

УДК: 629.3.015

DOI: 10.53816/23061456_2022_5-6_141

**ВЛИЯНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ
ГИДРАВЛИЧЕСКИХ АМОРТИЗАТОРОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГУСЕНИЧНЫХ
МАШИН, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОСОБО
ТЯЖЕЛЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ, В ТОМ ЧИСЛЕ
СЕВЕРА, СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

**INFLUENCE OF NEGATIVE TEMPERATURES ON THE PERFORMANCE
OF HYDRAULIC SHOCK ABSORBERS OF PROMISING TRACKED MACHINES
INTENDED FOR USE IN VERY HARD NATURAL AND CLIMATIC CONDITIONS,
INCLUDING THE NORTH, SIBERIA AND THE FAR EAST**

П.С. Казорин

P.S. Kazorin

Филиал ВА МТО им. А.В. Хрулева (г. Омск)

В статье представлен анализ зимних войсковых учений, который показал, что отрицательные температуры окружающего воздуха оказывают негативное воздействие на эффективность эксплуатации военной техники. Исследования показывают, что из-за повышения вязкости применяемых амортизаторных жидкостей увеличивается количество отказов и преждевременного выхода из строя гидравлических амортизаторов. Более того, амортизаторные жидкости в гидравлических амортизаторах перспективных гусеничных машин, предназначенных для использования в особо тяжелых природно-климатических условиях, подобраны без учета условий использования военной техники в условиях отрицательных температур. В статье представлены результаты экспериментальных исследований, а также предложено техническое решение по улучшению работоспособности гидравлических амортизаторов гусеничных машин, работающих в условиях отрицательных температур.

Ключевые слова: система поддресоривания, гидравлический амортизатор, подвижность, отрицательные температуры, амортизаторная жидкость.

The article presents an analysis of winter military exercises, which showed that negative ambient temperatures have a negative impact on the efficiency of military equipment operation. Studies show that due to the increase in viscosity of the shock absorber fluids used, the number of failures and premature failure of hydraulic shock absorbers increases. Moreover, the shock absorber fluids in the hydraulic shock absorbers of advanced tracked vehicles designed for use in particularly difficult natural and climatic conditions are selected without taking into account the conditions for using military equipment in conditions of negative temperatures. The article presents the results of experimental studies, as well as a technical solution for improving the performance of hydraulic shock absorbers of tracked vehicles operating in conditions of negative temperatures.

Keywords: suspension system, hydraulic shock absorber, mobility, negative temperatures, shock absorber fluid.

Министерство обороны Российской Федерации в значительной степени занимается адаптацией разрабатываемых образцов военной техники для использования в районах Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Для определения путей и способов повышения приспособленности гусеничных машин (ГМ) к эксплуатации в условиях отрицательных температур проводят подробную оценку влияния отрицательных температур окружающей среды на показатели эксплуатационных свойств военной техники (ВТ).

Анализ эксплуатации военной техники в ходе зимних войсковых учений в северных районах Российской Федерации показывает [1–4], что отрицательные температуры оказывают негативное воздействие на эффективность эксплуатации военной техники.

Вследствие влияния отрицательных температур на показатели и параметры работы военной техники наблюдается:

- переохлаждение узлов и агрегатов;
- повышение плотности, вязкости и коэффициента поверхностного натяжения горюче-смазочных материалов (ГСМ);
- повышение плотности и понижение вязкости воздуха, что приводит к возрастанию теплоотдачи в окружающую среду;
- понижение температурных режимов работы агрегатов;
- интенсификация процессов изнашивания агрегатов трансмиссии;
- увеличение количества отказов и неисправностей агрегатов;
- форсирование темпа охлаждения масел, эксплуатационных жидкостей военной техники;
- потеря эластичности деталей из полимерных материалов и др.

