



2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ТЯГАЧА ДЛЯ РЕГИОНОВ С ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКИМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ**

**SUBSTANTIATION OF THE DESIGN OF A TRACKED TRACTOR FOR REGIONS WITH EXTREMELY LOW TEMPERATURES**

**Гудков Виктор Владимирович**, к.т.н., доцент, доцент кафедры автомобильной подготовки, ВУНЦ ВВС «ВВА им. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж.

**Gudkov Viktor Vladimirovich**, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of automotive training, Military Education and Scientific Center of the Air Force N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defense of the Russian Federation, Voronezh.

✉<sup>1</sup> **Сокол Павел Александрович**, к.т.н., преподаватель кафедры автомобильной подготовки, ВУНЦ ВВС «ВВА им. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, e-mail: [pavsokol@yandex.ru](mailto:pavsokol@yandex.ru)

✉<sup>1</sup> **Sokol Pavel Alexandrovich**, candidate of technical sciences, lecturer at the department of automotive training, Military Education and Scientific Center of the Air Force N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defense of the Russian Federation, Voronezh, e-mail: [pavsokol@yandex.ru](mailto:pavsokol@yandex.ru)

**Аннотация.** В настоящее время эксплуатирующиеся в Антарктическом регионе гусеничные снегоходные транспортеры-тягачи с жилыми модулями, совершающие переходы в глубь континента, практически выработали свой ресурс и нуждаются в обновлении, а конструкция известных серийных образцов гусеничных транспортеров - тягачей, в основном, двойного назначения, не учитывает весь спектр факторов, влияющих на эксплуатацию в условиях Антарктиды, что, делает их ограниченно годными для широкого применения в данном регионе. Представлена научно обоснованная конструкция гусеничного снегоходного транспортера-тягача для эксплуатации в Антарктическом регионе для движения на большие расстояния вглубь континента в условиях экстремально низких температур окружающего воздуха и реализуемая его для движения на большие расстояния вглубь континента в условиях экстремально низких температур

**Annotation.** Currently, tracked snowmobile tractor transporters with residential modules operating in the Antarctic region, making transitions to the interior of the continent, have practically exhausted their resource and need to be updated, and the design of well-known serial samples of tracked tractor transporters, mainly dual-use, does not take into account the full range of factors affecting operation in Antarctica, this makes them limited suitable for widespread use in this region. A scientifically based design of a tracked snowmobile tractor transporter for operation in the Antarctic region for long-distance movement inland in conditions of extremely low ambient temperatures and implemented by its design and basic tactical and technical characteristics is presented.

окружающего воздуха и реализуемая его конструктивным исполнением и основными тактико-техническими характеристиками.

**Ключевые слова:** ТЯГАЧ, ЖИЛОЙ МОДУЛЬ, УШИРИТЕЛИ, ОБИТАЕМОСТЬ, АНТАРКТИДА, ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКАЯ ТЕМПЕРАТУРА.

**Keywords:** TRACTOR, RESIDENTIAL MODULE, EXPANDERS, HABITABILITY, ANTARCTICA, EXTREMELY LOW TEMPERATURE.

<sup>1</sup> Автор для ведения переписки

### **1 Актуальность, постановка вопроса, план исследования (обзора)**

Антарктида по праву считается самым суровым континентом по климатическим и метеорологическим условиям, рельефу местности, в недрах которого находятся значительные запасы каменного угля, железной и полиметаллической руды, драгоценных и редкоземельных металлов, огромные запасы пресной воды, большой объем углеводородного сырья на шельфе антарктических морей [1].

Более 20 стран имеют на этом континенте свои интересы и действующие научно – исследовательские станции, однако, у Российской Федерации большинство преобладающих позиций и статус первооткрывателя этого материка, позволяющих сохранять при этом геополитическое равновесие.

В целях сохранения своего присутствия в Антарктиде, основные направления развития и осуществления деятельности в интересах Российской Федерации регламентированы Федеральным законом от 05.06.2012 N 50–ФЗ (ред. от 02.07.2021г.) "О регулировании деятельности российских граждан и российских юридических лиц в Антарктике". Он определяет порядок и организацию проведения научных исследований в Антарктике (географических, гидрологических, геофизических, геологических, геохимических исследований), мониторинг окружающей среды Антарктики, обеспечение деятельности Российских антарктических станций и сезонных полевых баз в форме зимовочных и сезонных экспедиций.

Также, Распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 июня 2021г. № 1767–р был утвержден план мероприятий по реализации Стратегии развития деятельности Российской Федерации в Антарктике до 2030 года.

В настоящее время учеными и исследователями Российской Федерации используются семь круглогодично действующих полярных научно-исследовательских станций (одна расположена в центре материка, а остальные – по его периметру на побережье), на которых производится мониторинг показателей атмосферы, ведутся специальные исследования по медицинскому, геологическому, климатическому и метеорологическому направлениям, а также проходят тестирование новые технологии.

Станции расположены на значительном расстоянии друг от друга, а сообщение между ними налажено с помощью санно – гусеничных поездов. Применение авиационного транспорта, способного доставить грузы, личный состав и совершить посадку в данных условиях, ограничено несколькими месяцами в году из-за низких температур и большой вероятности обледенения плоскостей и фюзеляжа, с невозможностью дальнейшего взлета с ледового аэродрома.

Таким образом, обеспечение снабжения антарктических научно-исследовательских станций, особенно, топливом и горюче-смазочными материалами, продовольствием, крупногабаритным оборудованием, доставкой личного состава происходит, в основном, санно-гусеничными поездами [2]. Для этой цели использовались гусеничные снегоходные транспортеры «Изделие–404» (Харьковчанка), проекта 1958 года и продолжает использоваться «Изделие–404С» (Харьковчанка–2), проекта 1975 года, которые были выпущены ограниченной серией,

причем, по объективным и субъективным причинам проектирование и выпуск их усовершенствованных образцов в настоящее время не происходит [3–5].

Гусеничные транспортеры-тягачи, серийно выпускаемые заводами-изготовителями в Российской Федерации, могут эксплуатироваться в условиях Антарктических широт в основном, на ее побережьях, причем, отдельные модификации (такие как двухзвенные транспортеры-тягачи двойного назначения семейства ДТ-30) могут эксплуатироваться в условиях низких температур до минус 50° С, т.к. конструктивно имеют гидромеханическую трансмиссию, гидравлическое поворотное устройство двух звеньев, что накладывает определенные ограничения на их применение в условиях экстремально низких температур [6].

Зарубежные производители (Caterpillar, Rolligon, Foremost) выпускают, в основном, колесные, либо сочлененные гусеничные транспортеры-тягачи, также имеющие конструктивные температурные ограничения по своему применению в условиях экстремально низких температур.

В настоящее время исследователи этого сурового континента испытывают серьезные трудности ввиду отсутствия специально подготовленных и адаптированных для экстремальных условий эксплуатации транспортных средств для проведения внутриконтинентальных исследований и перевозки грузов по материкам.

Поэтому, по мере увеличения масштабов исследований при изучении Антарктических территорий, а также в целях успешного выполнения, поставленных Правительством Российской Федерации задач и обновления транспортной базы, ученым и исследователям необходим современный гусеничный многоцелевой снегоходный транспортер-тягач, подготовленный и адаптированный для эксплуатации при экстремально низких температурах, в сложных дорожных, климатических и метеорологических условиях.

## 2 Анализ информационных источников

Климатические условия Антарктических широт характеризуются регулярными снежными бурями и сильным, практически непрерывным стоковым ветром со скоростью до 50 м/сек, из-за куполообразной конфигурации материка и разности температуры его поверхности и окружающего воздуха с экстремально низкими температурами (в некоторых районах ниже минус 80 °С) [7, 8]. При этом возникает большое количество снежно – ледяной пыли, снижающей горизонтальную видимость.

Также, отдельные области материка расположены на высоте более 3,5 км над уровнем моря, что способствует большой разреженности сухого воздуха и низкому атмосферному давлению. Значительная часть материка находится под постоянным ледниковым покровом, с большим количеством разломов, трещин, выступов, продолжительных подъемов и спусков. Наличие глубоких и неоднородных сыпучих снегов с низкой несущей способностью (0,25-0,8 бар), особенно, на равнинных участках, где переохлажденные кристаллы по прочности не уступают песку и сдвигаются в горизонтальной плоскости при соприкосновении с ним, создают высокое сопротивление движению неподготовленным для этого транспортным средствам [9].

А при большой удаленности полярных станций друг от друга обеспечение их жизнедеятельности представляет собой очень сложную задачу и актуальную проблему. Основным способом ее решения является доставка материальных средств и исследователей гусеничными снегоходными транспортными средствами, специально разработанными и адаптированными к эксплуатации в максимально неблагоприятных климатических условиях с экстремально низкими температурами. Наряду с этим, организация снабжения некоторых полярных станций возможна в минимально короткий летний период.

Экстремальные климатические условия антарктических широт требуют обеспечить высокий уровень качества узлов и агрегатов техники, максимальной надежности ее функционирования, доступности узлов и агрегатов при проведении технического обслуживания и выполнения ремонта. Также, должна быть обеспечена комфортная обитаемость экипажа в кабине и исследователей в жилом модуле, обзорность с рабочих мест механика-водителя, командира, штурмана [10].

