С. Современные грузовые автотранспортные средства: Справочник. М.: Агентство «Доринформсервис», 2004. 592 с.

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

17. Веселов Н.Б. Вездеходные транспортно-технологические машины. Конструкции. Конструирование и расчет. Нижний Новгород: РИ «Бегемот», 2010. 320 с.

18. Гладов Г.И., Вихров А.В., Зайцев С.В., Кувшинов В.В., Павлов В.В. Конструкции многоцелевых гусеничных и колесных машин. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 400 с.

19. 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

20. Брянский автомобильный завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://baz32.ru/company/> (Дата обращения: 20.07.2023).

21. ГОСТ Р 52748-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения. Введ. 2008-01-01.

DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.217

11. *Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki* (Federal State Statistics Service) (accessed 10 July 2023) [site]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/> (In Russian)

12. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Mobile aerial ropeways based on autonomous self-propelled chassis: designs and operation. In: Sharma S.K., Upadhyay R.K., Kumar V., Valera H. (eds). *Transportation Energy and Dynamics. Energy, Environment, and Sustainability*. Springer, Singapore, 2023, pp. 355-380. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2150-8_15 Print ISBN 978-981-99-2149-2, Online ISBN 978-981-99-2150-8

13. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Mobile aerial ropeways based on autonomous self-propelled chassis: layout of technological equipment. In: Upadhyay, R.K., Sharma, S.K., Kumar, V., Valera, H. (eds). *Transportation Systems Technology and Integrated Management. Energy, Environment, and Sustainability*. Springer, Singapore, 2023, pp. 253-285. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-1517-0_12 Print ISBN 978-981-99-1516-3

14. Aksenov P.V. *Mnogoosnye avtomobili* [Multi-axle cars]. Moscow, Mashinostroenie, 1989. 280 p. (In Russian)

15. Poychenko V.V., Kondrashov P.V., Potemkin S.V., Poychenko O.V., Khabarova T.S. *So-vremennyye gruzovyye avtotransportnyye sredstva: Spravochnik* [Modern cargo vehicles: Guide]. Moscow, Agentstvo «Dorinform-servis», 2004. 592 p. (In Russian)

16. Belousov B.N., Popov S.D. *Kolesnyye transportnyye sredstva osobo bolshoy gruzopodemnosti* [Wheeled vehicles of extra heavy duty]. Moscow, Izdatelstvo MG TU imeni N.E. Bauman, 2006. 728 p. (In Russian)

17. Veselov N.B. *Vezdekhodnyye transportno-tekhnologicheskie mashiny. Konstruktsii. Konstruirovaniye i raschet* [All-terrain transport and technological vehicles. Constructions. Design and calculation]. Nizhniy Novgorod, RI Begemot, 2010. 320 p. (In Russian)

18. Gladov G.I., Vikhrov A.V., Zaytsev S.V., Kuvshinov V.V., Pavlov V.V. *Konstruktsii mnogotselovykh gusenichnykh i kolesnykh mashin* [Designs of multipurpose

М.: Стандартинформ, 2008. 16 с.

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

23. Правила перевозок грузов автомобильным транспортом. Утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2020 г. № 2200.

tracked and wheeled vehicles]. Moscow, Izdatelskiy tsentr «Akademiya», 2010. 400 p. (In Russian)

19. Lagerev I.A., Lagerev 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: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1294622> (In Russian)

20. *Bryansk automobile plant* [site]. Available at: <http://baz32.ru/company/> (accessed 20 July 2023). (In Russian)

21. GOST R 52748-2007 Automobile roads of the general using. Standard loads, loading systems and clearance approaches. Moscow, Standartinform, 2008. 16 p. (In Russian)

22. 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)

23. *Pravila perevozok грузов avtomobilnym transportom* [Rules of cargo transportation by road]. Utv. postanovleniem Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 21 dekabrya 2020 g. No. 2200.