Таким образом, эксплуатация военной техники в условиях отрицательных температур приводит к изменению параметров их работы, свойств и эксплуатационных показателей. Степень изменений этих показателей отличается для техники, имеющей различные конструктивные особенности. Очевидно, что эффективность использования военной техники обусловлена ее тактико-техническими данными и степенью противодействия отрицательным влияниям климатических условий.

Суровые условия позволяют формулировать определенные технико-экономические требова-

ния к конструкции военной техники, эксплуатируемой в условиях отрицательных температур.

Следовательно, между конструкцией техники, свойствами и условиями эксплуатации существует неразрывная связь. Соответствие типа, конструкции и технической характеристики военной техники условиям эксплуатации характеризуется ее приспособленностью к данным условиям.

По итогам войсковых учений выявлены основные направления дальнейшего развития снегоболотоходной военной техники и специальной техники в части улучшения параметров автономности, простоты и надежности, жизнеобеспечения при отрицательных температурах, ремонтно-пригодности и подвижности в условиях Крайнего Севера (в том числе ледовых).

Улучшение параметров подвижности (плавность хода, средняя скорость движения) достигается за счет применения гидравлических амортизаторов (ГА), установленных на большинстве ГМ, уже дислоцируемых в районах Крайнего Севера [5, 6]. Однако при всех своих преимуществах ГА имеет и ряд недостатков, основным из которых является зависимость его внешней характеристики от рабочей температуры.

Характеристика ГА во многом зависит от характеристики амортизаторной жидкости (АЖ), а точнее от ее вязкости. Вязкость жидкости напрямую зависит от температуры, и именно температура АЖ определяет правильность протекания рабочего процесса поглощения энергии колебаний в амортизаторе.

Наибольшее количество отказов ГА (рис. 1), возникающих при отрицательных температурах эксплуатации, связаны со значительным увеличением вязкости АЖ [7]. Основные амортизаторные жидкости — дистиллятные нефтяные масла, преимущественно веретенные, турбинные, трансформаторные, а также синтетические масла, изменение вязкости которых происходит по близким закономерностям с остальными топливо-смазочными материалами.

На основе анализа используемых в ГА АЖ построен график изменения кинематической вязкости от их температуры (рис. 2).

Графики показывают, что в диапазоне от 0 до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ значения кинематической вязкости увеличены почти в 4 раза. Наименьшее изменение вязкости в интервале от 300 до $1800\text{ мм}^2/\text{с}$