Следует отметить, что до настоящего времени задача полного удовлетворения потребностей ученых и исследователей, работающих на Антарктических полярных научных станциях современными гусеничными снегоходными транспортерами-тягачами не решена.

В связи с этим возникла необходимость обоснования перспективной конструкции многоцелевого снегоходного гусеничного транспортера-тягача, определения рациональных параметров гусеничного движителя, механической трансмиссии, оптимального выбора силового агрегата, которые бы позволили обеспечить максимальные тяговые показатели при минимально возможном удельном расходе топлива. Это потребует научно-обоснованного применения уточненной методики расчета рациональных параметров и применяемых материалов для гусеничного движителя, способствующих увеличению тяговых показателей и показателя эффективности применения перспективного многоцелевого снегоходного гусеничного транспортера-тягача [11].

Важными составляющими в ходе проверки надежности образца являются проверка и оценка пусковых качеств силового двигателя, микроклимата в кабине управления и отсеках обитаемого отсека жилого модуля, определение эксплуатационного расхода горюче-смазочных материалов и специальных жидкостей при движении тягача по различным ледовым покрытиям (чистому, торосному и смешанному), по снежной целине с различной глубиной и плотностью, определения средних скоростей движения одиночного тягача и тягачей с пассивными санными прицепами в составе колонн, а также при буксировке условно вышедших из строя тягачей, доступности узлов и агрегатов при проведении контрольных осмотров, выполнения мероприятий по техническому обслуживанию и определения степени приспособленности к тягача ремонтным работам при экстремально низких температурах при сильном ветре, эффективность светового оборудования при освещении местности в ночное время, в пургу, в условиях минимальной видимости и возможности использования приборов ночного видения, надежности установленного дополнительного и вспомогательного оборудования.

Параметры движения гусеничного снегоходного транспортера-тягача по неоднородному снежному покрову определяются несколькими конструктивными и эксплуатационными факторами:

- массогабаритными характеристиками, наличием технологического (исследовательского) оборудования и перевозимого груза в прицепных пассивных санных системах;
- внешними характеристиками силового агрегата, с увеличенным запасом по крутящему моменту и возможностью обеспечить длительное движение с минимальными скоростями на низших передачах;
- характеристиками подвески и количеством, и типом опорных катков гусеничного движителя, с приложением крутящего момента к ведущим звездочкам без рывков.

Ходовая часть должна способствовать обеспечению маневренности и подвижности тягача на неоднородном и глубоком снежном покрове, максимально снизить вибрации корпуса тягача из-за перематывания гусеничных лент, высокую надежность с возможностью максимального восстановления силами экипажа в случае поломок.

Внешние силы, оказывающие значительное сопротивление движению гусеничного снегоходного транспортера-тягача представляют собой: силы сопротивления движению из-за вертикальной деформации снежной ОП гусеничным движителем; силы сопротивления движению из-за наличия бульдозерного эффекта, при деформации снежной ОП днищем корпуса тягача; силы сопротивления движению, возникающие при трении днища корпуса тягача по снежной ОП; силы сопротивления движению из-за налипания и последующем примерзании снега к элементам ходовой части и гусеничного движителя; силы сопротивления движению, возникающие за счет крюковой нагрузки, действующей от пассивного санного прицепа; силы сопротивления движению, возникающие от потока воздуха при ветровой нагрузке [12].

Максимальная грузоподъемность пассивного санного прицепа зависит от тяговых показателей гусеничного движителя тягача, которые будут определяться его рациональными параметрами и конструкцией, а также сложностью дорожных и климатических условий [13]. При буксировке пассивного санного прицепа внешние силы сопротивления движению будут зависеть от массы и габаритов перевозимого груза, рельефа местности, физико-механических

свойств снежной ОП, применяемых материалов для полозьев и их конструктивных параметров, характера и условий взаимодействия полозьев со снежной ОП и скорости движения тягача. При этом, на скорость движения тягача будут оказывать существенное влияние сила смятия снега под носками полозьев пассивного санного прицепа; сила среза снега кромкой носков полозьев пассивного санного прицепа; сила трения материала подошвы полозьев пассивного санного прицепа по снежной ОП; сила сопротивления перемещаемого объема снега при образовании колеи от полозьев пассивного санного прицепа [14].

В общем случае движения тягача по снежной ОП силы внешнего сопротивления будут обуславливаться следующими основными составляющими: сопротивлением со стороны снежного покрова, сопротивлением со стороны рельефа местности (при этом необходимо определить максимальное значение угла наклона санного прицепа к горизонту), сопротивлением со стороны ветровой составляющей, сопротивлением от сил инерции массы тягача. При скольжении полозьев пассивного санного прицепа по снежной и ледовой ОП на их поверхности, контактирующей с ОП, будет происходить образование влажной пленки, при этом, толщина ее будет зависеть как от величин сил трения, так и количества выделяемого при этом тепла, температуры снежной ОП и окружающего воздуха [15]. А величина коэффициента трения полозьев пассивного санного прицепа по снежной ОП будет зависеть от температуры окружающего воздуха, меняясь в зависимости от изменения ее агрегатного состояния. Минимальное значение величины коэффициента трения при этом будет при переходе снега из хрупкого в пластическое состояние.

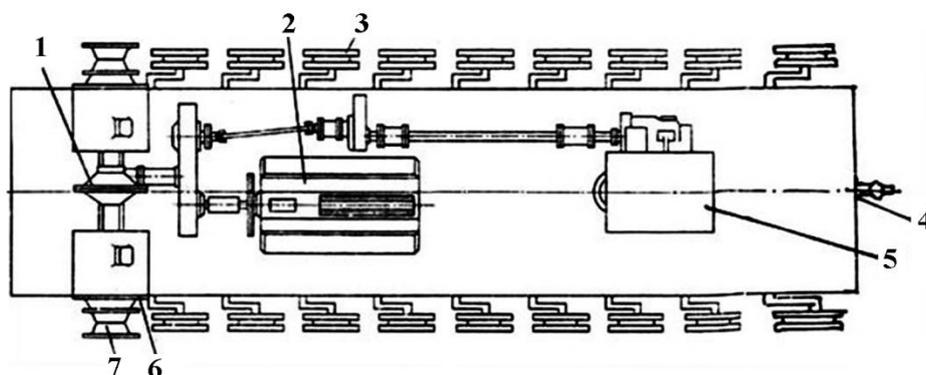
Необходимо учитывать действие потока воздуха (ветровой нагрузки), оказывающего значительное сопротивление, особенно, при фронтальной скорости более 6 м/с при перевозке массогабаритных грузов. В таких условиях происходит увеличение расхода топлива и снижаются тяговые показатели тягача вследствие уменьшения коэффициента сцепления гусеничного движителя с ОП. Величина коэффициента сопротивления движению санных прицепов по снежной ОП находится в пределах 0,01-0,50 и зависит от многих факторов. С увеличением плотности, жесткости и твердости снежного покрова величина коэффициента сопротивления движению санных прицепов незначительно снижается с образованием достаточно неглубокой колеи. При этом, на величину тягового сопротивления санных прицепов существенное влияние оказывает характер распределения груза на платформе прицепа. Наиболее выгодными координатами центра масс пассивного санного прицепа, в целях снижения сопротивления его движению, является точка, смещенная назад, по оси прицепа от его середины, на расстояние, равное 6-8 % от длины его полоза. А смещение координаты центра масс перевозимого в пассивном санном прицепе груза вперед или назад от этого положения, приведет к увеличению сопротивления его движению, причем, наиболее значительно, оно возрастет при смещении груза вперед.

Также, на проходимость, устойчивость при движении по различному рельефу местности и степень поворотливости гусеничного снегоходного транспортера–тягача существенное влияние оказывают координаты его центра масс, которые определяют характер распределения вертикальных нагрузок по опорным каткам гусеничного движителя. При этом, опорная проходимость тягача по ОП с низкой несущей способностью и снежной целине улучшается (уменьшается глубина колеи и снижается буксование гусениц при увеличении силы тяги), если центр давления гусениц на ОП смещен назад на 3-4% от среднего положения.

Положение центра масс тягача зависит от взаимного расположения центров масс ее корпуса и остальных узлов и агрегатов, размещенного исследовательского и технологического оборудования. При проведении расчетов по рациональной развесовке тягача необходимо размещать, по возможности, массо – габаритные узлы и агрегаты (силовой двигатель, основную лебедку, узлы и агрегаты трансмиссии) в наибольшем удалении от его центра масс, т.к. это будет способствовать увеличению момента инерции относительно действующих внешних поперечных сил, что улучшит плавность хода при уменьшении частоты колебаний корпуса тягача.

Компоновка трансмиссии снегоходного транспортера–тягача с различным расположением ведущих звездочек представлена на рис. 1, 2.

При переднем расположении ведущей звездочки и движении вперед будет натягиваться верхняя часть гусеничной ленты, а нижняя часть будет принимать форму рельефа ОП, создавая лучшее сцепление с ней при минимальных потерях тяговых показателей (рис. 1).



1 – механический редуктор; 2 – силовой двигатель; 3 – опорные катки;  
4 – тягово-сцепное приспособление; 5 – основная лебедка; 6 – механизм поворота  
и бортовые коробки передач; 7 – ведущие звездочки

Рисунок 1 – Компоновка механической трансмиссии с передней ведущей звездочкой

При движении гусеничной ленты к передним ведущим звездочкам происходит ее самоочистка, однако, есть большая вероятность ее схода с опорных катков, также, большая ее часть (кроме передней наклонной ветви) будет находиться под натяжением (тяговым усилием), способствуя ускоренному износу пальцев и проушин (отверстий) траков и максимальному нагружению направляющих колес. Такая конструкция способствует упрощению трансмиссии, причем, провисание гусеницы в передней части обеспечит наиболее плавное ее движение, вызывающее меньшую деформацию ОП.

При заднем расположении ведущей звездочки (рис. 2) и движении вперед будет создаваться провис верхней части гусеничной ленты и натяжение ее нижней части между ведущей звездочкой и разгруженным направляющим колесом, тяговое усилие не будет передаваться по верхней и передней (от ведущей звездочки до переднего опорного катка) ветви, что составит около половины длины гусеничной ленты. При этом возможно возникновение процесса буксования гусеничного движителя по ОП.

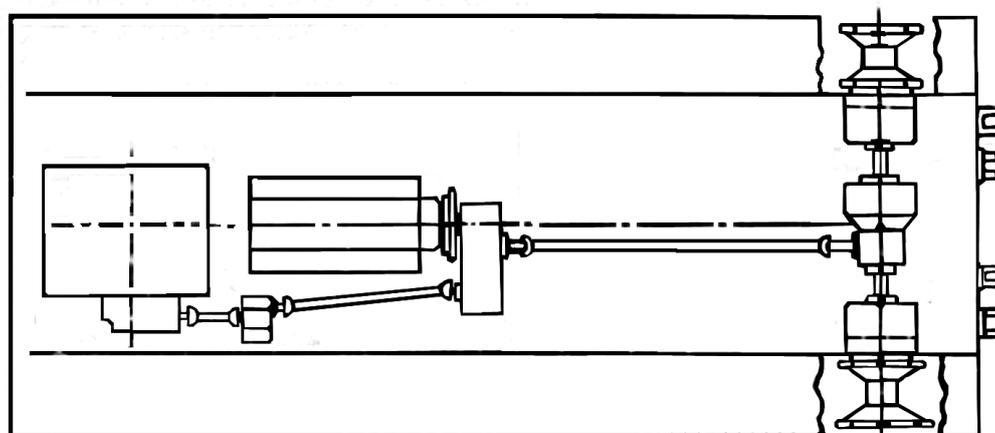


Рисунок 2 – Компоновка механической трансмиссии с задней ведущей звездочкой

Также, при такой компоновке механической трансмиссии, валы карданных передач будут занимать полезную площадь, которую возможно отвести под различное оборудование, что увеличит потери полезной мощности.

Бортовые коробки передач оптимально использовать 3...4-х ступенчатые, планетарные с переключением передач без разрыва потока мощности для снижения динамических нагрузок и массогабаритных характеристик.

Основными параметрами при выборе силового агрегата являются его значительный ресурс, надежность, удельная мощность, способность к запуску после предварительной подготовки в условиях экстремально низких температур, длительная работа на холостых оборотах и при движении на низших передачах. В качестве силового двигателя для снегоходного транспортера-тягача были рассмотрены четыре V-образных двенадцати-цилиндровых четырехтактных дизельных двигателя с жидкостным охлаждением, непосредственным впрыском топлива и турбонаддувом: В-92С2 [16], В-84МС, производства ООО «Челябинский тракторный завод-УРАЛТРАК» [17], ЯМЗ-847.10 и ЯМЗ-8401.10, производства ОАО «Автодизель» (Ярославский моторный завод) [18]. Основные характеристики указанных двигателей приведены в табл. 1.

Основной задачей при создании совершенного гусеничного движителя является повышение его долговечности функционирования в экстремально сложных условиях эксплуатации, т.к. он наиболее подвержен к выходу из строя по причине ускоренного износа под действием экстремально низких температур, т.е. все его элементы постоянно работают в чрезвычайно тяжелых условиях [18]. При этом, износ металлических (открытых и закрытых), резинотехнических шарниров траков гусениц, а также шаговый износ траков максимально снижает их ресурс [19].

Таблица 1 – Основные характеристики дизельных двигателей

Наименование параметра	В-92С2	В-84МС	ЯМЗ-847.10	ЯМЗ-8401.10
Масса, (кг)	1020	1020	2000	1840
Удельная мощность, (л.с./ кг)	0,98	0,82	н.д.	н.д.
Мощность при частоте вращения 2100 об/мин, кВт (л.с.)	736 (1000)	618 (840)	588 (800)	478 (650)
Удельный расход топлива, (г/л.с. час)	156	182	149	152
Рабочий объем, (л)	38,8	38,88	25,86	25,86
Длина, (мм)	1560	1560	1830	1910
Высота, (мм)	950	950	1220	1265
Ресурс, (м. час)	1200	н.д.	5000	10000
Максимальный крутящий момент, Нм (кгс. м)	3920 (400)	3089 (315)	3090 (315)	2450 (250)
Коэффициент приспособляемости (запас по крутящему моменту, %)	1,25 (25)	н.д. (18)	1,15 (15)	1,13 (13)

А удельное давление гусеничного движителя на ОП является самым основным параметром, характеризующим опорную проходимость тягачей, причем, их проходимость зависит от массы тягача, типа трансмиссии, ширины гусениц и типа шарниров траков, а также других факторов.

Целесообразно гусеничный движитель для снегоходного транспортера-тягача проектировать на основе мелкозвенчатых металлических траков, соединенных параллельными металлическими шарнирами открытого типа [20, 21].

При этом, увеличение подвижности тягача при движении по многолетнему льду и торосам возможно за счет удлинения активных участков гусеничной ленты [22], а также разнесения грунтозацепов и перекрытия зазора между траками [23].

Необходимо учитывать, что опорная проходимость гусеничных тягачей будет существенно ограничиваться величиной силы тяги по сцеплению с ОП, конфигурацией днища кор-

пуса (создающего бульдозерный эффект) и величиной клиренса. Однако, опорную проходимость гусеничных тягачей по слабонесущим грунтам и снежной ОП можно повысить при помощи уширения гусениц, т.е. с увеличением ширины штатных гусениц путем установки на них съемных уширителей различной конструкции.

Но, известные существующие металлические уширители гусениц выполнены с существенными недостатками, связанными со сложностью условий использования гусеничного движителя и изменением габаритных размеров [24]. Уширители гусениц, имеющие значительный консольный вылет и высокую жесткость, не имеют достаточной прочности, т.к. при наезде на единичные и твердые вертикальные препятствия часто преждевременно выходят из строя. В таких случаях возможен как сход гусеницы с опорных катков, так и распор гусеничного движителя, приводящий к повреждению бандажей опорных катков и выходу их из строя, и т.д. Также, громоздкие и металлоемкие съемные металлические уширители создают большие затруднения при их эксплуатации. Причем, при движении по недеформируемой ОП происходит ухудшение сцепления с ней гусеничных лент, снижая параметры движения тягача.

Кабина тягача, выполняющего длительные по времени переходы вглубь Антарктического континента, должна соответствовать требованиям эргономики и санитарным нормам, а окна должны обеспечивать максимальный угол обзора [25, 26]. Поэтому, нервно-эмоциональное напряжение механика – водителя и членов экипажа будет определяться многочисленными факторами: конструктивными особенностями тягача, расположением и исполнением органов управления и контрольных приборов, сложностью дорожной обстановки, наличием шума и вибраций от работы силового дизельного двигателя, механической трансмиссии, перематывании лент гусеничного движителя, интерьером кабины и ее цвето-фактурным исполнением. Для повышения эффективности деятельности механика – водителя при управлении гусеничным тягачом требуется провести оптимизацию параметров его рабочего места: применить анатомические сидения, способствующие оптимальной рабочей позе, расположить органы управления тягачом таким образом, чтобы не вызывать быструю утомляемость и усталость, контрольные приборы расположить в местах, обеспечивающих визуальный контроль показаний на панели приборов без перекрытия и др. При этом, необходимо учитывать как антропометрические особенности членов экипажа, так и психологические и физиологические.

Кабина с ровным полом будет способствовать обеспечению максимального комфорта рабочего места механика – водителя, по сравнению с кабиной, имеющей тоннель для органов управления.

При проектировании утепленной герметизированной кабины тягача возможно выполнить лобовое стекло как с положительным углом наклона, так и с отрицательным. Положительный угол наклона лобового стекла выполняют для снижения аэродинамического сопротивления от набегающего потока воздуха в целях экономии топлива и снижения потерь полезной мощности на движение тягача (рис. 3).



Рисунок 3 – Кабина с положительным наклоном лобового стекла

Отрицательный угол наклона лобового стекла. ухудшает аэродинамику и увеличивает сопротивление воздуха (рис. 4).



Рисунок 4 – Кабина с отрицательным наклоном лобового стекла

Но, с учетом габаритов и массы тягача, нарушение аэродинамики не имеет критического влияния на расход топлива и потери мощности, т.к. движение происходит на минимальных скоростях. При этом, сопротивление встречному потоку воздуха незначительное, особенно учитывая, какие нагрузки испытывает тягач за счет завихрений воздуха от сильного ветра, поэтому им можно пренебречь. Дополнительно возможно снижение налипания снега при ветровой нагрузке. Отрицательный угол наклона лобового стекла улучшает внутренний микроклимат в кабине, блокируя прямые солнечные лучи, при этом, улучшается обзорность, уменьшается воздействие солнечного света на механика-водителя, практически полностью исчезают блики, и, таким способом достигается минимум оптических искажений для глаз механика-водителя [27].