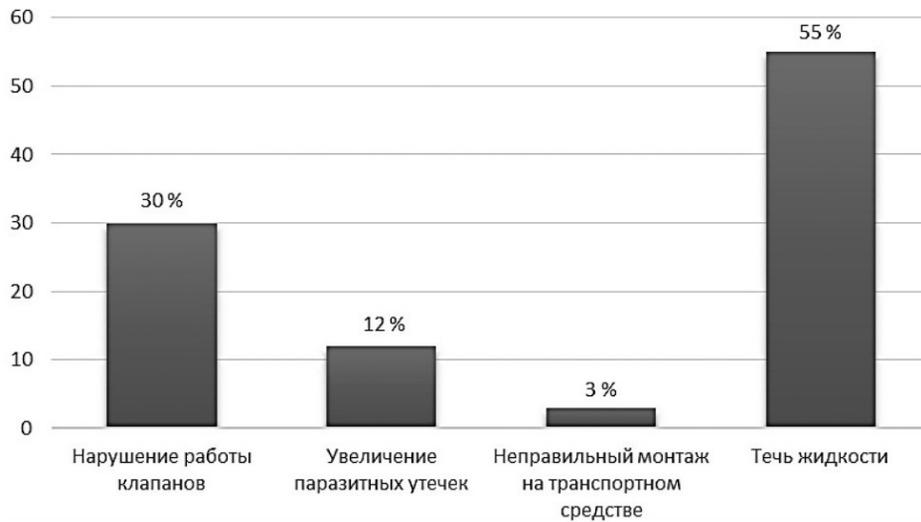


Рис. 1. Статистика причин утраты работоспособности ГА

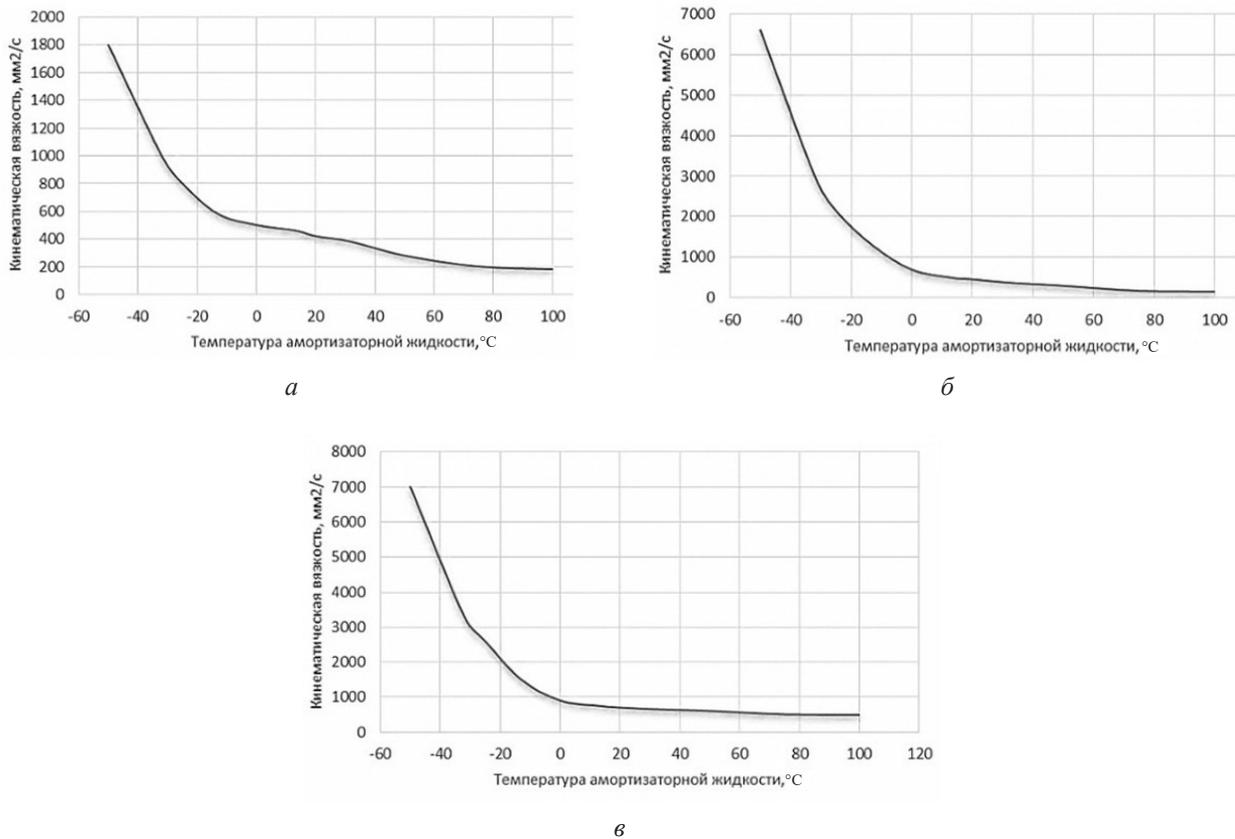


Рис. 2. Зависимость изменения кинематической вязкости амортизаторной жидкости марок: а — АМГ-10; б — ГРЖ-12; в — АЖ-12Т от ее температуры

происходит у жидкости марки АМГ-10, однако она практически не используется в ГА заводского исполнения. Значительно увеличивается кинематическая вязкость при температуре от 0 до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ у жидкостей АЖ-12Т и ГРЖ-12 — от зна-

чений 700 и 800 мм²/с до 6700 и 7000 мм²/с соответственно, что приводит к нарушению работоспособности ГА в целом [7]. При блокировке движущихся элементов ГА колебания, вызываемые неровностями профиля грунта, по которой

перемещается гусеничная машина, не затухают в полном объеме, а частично передаются на ее корпус [8]. К тому же в условиях хранения на открытых стоянках ГМ, а также на привалах в ходе марша и т.п. чрезмерная вязкость АЖ может служить причиной отказа и полного выхода ГА из строя при трогании ГМ с места [9].

Многочисленные исследования показывают, что уже при более 2000 мм²/с вязкости жидкости происходит блокировка системы подрессоривания. Увеличение усилий сопротивления практически пропорционально повышению вязкости АЖ. При этом заполнение рабочего цилиндра жидкостью через впускной клапан значительно ухудшается, появляются жесткие удары и стуки в ГА [9].

В подтверждение изложенного на базе филиала Военной академии материально-технического обеспечения имени А.В. Хрулева в г. Омске были проведены экспериментальные исследования.

Для проведения экспериментальной части был определен стенд (рис. 3) для проверки ГА марки ТМС 15-003 [10], обеспечивающий прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня или рабочего цилиндра по закону колебаний, близкому к синусоидальному, в состав которого входили средства измерения — пирометр марки VA6530, тепловизор модели Ti100, секундомер механический марки СОС пр-26-2-000 и измерительная линейка (ГОСТ 427-75). Эксперименту подвергались гидравлические амортизаторы марки 675-32-сб116 в количестве трех штук, заправленные амортизаторной жидкостью АЖ-12Т.



Рис. 3. Стенд ТМС 15-003 для проверки ГА

Перед проведением экспериментальной части, была осуществлена проверка ГА на их работоспособность (рис. 4) согласно методики [11].

Убедившись в полной работоспособности трех исследуемых ГА, перед началом эксперимента их помещали в климатотермокамеру марки КТК-800 (рис. 5) и охлаждали до температуры – 55 °С, после чего поочередно извлекали из климатотермокамеры, устанавливали в вертикальном положении на стенд и приступали к экспериментальной части.

Время с момента извлечения ГА из климатотермокамеры до установки их на стенд составило в среднем 2 минуты 17 секунд. Темпера-