При эксплуатации аккумуляторных батарей (АКБ) в условиях низких температур повышаются требования к их размещению, утеплению и режиму заряда. Низкие температуры ограничивают штатную разрядную емкость АКБ, способствуя их постоянному недозаряду в связи с существующей обратной зависимостью увеличивающегося ее внутреннего сопротивления из – за снижения проводимости электролита и разряда АКБ. Также, под воздействием низких температур, уменьшается скорость диффузии ионов электролита и снижается его концентрация в порах активной массы пластин, способствуя уменьшению ее проводимости (снижая в целом электропроводность), и, повышая при этом вязкость электролита, что вызовет затруднения его проникновения в глубину слоев пор активной массы пластин. При увеличении внутреннего сопротивления АКБ произойдет усиление поляризации с дальнейшим образованием плотных мелкокристаллических осадков сульфата свинца и пассивирование отрицательного электрода.

### 3 Обобщение результатов исследований

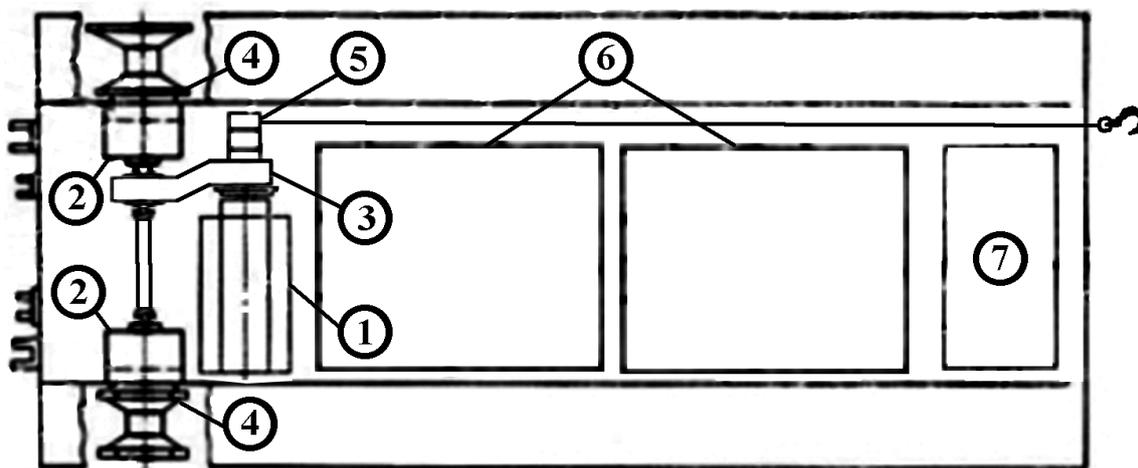
Этапы методики определения массогабаритных характеристик, центра масс, оптимального места расположения ведущих звездочек, рационального количества опорных катков, оптимальный выбор силового агрегата, определение потерь тяговой мощности, уточнение модели движения гусеничного снегоходного транспортера–тягача по характерному для данной местности маршруту, осуществление оценки эффективности предлагаемых новых технических решений возможно представить в несколько стадий.

Основные тактико-технические данные гусеничного снегоходного транспортера–тягача представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Основные массогабаритные характеристики

Наименование параметра	Величина
Полная масса, (т)	40
Вес буксируемого санного прицепа, (т)	70
Запас топлива, (л)	3000
Длина, (м)	10
Высота, (м)	4
Ширина, (м)	5
Колея, (м)	4,740
Длина опорной поверхности гусеницы, (м)	5,694

Предлагаемая схема компоновки гусеничного снегоходного транспортера–тягача с расположенным силовым агрегатом поперечно его продольной оси, маховиком в правую сторону, в моторно-трансмиссионном отсеке передней части герметичного полого корпуса, и расположенными в передней его части ведущими звездочками, позволит улучшить сцепление гусеничных лент с ОП, увеличить его тяговые показатели при минимальных потерях полезной мощности (рис. 5).



1 – двигатель; 2 – бортовая коробка передач; 3 – входной редуктор;  
4 – бортовая передача; 5 – основная лебедка; 6 – топливные баки;  
7 – масляный бак

Рисунок 5 – Компоновка гусеничного снегоходного транспортера–тягача

Такая компоновка трансмиссии будет способствовать упрощению механических приводов системы управления тягача при сокращении длины тяг, отказа от протяженных карданных передач со значительным числом шарнирных соединений, и снижению центра масс тягача.

Конструктивно, трансмиссия гусеничного тягача выполнена механической, со входным повышающим шестеренчатым редуктором, предназначенным для передачи крутящего момента от силового двигателя к двум бортовым планетарным коробкам передач и соосным бортовым редукторам, вентиляторов системы охлаждения силового двигателя, а также привода генератора переменного тока, воздушного компрессора, лебедки крана – стрелы (на рис. 5 условно не показаны) и основной реверсивной лебедки. При наличии низкооборотного силового двигателя и минимальных скоростях движения тягача входной редуктор может быть двухступенчатым, повышающим, с передаточными числами 1,2 и 1,8. Трансмиссия при этом обеспечит семь передач вперед и одну заднего хода. На нижней передаче будет происходить трогание тягача с места с пассивным санным прицепом, на верхних – движение.

Бортовые одноступенчатые коробки передач планетарного типа, с постоянным передаточным числом и механическим управлением. Осуществление поворота тягча будет происходить при включении пониженной передачи в коробке передач со стороны отстающей гусеницы. Привод тормоза механический, но, при этом обеспечивающий эффективное торможение и остановку тягча, удержание его на подъемах и спусках. Рычаги управления заменены на систему управления на основе штурвала.

Подвеска тягча индивидуальная, торсионная, с жесткими ограничительными упорами на первых, вторых, пятых, шестых и седьмых узлах подвески.

Механическая реверсивная тяговая лебедка (650–21–сб2) производства АО «Курганмашзавод», с длиной троса 100 м и приводом от повышающего редуктора, установлена в защитном кожухе на подрамнике в передней части рамы в моторно-трансмиссионном отсеке [28].

На тягаче планируется использовать в качестве силового агрегата дизель ЯМЗ–847.10 с наддувом от приводного центробежного компрессора и «сухим картером». Ввиду того, что принудительный наддув под давлением создает для механизмов и узлов двигателя дополнительные нагрузки, необходимо конструктивно усилить постели коренных подшипников коленчатого вала, увеличить жесткость блока цилиндров и обеспечить струйное масляное охлаждение днища поршней. Дизель должен быть оборудован вторым генератором переменного тока с выпрямителем для питания потребителей и дополнительным отключаемым объемным воздушным нагнетателем с двумя трехлопастными роторами [29]. Запуск дизеля возможен стартер–генератором СГ–18–1С или сжатым воздухом (в системе воздушного запуска необходимо предусмотреть два воздушных баллона емкостью по 5 л), либо комбинированным способом, используя обе системы [30]. Зарядка воздушных баллонов осуществляется приводным от повышающего редуктора трансмиссии поршневым трехступенчатым двухцилиндровым компрессором АК–150СВ воздушного охлаждения, с рабочим давлением 120–160 бар. Для облегчения пуска силового дизельного двигателя в условиях экстремально низких температур необходимо предусмотреть систему предварительного подогрева охлаждающей жидкости с возможностью подогрева головок блока цилиндров и стенок блока цилиндров, коренных опор коленчатого вала, обеспечить подогрев моторного масла жидкостным подогревателем с форсунками в масляном баке перед его прокачкой по системе смазки. При этом, силовой дизельный двигатель оборудуется электрофакельным устройством подогрева поступающего в цилиндры воздуха во впускных воздушных коллекторах. Подогрев дизельного топлива будет происходить в топливозаборниках расходных топливных баков, а также, как в нагнетательных, так и в обратных топливных магистралях, и в корпусах топливных фильтров. Избыточное давление в топливных магистралях будет принудительно создаваться ручным или электрическим топливopодкачивающими насосами. В качестве моторного масла возможно применение масла М – 3<sub>з</sub> /12- Д (ГОСТ РВ 509920 – 2005), с температурой застывания минус 60 °С. В качестве охлаждающей жидкости возможно применение жидкости тосол А – 65 (ТУ 6 – 97.95 – 96), с рекомендуемой температурой применения до минус 65 °С. Также, предлагается использовать дизельное топливо марки ДТ АЗ – В – К5 (ГОСТ РВ 50920–2005), предназначенное для систем питания дизелей, с нижним температурным пределом до минус 65 °С (предельная температура фильтрации составляет минус 78 °С, а температура застывания составляет минус 80 °С) [31]. Предусмотрен фидер (розетка) типа ПС – 315 для пуска двигателя от внешнего источника электропитания.

Герметичный полый корпус тягча корытообразной формы, с продольными и поперечными выштамповками, обеспечивающими необходимую жесткость, оборудованный люками для проведения технического обслуживания (рис. 6).