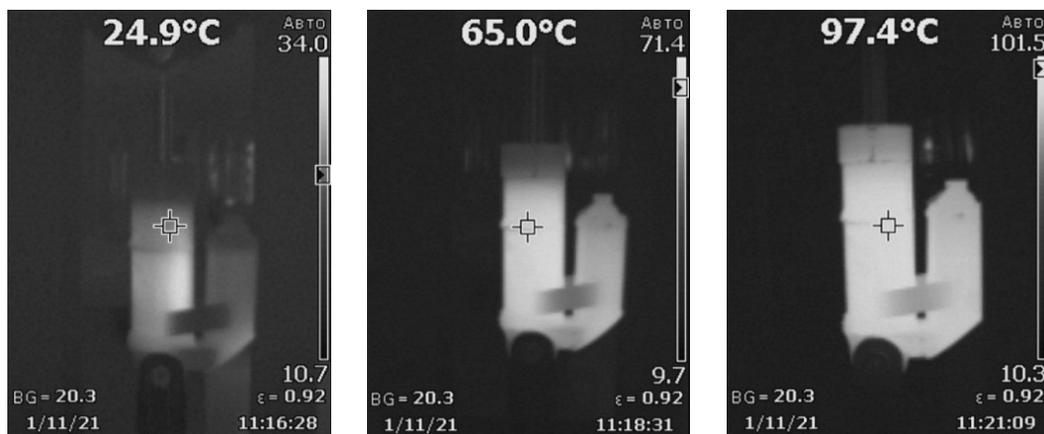


Рис. 4. Проверка работоспособности ГА перед началом экспериментальной части



Рис. 5. Климатотермокамера КТК-800 с помещенными в нее ГА

тура помещения, в котором проводились экспериментальные исследования, составляла $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. За указанный промежуток времени температура АЖ ГА от $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ поднималась на $5\text{--}6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однако во время начала экспериментальной части стенд марки ТМС 15-003 не смог продавить шток ГА, сработало аварийное отключение. Повторное включение стенда при температуре АЖ $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ положительного эффекта не обеспечило, и только при достижении температуры АЖ $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ произошло начало движения штока (рис. 6).

Время выхода ГА на рабочий режим (до температуры АЖ $60\text{ }^{\circ}\text{C}$) составило 12 минут 9 секунд. К тому же, после блокировки стенда (ввиду блокировки ГА) на двух из испытуемых ГА обнаружены явные признаки выдавливания АЖ из-под сальниковых уплотнений (рис. 7).

Таким образом, экспериментальные исследования наглядно подтвердили нарушение работоспособности ГА ввиду неудовлетворительной вязкостно-температурной характеристики ГА. При температуре ниже $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит частичная блокировка системы подрессоривания, вследствие этого после отрыва катка от грунта, при движении вниз, сила сопротивления ГА будет препятствовать силе упругости рессоры прижать каток к грунту. Увеличение силы сопротивления ГА приведет к тому, что встреча катка с грунтом произойдет позднее.

Решение перечисленных проблемных вопросов возможно за счет применения в амортизаторных жидкостях таких фракций, которые бы давали понижение вязкости при отрицательных температурах [12], однако это обычно влечет за собой понижение вязкости при положительных



Рис. 6. Определение диапазона работы ГА на стенде



Рис. 7. Выдавливание АЖ из-под сальниковых уплотнений корпуса ГА

температурах. Возникает основное противоречие, с которым приходится сталкиваться при выборе состава АЖ, и которое в настоящее время не решается без применения дополнительных дорогостоящих синтетических присадок. Очевидно, вместе с этим возникает проблема увеличения стоимости АЖ [9].

В качестве эксплуатационных способов обеспечения работоспособности ГА при использовании в условиях отрицательных температур возможно использование нагревательных элементов различного типа и исполнения. Указанные способы обеспечат тепловой режим амортизаторов при использовании в условиях отрицательных температур окружающей среды. Однако большинство разработанных решений (Патент RU № 2338937, МПК F16F 9/46, опубл. 20.11.2008, Патент RU № 180768, МПК F01M 5/00, МПК B60G 11/00, опубл. 22.06.2018, Патент RU № 162671, МПК F16F 9/44, H05B 3/56, опубл. 27.06.2016) имеют общий недостаток — длительность процесса разогрева рабочей жидкости ГА. Это обусловлено прежде всего тем, что для прогрева основного объема рабочей жидкости расположенного в рабочей полости (в рабочем цилиндре) гидравлического амортизатора необходимо обеспечить последовательный прогрев нескольких стенок (кожух, корпус и рабочий цилиндр) и полости между ними (компенсационную камеру), заполненную воздухом и (или) рабочей жидкостью. Длительность подготовки гидравлических амортизаторов к выходу на рабочий режим в условиях отрицательных температур оказывает крайне негативное влияние на боевую эффективность образца военной техники и может повлиять на срыв боевой задачи.

В целях улучшения работоспособности ГА и сокращения времени на его подготовку к вы-

ходу на рабочий режим предлагается разместить на внешней поверхности рабочего цилиндра [13] нагревательный элемент (рис. 8).

Нагревательный элемент оснащен электрической связью, и соединен с контроллером, обеспечивающим его включение и выключение, датчиком температуры и вводом электропитания.