Кроме силового двигателя, узлов и агрегатов трансмиссии, вспомогательных агрегатов, в нем размещены топливные баки с подогревом топливозаборников и топливопроводов, масляный бак и два воздушных нагревателя.

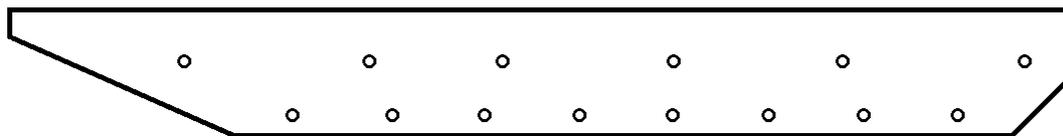


Рисунок 6 – Герметичный полый корпус тягача (вид сбоку)

На переднем листе корпуса расположены буксирные крюки с защелками и две опоры крана – стрелы. В кормовой части корпуса установлено буксирное приспособление и окно выхода троса основной реверсивной лебедки.

Гусеничный движитель для снегоходного транспортера–тягача, многократно апробированный и испытанный в различных режимах и условиях движения предлагается заимствовать у серийного основного танка Т–90 (исходная ширина колеи 2790 мм, число траков – 81, длина опорной поверхности гусеничной ленты – 4270 мм, среднее удельное давление на ОП – 0,938 бар). Движитель имеет установленную в передней части корпуса ведущую звездочку, индивидуальную торсионную подвеску, удлинена на два опорных катка с наружной амортизацией (до восьми с каждой стороны) из условий выбранных габаритов тягача и на один поддерживающий каток – до четырех, с расширенными гусеничными лентами (при исходной ширине гусеницы 580 мм) комбинированными уширителями 870 мм (рис. 7).

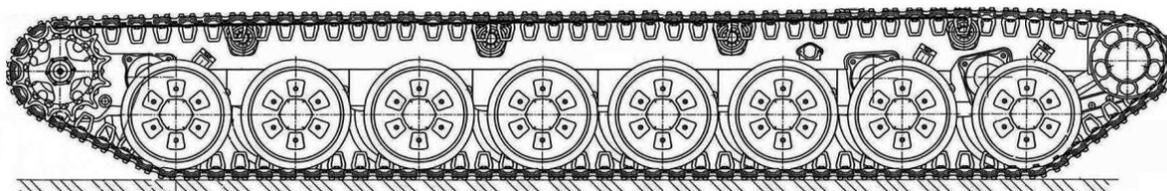


Рисунок 7 – Гусеничный движитель транспортера–тягача

Поддерживающие катки верхней ветви гусеничной ленты [32] будут способствовать уменьшению суммарных углов поворота траков относительно друг друга, снижая потери полезной мощности двигателя и тяговой мощности, повышая ее надежность, а также исключат удары гусеничной ленты о корпус тягача [33]. Расчетное среднее удельное давление снегоходного транспортера-тягача на ОП будет в пределах 0,35 бар. Отношение длины опорной поверхности гусениц к ее колее при проектировании тягачей представляет собой одно из главных конструктивных ограничений, и, составляет 1,2:1, причем, данный параметр должен находиться в оптимальных пределах 1:1-1,8:1 [34]. Указанный предел зависит, в основном, от механических и профильных свойств ОП, и, определяется как отношение внешних сил сопротивления боковому сдвигу от действия гусеничного движителя к развиваемому им тяговому усилию. При этом, осуществление поворота гусеничного тягача на слабонесущих ОП будет происходить при снижении силы тяги с возможной последующей полной потерей его подвижности.

Для повышения показателей проходимости снегоходного транспортера–тягача возможно использовать, например, эластичные уширители, с необходимыми зазорами между ними, выполненные из морозостойких материалов, армированной кордом, для которых существуют зависимости его прогибов от его геометрических размеров (длины, поперечного сечения), числа слоев, а также типа и схемы укладки корда [35-37]. Возможно получить необходимую жесткость уширителей гусеничных лент при рациональном выборе их геометрических размеров и использования современных армирующих материалов в целях исключения их изгибов, создающих помехи для движения.

Применение эластичных уширителей будет способствовать увеличению площади контакта гусеничных лент с ОП, причем, с уменьшением вероятности их выворачивания при преодолении единичных препятствий (камней, ледяных обломков и т.д.) [19].

Основным показателем материалов для гусеничных траков является вязкость при низких температурах и способность сопротивляться хрупкому разрушению при острой или полукруглой трещине (СЕ СЭВ 1157–78). Для Антарктических условий в целях минимизации хладоломкости материалов рекомендуется применять стали 12Г2СМФ и 12ГН2МФА с пределом прочности 600 и 750 МПа соответственно и рабочей температурой минус 80 – минус 100 °С [38]. Для таких сталей необходимо определять нижнюю критическую температуру хрупкости, ниже которой скорость разрушения контролируется разрывом межатомных связей на всех стадиях разрушения, и верхнюю критическую температуру, выше которой скорость разрушения контролируется пластической деформацией на всех стадиях разрушения [39]. Резьбовые соединения на основе трубной резьбы с полукруглыми вершинами и впадинами без концентраторов напряжений с чистовой обработкой.

Герметичная кабина управления установлена в передней части корпуса тягача отдельно от жилого модуля, лобовые стекла составные, из трех частей, с отрицательным наклоном, имеют электрический обогрев и обдуваются горячим воздухом (рис. 8).

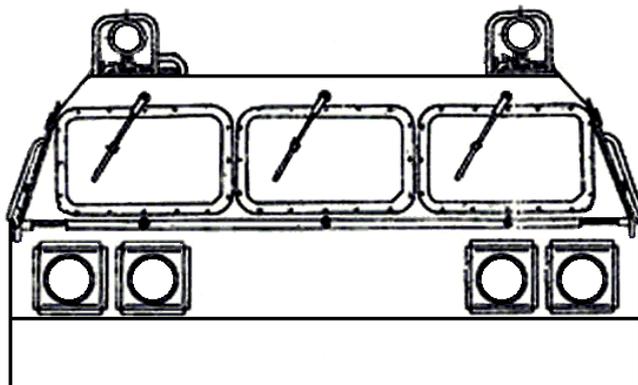


Рисунок 8 – Герметичная кабина управления

На крыше кабины, с правой стороны, оборудован запасной эвакуационный выход. Крыша кабины, пол, стенки и двери имеют дополнительное комбинированное утепление. Три анатомических сиденья (для механика – водителя и двух членов экипажа) выполнены с подогревом. За каждым сидением размещены комплекты приборов ночного видения ПНВ – 57Е (ПНВ – 10Т), а над ними с предусмотрены индивидуальные плафоны освещения. На передней панели перед сиденьями двух членов экипажа размещены откидные столики и переговорное устройство с жилым модулем. Отопление кабины осуществляется отопителями двух типов: калориферным, работающим совместно с системой охлаждения силового двигателя и автономным воздушным (ОВ – 4Д, ОВ – 8Д, ОВ – 65, ОВ – 95). Контрольно – измерительные приборы, отражающие состояние и работу систем, узлов и агрегатов заимствованы у танка Т–90. Применение жидкокристаллических дисплеев, панелей из-за условий эксплуатации тягача не планируется. В средней части кабины слева и справа установлены по две фары, по бокам крыши установлены фары – искатели.

Жилой модуль для длительного обитания экипажа вагонного типа (длиной 6,5 м и высотой 2,4 м) выполнен отдельно от кабины, но, с возможностью доступа в нее через лаз в передней части справа, с многослойной комбинированной теплоизоляцией и герметизацией швов, что позволит температуре в жилых блоках при полном отсутствии отопления снижаться на один–три градуса в сутки.

Комбинированная теплоизоляция стен, потолка и пола может быть выполнена из экструдированного пенополистирола, который закладывается в полости, далее идет слой влагостойкой фанеры, далее панели из алюминиевого композита. Сэндвич – панели (капсулы) достаточно качественная с точки зрения сохранения тепла теплоизоляция, способна длительное время сохранять заданную температуру в жилом модуле. Также, утепление кабины управления можно выполнить с помощью пенофола и изолона, не накапливающих воду и не подверженных гниению.

Корпус жилого модуля выполнен на основе технологий и материалов, применяемых в авиастроении при производстве фюзеляжей пассажирских летательных аппаратов. Площадь обитаемых отсеков составит 30 м<sup>2</sup>, высота потолка – 2,5 м, что позволит разместить 6 спальных мест (размер полки 2x0,7x0,15 м), рабочие места штурмана и радиста, кают – компанию и рабочую зону, аппаратные помещения, кладовую и вспомогательные помещения, санузел, камбуз, сушильное помещение, тамбур, отсек для дополнительного источника электрической энергии (дизель-генератор), а также другое оборудование (рис. 9).