Таким образом, наиболее перспективным и целесообразным способом улучшения работоспособности ГА при использовании в условиях отрицательных температур является тепловая подготовка ГА за счет размещения на внешней поверхности рабочего цилиндра ГА нагревательного элемента.

Обобщив изложенное, хочется отметить, что плавность хода ГМ во многом зависит от температурных условий применения. Температура окружающей среды во многом оказывает непосредственное влияние на условия работы ГА системы поддрессоривания ГМ. Вязкостно-температурная характеристика показывает, что АЖ, применяемые в ГА ГМ, не в полной мере обеспечивают его стабильную характери-



Рис. 8. Гидравлический амортизатор с встроенным нагревательным элементом

стику. К тому же воздействие отрицательных температур на АЖ способствует длительному выходу ГА на рабочий режим [14, 15, 16], что приводит к преждевременному выходу его из строя, к уменьшению средней скорости движения ГМ, вызывает повышенную утомляемость механика-водителя, а также значительно снижает вероятность поражения целей при стрельбе из установленного вооружения во время движения. Частые жесткие удары пушки в ограничители уменьшают точность стабилизации вооружения и приводят к поломкам приводов наведения [17].

Литература

1. Фаличев О.В. Арктика с полным приводом // Военное обозрение. Режим доступа: <https://vpk-news.ru/articles/37607>
2. Фаличев О.В. Арктика с полным приводом // Географическая энциклопедия. Военное обозрение. Режим доступа: <https://geographyofrussia.com/minimalnaya-temperatura-vozduxa>
3. Филин О.А. Основные аспекты модернизации образцов вооружения, военной и специальной техники как сложных технических систем // Молодой ученый. 2020. № 41 (331). С. 34–39. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/331/74090/>
4. Формирование концептуальных основ развития ВАТ и системы АТО, предназначенных для применения в природно-климатических условиях Арктического региона на период до 2030 года: отчет о НИР «Арктика-БТ» / рук.: Покутний В.В.; исполн.: Савельев Н.Г., Нифонтов О.В. и др. — Бронницы: НИИЦ АТ 3 ЦНИИ МО РФ, 2018. 187 с.
5. Казорин П.С. Поддержание температурного режима работы гидроамортизаторов транспортных средств в условиях низких температур / П.С. Казорин, С.С. Пояров, Н.Е. Рахимжанов // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2020. № 11–12. С. 147–154.
6. Троценко В.В. Формирование модели автоматического регулирования температуры масла в гидроамортизаторе / Троценко В.В., Казорин П.С., Логунова Э.В., Шик В.А. // В сборнике: Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития. Материалы V Международной научно-практической конференции. — Омск. 2021. С. 371–377.
7. Шуваева И.М. Изменение свойств эксплуатационных материалов при изменении температуры окружающего воздуха // в сборнике: Сервис, техническая эксплуатация транспортных и технологических машин межвузовский сборник научных трудов. — Тюмень. 2001. С. 236–241.
8. Слепенко Е.А. Теоретические основы моделирования колебаний автомобиля с отрывом колес от опорной поверхности / Б. Нямбат, М. Мунхтур // Механика XXI века. 2012. № 11. С. 308–311.
9. Дербаремдикер А.Д. Гидравлические амортизаторы автомобилей. — М.: Машиностроение. 1969. 236 с.
10. Стенд ТМС 15-003 для проведения испытаний гидроамортизаторов 765-32-сб116, 675-32-сб116, 8.35.010. Изготовитель ООО «ОСТ-ВЕСТ-КОНВЕРС».
11. Программа и методика первичной (периодической) проверки стенда испытаний гидроамортизаторов 765-32-сб116, 675-32-сб116, 8.35.010. Изготовитель ООО «ОСТ-ВЕСТ-КОНВЕРС».
12. Домнышев Д.А. Обеспечение эксплуатационных характеристик гидравлических амортизаторов автомобилей, используемых в сельском хозяйстве при низких температурах / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Новосибирский государственный аграрный университет. — Новосибирск. 2021. 147 с.
13. Казорин П.С. Устройство обеспечения работоспособности гидравлических амортизаторов военных гусеничных и колесных машин в условиях низких температур / П.С. Казорин, Д.В. Шабалин и др. // Патент на полезную модель № 200121 от 07.10.2020. — Москва. 6 с.
14. Дербаремдикер А.Д. Амортизаторы транспортных машин; 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1985. 200 с.
15. Долгушин А.А. Исследование теплового режима работы агрегатов трансмиссии и подвески автомобиля в зимних условиях / А.А. Долгушин, А.Ф. Курносков, М.В. Вакуленко // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 7. С. 82–84.
16. Домнышев Д.А. Применимость гидравлических амортизаторов автомобилей в услови-