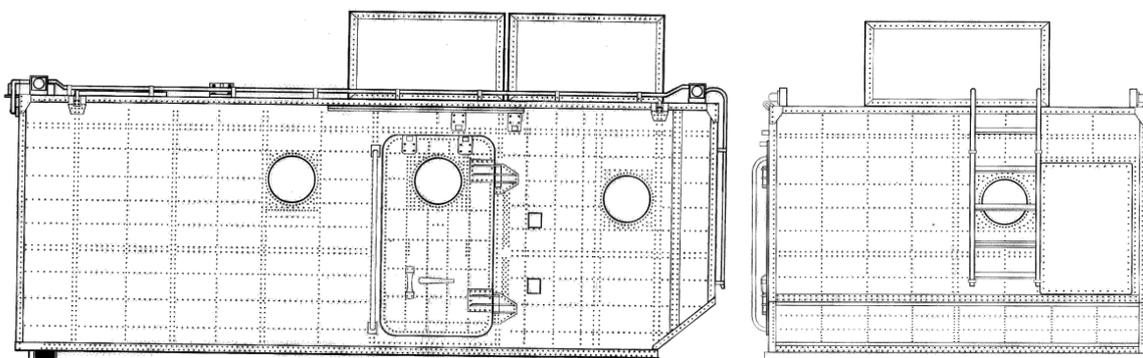


Рисунок 9 – Герметичный жилой модуль тягача

Жилой модуль оборудован герметичными открывающимися двойными иллюминаторами (два в передней части, один сзади и по три с каждой стороны) с влагопоглотителями и возможностью их обдува подогретым воздухом. Входная дверь и тамбур расположены с левой стороны по ходу движения тягача. На крыше оборудован запасной эвакуационный выход и установлены металлические ящики для запасных узлов и агрегатов, крепления для антенны и перевозимого имущества, а также крепления для крана – укосины.

Отопление отсеков модуля будет обеспечено двумя воздушными нагревателями (теплогенераторами), производительностью не менее 200 м<sup>3</sup>/час, расположенными в задней части герметичного корпуса, с возможностью подачи горячего воздуха в жилые и рабочие отсеки, а также, индивидуально к санитарно-бытовому оборудованию, иллюминаторам и сливным технологическим отверстиям. Для автономной работы экипажа жилой модуль оснащен умывальником с гидрозатвором Г-2, унитазом УК-2-1 со сливной панелью ПС-2, емкостью для мусора [40]. Повседневную эксплуатацию туалета обеспечат системы водоснабжения (два водяных бака емкостью по 20 л, трубопроводов с запорной арматурой, сливной насадок НС2-115М) и система удаления отходов. В помещении камбуза установлены шкафы для размещения консервированных продуктов, имущества, электроплита ПЭС-200/15, снегоплавильная установка с минерализатором, универсальный кипятильник КУ-200-2С и емкости для воды. Освещение отсеков осуществляется потолочными плафонами и лампами местного освещения. Для защиты экипажа от поражения электрическим током жилой модуль оборудован блоком защиты. Для связи экипажа, находящегося в жилом модуле с механиком – водителем в кабине, предусмотрено переговорное устройство и установлена кнопка «сигнал механику – водителю».

Радионавигационное оборудование и аварийные источники связи авиационные, размещены в отдельном отсеке жилого модуля.

Система электрооборудования однопроводная, напряжением 24 В, с возможностью преобразования напряжения в 12 В, 27 В и 115 В. В конструкции тягача предусмотрен обогреваемый аккумуляторный отсек с подогревом четырех рабочих (два АКБ для силового двигателя и два для жилого модуля) и четырех резервных АКБ, что предотвращает вероятность замерзания электролита и снимает ограничения по коэффициенту запаса номинальной емкости относительно разрядной. Для обогрева АКБ предусмотрен подогреватель АПЖ – 5. Там же установлена универсальная пуско – зарядная установка Э411М-220 В с розеткой внешнего пуска силового двигателя ПС 315 и энергоблок с накопителями энергии – модуль суперконденсаторов (ионисторов) производства ОАО «Элеконд» (г. Саранск), его применение позволит продлить срок службы АКБ, обеспечить надежный пуск силового двигателя. Исходя из конструктивного наличия силового дизельного двигателя большого литрового объема и с увеличенной мощностью, а также энергоемкой системы отопления отсеков обитаемого жилого модуля и кухонного оборудования с большой энергоемкостью, и, в целях обеспечения возможности проведения сварочных работ, в качестве дополнительного источника электрической энергии планируется использовать дизель–генератор постоянного тока (мощностью 10 кВт), в климатическом исполнении «ХЛ» (ГОСТ 15150-69), причем, с возможностью привода воздушного компрессора и генератора 4ПНГ225S (115В) [41]. Для производства подъемно – транспортных работ в передней части тягача установлены две опоры нижней части крана – стрелы грузоподъемностью 2 т, а внутри герметичного полого корпуса закреплена лебедка ее механического привода от повышающего редуктора (рис. 10).

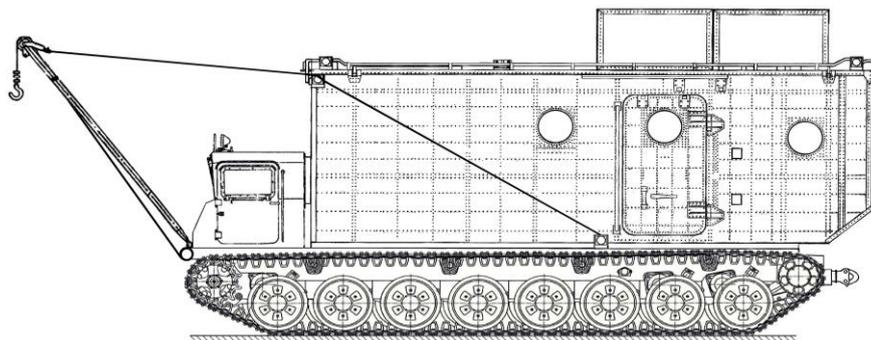


Рисунок 10 – Размещение крана – стрелы на тягаче

Верхняя его часть с помощью растяжек крепится к специальным крюкам по бокам в задней части жилого модуля. В транспортном положении кран – стрела укладывается и закрепляется на крыше жилого модуля. Также, предусмотрен кран – укосина грузоподъемностью 0,2 т, с ручным приводом и цепным механизмом подъема, закрепленный на крыше жилого модуля в задней его части и комплект захватов для агрегатов [42, 43].

В качестве дополнительного оборудования тягач должен быть укомплектован дополнительным оборудованием и приспособлениями: одиночным возимым комплектом запасных частей, водительским и шанцевым инструментом, принадлежностями и приспособлениями, сварочными аппаратами, переносным электрическим компрессором низкого давления, паяльными лампами, дополнительными тросами.

#### **4 Формулирование научно-технического проблемного вопроса дальнейших исследований (проблемы), концепции и задач исследования**

Таким образом, антарктическое направление является наиболее сложным для применения снегоходных гусеничных транспортеров-тягачей в связи с полным отсутствием дорог и колонных путей, наличия неоднородной и высокой снежной ОП, неблагоприятной для движе-

ния ледовой обстановки, уменьшенной продолжительности светлого времени суток, воздействия на технику экстремально низких температур и других природно-климатических особенностей материка, существенно ограничивающих их применение. В качестве приоритетных направлений дальнейшего развития и усовершенствования снегоходных гусеничных транспортеров – тягачей можно выделить увеличение показателей автономности (по длительности переходов), простоты конструкции, высокой надежности и работоспособности узлов и агрегатов, стабильного и высокого жизнеобеспечения членов экипажа в условиях экстремально низких температур, ремонтпригодности основных узлов и агрегатов и сохранения подвижности тягача при эксплуатации в экстремальных условиях. На основании вышесказанного, существует несколько приоритетных направлений при проектировании перспективных снегоходных гусеничных транспортеров-тягачей, максимально адаптированных и специально подготовленных для эксплуатации при экстремально низких температурах, в сложных дорожных, а также суровых климатических и метеорологических условиях:

- применение специальных сталей для траков гусениц, в целях эффективной работы в условиях экстремально низких температур;

- применение термостойких материалов и эффективных средств комбинированной теплоизоляции и ветрозащиты кабины управления, обитаемого жилого модуля, отсека силового двигателя, мест размещения узлов и агрегатов трансмиссии, элементов системы электрооборудования;

- обеспечение подогрева топливных и масляных баков, топливных нагнетательных и обратных магистралей, а также другого вспомогательного оборудования;

- использование высокоэффективных тепло-генераторов для обеспечения высокой готовности к пуску и поддержания рабочем состоянии силового дизельного двигателя, а также имеющихся других узлов и агрегатов;

- применение аккумуляторных батарей с длительным и форсированным подогревом, а также использование эффективных накопителей электрической энергии;

- применение специальных технических жидкостей, обеспечивающих возможность эксплуатации в экстремальных условиях;

- обеспечение надежной и бесперебойной работы вспомогательного и дополнительного оборудования климатического исполнения «ХЛ».

Также, условия Антарктического региона требуют проведения дополнительных мероприятий по подготовке всех основных агрегатов, узлов и систем гусеничного тягача для эксплуатации в экстремальных условиях, т.к. проведение технического обслуживания и ремонта будет затруднено из-за опасности обморожения членов экипажа и неудобства выполнения работ в зимней одежде. Предлагаемый в данной статье гусеничный тягач для эксплуатации в экстремальных климатических условиях может служить базой, на которую вместо жилого модуля можно смонтировать модули другого назначения: лабораторно-исследовательский, энергетический, ремонтную мастерскую, а также установить грузовую платформу. Данная проблема является актуальной и требует проведения дальнейших исследований и апробации новых технических и конструктивных научно-обоснованных решений в целях получения практического опыта по эксплуатации и ремонту гусеничных снегоходных тягачей в экстремальных условиях эксплуатации.

### Список литературы

- 1 Грушинский Н.П., Дралкин А.Г. Антарктида / Н.П. Грушинский, А.Г. Дралкин. – М.: Недра. 1988. – 199 с.
- 2 Санин, В. М. Новичок в Антарктиде / В. М. Санин. – М.: Молодая гвардия. – 1973. – 91 с.
- 3 Корабли Антарктиды // Техника молодежи. – 1959. – № 3. – С. 22 – 25.
- 4 Липатов, В. А. Харьковчанка / В.А. Липатов // Техника молодежи. – 2016. – № 6. – С. 18 – 19.
- 5 Воронов, С.В. Антарктический крейсер / С.В. Воронов // М – Хобби. – 2023 – № 6 (264). – С. 34 – 42.
- 6 Вооружение и военная техника России. Каталог. М.: Этника, 2023. – 592 с.

- 7 Справочник по климату Антарктиды. Температура воздуха. Атмосферное давление, ветер. Влажность воздуха, облачность. Осадки, атмосферные явления. Видимость. Т. 2. Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР, Арктический и антарктический НИИ / Под ред. д-ра геогр. наук И. М. Долгина. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. – 492 с.
- 8 Справочник по климату Антарктиды. Статистические характеристики временной структуры температуры воздуха, атмосферного давления и скорости ветра. Т. 3 / Под ред. канд. геогр. наук Л. С. Петрова и Н. В. Колосовой. 1981. – 271 с.
- 9 Рихтер, Г.Д. Снежный покров, его формирование и свойства / Г.Д. Рихтер. – М.: Издательство Академии наук. – 1945. – 120 с.
- 10 Савельев Н.Г., Покутний В.В., Розновская Л.С. Системы обеспечения готовности образцов военной автомобильной техники к применению по назначению в арктической климатической зоне / Н.Г. Савельев, В.В. Покутний, Л.С. Розновская // Военная мысль. – 2022.– № 2.– С. 104– 116.
- 11 Лелиовский К.Я., Молев Ю.И., Каретникова М.П. Определение остаточного ресурса агрегатов трансмиссии транспортно-технологических машин, эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера / К.Я. Лелиовский, Ю.И. Молев, М.П. Каретникова // Воронежский научно-технический вестник. – 2023. – № 1(43). – С.71– 82.
- 12 Барахтанов Л.В., Ершов В.И., Рукавишников С.В., Куляшов А.П. Снегоходные машины / Л.В. Барахтанов, В.И. Ершов, С.В. Рукавишников, А.П. Куляшов. – Горький: Волго–Вятское кн. изд-во. – 1986. –191 с.
- 13 Шишкин В.В. Проходимость лыж / В.В. Шишкин // Труды совещания по проходимости колесных и гусеничных машин по целине и грунтовым дорогам. – М.: Издательство АН СССР. 1950. – С. 338–344.
- 14 Волков А.Е., Янкин В.М., Цуцоев В.И. Особенности эксплуатации тракторов зимой / А.Е. Волков, В.М. Янкин, В.И. Цуцоев. – М.: Колос. – 1975. – 128 с.
- 15 Бережнов, Н.Г. Исследование некоторых факторов, влияющих на сопротивление санных поездов: Автореферат дис... канд. техн. наук: 05.00.00 / Н.Г. Бережнов –Челябинск. – 1960. – 26 с.
- 16 Двигатель В-92С2. Инструкция по эксплуатации. 92С2ИЭ. – КМЦ. – 1992.– 60 с.
- 17 Дизель В-84М (В-84, В-84-1). Техническое описание. – М.: ВИ МО СССР. – 1991.– 132 с.
- 18 Двигатели для военной техники ЯМЗ. – ОАО «Автодизель» (Ярославский моторный завод). – 2016. – 31с.
- 19 Аникин А.А. Обоснование работоспособности гусениц с эластичными уширителями // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. Вып. 8 [Электронный ресурс]. – 2010. – URL: <http://technomag.edu.ru/doc/160285.html>. (дата обращения 27.05.2024).
- 20 Павлов М.В., Павлов В.И. Отечественные бронированные машины 1945 –1965 гг. / М.В. Павлов, В.И. Павлов // Техника и вооружение. – 2010. – № 4 – С. 47– 60.
- 21 Добрецов Р.Ю., Семенов А.Г. Гусеницы боевых машин для Арктических условий /Р.Ю. Добрецов, А.Г. Семенов // Леса России и хозяйство в них. – 2012. – № 1 – 2 (42 – 43). – С. 34 – 35.
- 22 Добрецов Р.Ю., Семенов А.Г. О снижении перепадов нагрузки на опорное основание при качении гусеничного движителя / Р.Ю. Добрецов, А.Г. Семенов // Экология и промышленность России. – 2009. – № 5. – С. 46 – 49.
- 23 Добрецов Р.Ю. Особенности работы гусеничного движителя в области малых удельных сил тяги / Р.Ю. Добрецов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – № 6. – С. 25 – 31.
- 24 Аникин А.А. Повышение проходимости гусеничных машин по снегу за счет применения эластичных уширителей гусениц. Дисс...канд. техн. наук: 05.05.03 / А.А. Аникин. – Н. Новгород, 2000. – 169 с.
- 25 ССБТ. Кабина. Рабочее место водителя. Расположение органов управления грузовых автомобилей, автобусов и троллейбусов. Основные размеры. Технические требования: ОСТ 37.001.413986. – М.: Министерство автомобильной промышленности, 1986. – 12 с.
- 26 Степанов И.С., Евграфов А.Н., Карунин А.Л., Ломакин В.В., Шарипов В.М. Автомобили и тракторы. Основы эргономики и дизайна / И.С. Степанов, А.Н. Евграфов, А.Л. Карунин, В.В. Ломакин, В.М. Шарипов. – М.: МГТУ МАМИ. – 2002. – 230 с.
- 27 Тарасов Л.В., Тарасова А.Н. Беседы о преломлении света / Л.В. Тарасов, А.Н. Тарасова. – М.: ЛКИ (Издательская группа УРСС). 2008. – 176 с.
- 28 Средний артиллерийский тягач АТС-59Г. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – 5-е изд., стереотип.– М.: Воениздат. – 1984. – 469 с.

- 29 Хак Г.Л. Турбодвигатели и компрессоры. Справочное пособие / Г.Л. Хак. – М.: ООО Издательство АСТ. 2003. – 351 с.
- 30 Суворов С.В. Т-90. Первый серийный Российский танк / С.В. Суворов // ТанкоМастер. Техника молодежи. Восточный горизонт. – 2002. – Спецвыпуск. – 56 с.
- 31 ГОСТ РВ 50920-2005 Топлива, масла, смазки и специальные жидкости. Ограничительный перечень и порядок назначения для вооружения и военной техники. – М.: Стандартинформ, – 2015. – 35 с.
- 32 Антонов А. С., Артамонов Б. А., Коробков Б. М., Магидович Е. И. Поддерживающие катки / А.С. Антонов, Б.А. Артамонов, Б.М. Коробков, Е.И. Магидович. – М.: Воениздат. 1954. – 607 с.
- 33 Поддерживающий ролик. [Электронный ресурс]. – URL: <http://army-guide.com>rus/article/article.789.html>. (дата обращения: 29.05. 2024).
- 34 Селиванов И.И. Автомобили и транспортные гусеничные машины высокой проходимости / И.И. Селиванов. – М.: Наука. 1967. – 272 с.
- 35 Барахтанов Л.В., Ершов В.И., Рукавишников С.В., Куляшов А.П.. Снегоходные машины / Л.В. Барахтанов, В.И. Ершов, С.В. Рукавишников, А.П. Куляшов. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во. 1986. – 191 с.
- 36 Барахтанов Л.В. Повышение проходимости гусеничных машин по снегу: Дисс...докт. техн. наук: 05.05.03 / Л.В. Барахтанов. – Горький, – 1988, 352 с.
- 37 Аникин А.А., Барахтанов Л.В., Донато И.О. Проходимость гусеничных машин по снегу / А.А. Аникин, Л.В. Барахтанов, И.О. Донато.– Н.Новгород. 2009. – 362 с.
- 38 Арзамасов Б.Н., Соловьева Т.В., Герасимов С.А. и др. Справочник по конструкционным материалам / Б.Н. Арзамасов, Т.В. Соловьева, С.А. Герасимов и др.– М.: Издательство МГЛУ им. Баумана. 2005. – 640 с.
- 39 Иванова В.С. Разрушение металлов / В.С. Иванова – М.: Metallurgia. 1979. – 168 с.
- 40 Самолет ИЛ-76ТД. Инструкция по технической эксплуатации. Ч. 3. Гл. 36, 37. Системы планера. Бытовое оборудование. Водоснабжение и удаление отходов. – 201 с.
- 41 ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнение для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – М.: Стандартинформ, 2010. – 85 с.
- 42 Мастерские технического обслуживания МТО–АТ. Руководство по эксплуатации. – М.: Воениздат. 2000. – 430 с.
- 43 Подвижные средства технического обслуживания и ремонта военной автомобильной техники: учебное пособие. – Рязань: РВВДКУ (ВИ). 2012. – 130 с.

#### References

- 1 Grushinsky N.P., Dralkin A.G. Antarctica / N.P. Grushinsky, A.G. Dralkin. - M.: Nedra. 1988. - 199 p.
- 2 Sanin, V. M. Newbie in Antarctica / V. M. Sanin. - M.: Molodaya Gvardiya. - 1973. - 91 p.
- 3 Ships of Antarctica // Technology of the youth. - 1959. - No. 3. - P. 22 - 25.
- 4 Lipatov, V. A. Kharkovchanka / V.A. Lipatov // Technology of the youth. - 2016. - No. 6. - P. 18 - 19.
- 5 Voronov, S.V. Antarctic cruiser / S.V. Voronov // M - Hobby. – 2023 – No. 6 (264). – P.34 – 42.
- 6 Armament and military equipment of Russia. Catalog. Moscow: Ethnika, 2023. – 592 p.
- 7 Handbook of the climate of Antarctica. Air temperature. Atmospheric pressure, wind. Air humidity, cloudiness. Precipitation, atmospheric phenomena. Visibility. Т. 2. Main Directorate of the Hydrometeorological Service under the Council of Ministers of the USSR, Arctic and Antarctic Research Institute / Ed. by Dr. of Geogr. Sciences I. M. Dolgin. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. – 492 p.
- 8 Handbook of the climate of Antarctica. Statistical characteristics of the temporal structure of air temperature, atmospheric pressure and wind speed. Т. 3 / Ed. by Cand. of Geogr. sciences L. S. Petrov and N. V. Kolosova. 1981. - 271 p.
- 9 Richter, G. D. Snow cover, its formation and properties / G. D. Richter. - M. : Publishing House of the Academy of Sciences. - 1945. - 120 p.
- 10 Saveliev N. G., Pokutniy V. V., Roznovskaya L. S. Systems for ensuring the readiness of military automotive equipment for use as intended in the Arctic climatic zone / N. G. Saveliev, V. V. Pokutniy, L. S. Roznovskaya // Military Thought. - 2022. - No. 2. - P. 104 - 116.

- 11 Leliovsky K. Ya., Molev Yu. I., Karetnikova M. P. Determination of the residual resource of transmission units of transport and technological machines operated in the Far North / K.Ya. Leliovsky, Yu.I. Molev, M.P. Karetnikova // *Voronezh Scientific and Technical Bulletin*. - 2023. - No. 1 (43). - P.71-82.
- 12 Barakhtanov L.V., Ershov V.I., Rukavishnikov S.V., Kulyashov A.P. Snowmobile vehicles / L.V. Barakhtanov, V.I. Ershov, S.V. Rukavishnikov, A.P. Kulyashov. - Gorky: Volgo-Vyatka book publishing house. - 1986. -191 p.
- 13 Shishkin V.V. Cross-country ability of skis / V.V. Shishkin // *Proceedings of the conference on the cross-country ability of wheeled and tracked vehicles on virgin soil and dirt roads*. - Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. 1950. - P. 338-344.
- 14 Volkov A.E., Yankin V.M., Tsutsoev V.I. Features of tractor operation in winter / A.E. Volkov, V. M. Yankin, V. I. Tsutsoev. - M.: Kolos. - 1975. - 128 p.
- 15 Berezhnov, N. G. Study of some factors influencing the resistance of sled trains: Abstract of diss... Cand. of Engineering Sciences: 05.00.00 / N. G. Berezhnov -Chelyabinsk. - 1960. - 26 p.
- 16 Engine V-92S2. Operating instructions. 92S2IE. - KMC. - 1992. - 60 p.
- 17 Diesel V-84M (V-84, V-84-1). Technical description. - M.: VIMO USSR. - 1991. - 132 p.
- 18 Engines for military equipment YaMZ. - OJSC "Avtodiesel" (Yaroslavl Motor Plant). – 2016. – 31s.
- 19 Anikin A.A. Justification of the performance of tracks with elastic wideners // *Science and education: electronic scientific and technical publication*. Issue. 8 [Electronic resource]. – 2010. – URL: <http://technomag.edu.ru/doc/160285.html>. (date of access 05/27/2024).
- 20 Pavlov M.V., Pavlov V.I. Domestic armored vehicles 1945-1965 / M.V. Pavlov, V.I. Pavlov // *Equipment and weapons*. – 2010. – No. 4 – P. 47–60.
- 21 Dobretsov R.Yu., Semenov A.G. Tracks of combat vehicles for Arctic conditions /R.Yu. Dobretsov, A.G. Semenov // *Forests of Russia and their management*. - 2012. - No. 1 - 2 (42 - 43). - P. 34 - 35.
- 22 Dobretsov R. Yu., Semenov A. G. On reducing load differences on the support base during rolling of a caterpillar mover / R. Yu. Dobretsov, A. G. Semenov // *Ecology and Industry of Russia*. - 2009. - No. 5. - P. 46 - 49.
- 23 Dobretsov R. Yu. Features of the caterpillar mover operation in the region of low specific traction forces / R. Yu. Dobretsov // *Tractors and agricultural machinery*. - 2009. - No. 6. - P. 25 - 31.
- 24 Anikin A. A. Increasing the cross-country ability of tracked vehicles on snow due to the use of elastic track wideners. Diss... Cand. Tech. Sciences: 05.05.03 / A.A. Anikin. - N. Novgorod, 2000. - 169 p.
- 25 SSBT. Cabin. Driver's workplace. Location of controls of trucks, buses and trolleybuses. Main dimensions. Technical requirements: OST 37.001.413986. - M.: Ministry of Automobile Industry, 1986. - 12 p.
- 26 Stepanov I.S., Evgrafov A.N., Karunin A.L., Lomakin V.V., Sharipov V.M. Cars and tractors. Fundamentals of ergonomics and design / I.S. Stepanov, A.N. Evgrafov, A.L. Karunin, V.V. Lomakin, V.M. Sharipov. – M.: MSTU MAMI. – 2002. – 230 p.
- 27 Tarasov L.V., Tarasova A.N. Conversations about the refraction of light / L.V. Tarasov, A.N. Tara the owl. – M.: LKI (URSS Publishing Group). 2008. – 176 p.
- 28 Medium artillery tractor ATS-59G. Technical description and operating instructions. – 5th ed., stereotype.– M.: Voenizdat. – 1984. – 469 p.
- 29 Hak G.L. Turbo engines and compressors. Reference manual / G.L. Hak. – M.: OOO Publishing House AST. 2003 . – 351 p.
- 30 Suvorov S.V. T-90. The first serial Russian tank / S.V. Suvorov // *Tanko-Master. Equipment of youth*. Eastern horizon. – 2002. – Special issue. – 56 p.
- 31 GOST RV 50920-2005 Fuels, oils, lubricants and special liquids. Restrictive list and order of appointment for weapons and military equipment. - M.: Standartinform, - 2015. - 35 p. 32 Antonov A. S., Artamonov B. A., Korobkov B. M., Magidovich E. I. Support rollers / A. S. Antonov, B. A. Artamonov, B. M. Korobkov, E. I. Magidovich. - M.: Voeniz-dat. 1954. - 607 p.

33 Supporting video. [Electronic resource]. - URL: <http://army-guide.com>rus/article/article.789.html>. (access date: 29.05. 2024).

34 Selivanov I.I. High-cross-country tracked vehicles and transport vehicles / I.I. Selivanov. - M.: Science. 1967. - 272 p.

35 Barakhtanov L.V., Ershov V.I., Rukavishnikov S.V., Kulyashov A.P.. Snowmobiles / L.V. Barakhtanov, V.I. Ershov, S.V. Rukavishnikov, A.P. Kulyashov. – Gorky: Vol-Vyatka book publishing house 1986. – 191 p.

36 Barakhtanov L.V. Increasing the cross-country ability of tracked vehicles in the snow: Diss...Dr. tech. Sciences: 05.05.03 / L.V. Barakhtanov. – Gorky, – 1988, 352 p.

37 Anikin A.A., Barakhtanov L.V., Donato I.O. Passability of tracked vehicles in snow / A.A. Anikin, L.V. Barakhtanov, I.O. Donato. - N. Novgorod. 2009. - 362 p.

38 Arzamasov B.N., Solovieva T.V., Gerasimov S.A. et al. Handbook of structural materials / B.N. Arzamasov, T.V. Solovieva, S.A. Gerasimov, and others. – M.: Publishing House of Moscow State Linguistic University named after Bauman. 2005. – 640 p.

39 Ivanova V.S. Destruction of Metals / V.S. Ivanova – M.: Metallurgy. 1979. – 168 p.

40 Aircraft IL-76TD. Technical operation manual. Part 3. Chapters 36, 37. Airframe systems. Household equipment. Water supply and waste disposal. – 201 p.

41 GOST 15150-69 Machines, devices and other technical products. Design for different climatic regions. Categories, operating conditions, storage and transportation in terms of exposure to climatic factors of the external environment. – M.: Standartinform, 2010. – 85 p. .

42 Workshops for technical maintenance of MTO-AT. Operation Manual. - M.: Voenizdat. 2000. - 430 p.

43 Mobile means of technical maintenance and repair of military automotive equipment: a training manual. - Ryazan: RVVDKU (VI). 2012. – 130 s.

© Гудков В. В., Сокол П. А., 2024