ях отрицательных температур / Д.А. Домнышев, Д.М. Воронин, А.А. Долгушин, А.Ф. Курносов, Д.В. Баранов // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2016. № 4. С. 79–85.

17. Чобиток В.А. Теория движения танков и БМП / В.А. Чобиток и др. // — М.: ил, 1984. 202 с.

References

1. Falichev O.V. Arctic with all-wheel drive // *Military Review*. Access mode: <http://vpk-news.ru/articles/37607>

2. Falichev O.V. Arctic all-wheel drive // *Geographic Encyclopedia*. *Military Review*. Access Mode: <https://geographyofrussia.com/minimalnaya-temperaturavozduxa>

3. Filin O.A. Main aspects of modernization of weapons, military and special equipment as complex technical systems // *Young scientist*. 2020. № 41 (331). P. 34–39. Access mode: <https://moluch.ru/archive/331/74090/>

4. Formation of the conceptual framework for the development of BAT and the ATO system, intended for use in the natural and climatic conditions of the Arctic region for the period up to 2030: a report on the research work «Arktika-BT» / hands.: Pokutny V.V.; performer: Saveliev N.G., Nifontov O.V. et al. — Bronnitsy: NIITs AT Z TsNII MO RF, 2018. 187 p.

5. Kazorin P.S. Maintaining the temperature regime of operation of vehicle hydraulic shock absorbers at low temperatures / P.S. Kazorin, S.S. Poyarkov, N.E. Rakimzhanov // *Voprosy oboronnoi tekhniki. Seriya 16. Tekhnicheskie sredstva protivodestviia terrorizmu*. 2020. № 11–12. P. 147–154.

6. Trotsenko V.V. Formation of a model for automatic control of oil temperature in a hydraulic shock absorber / Trotsenko V.V., Kazorin P.S., Logunova E.V., Shik V.A. / In the collection: *Scientific and technical support of the agro-industrial complex, state and development prospects. Materials of the V International Scientific and Practical Conference*. — Omsk. 2021. P. 371–377.

7. Shuvaeva I.M. Changing the properties of operational materials when the temperature of the surrounding air changes // in the collection: *Service, technical operation of transport and technological*

machines, interuniversity collection of scientific papers. — Tyumen. 2001. P. 236–241.

8. Slepenco E.A. Theoretical foundations for modeling vehicle oscillations with wheel separation from the supporting surface / B. Nyambat, M. Munkhtur // *Mechanics of the XXI century*. 2012. № 11. P. 308–311.

9. Derbaremdiker A.D. Hydraulic shock absorbers of cars. — М.: Mashinostroenie, 1969. 236 p.

10. Bench TMS 15-003 for testing hydraulic shock absorbers 765-32-sb116, 675-32-sb116, 8.35.010. Manufacturer LLC «OST-WEST-CONVERS».

11. The program and methodology for the primary (periodic) verification of the test bench for hydraulic shock absorbers 765-32-sb116, 675-32-sb116, 8.35.010. Manufacturer LLC «OST-WEST-CONVERS».

12. Domnyshev D.A. Ensuring the performance of hydraulic shock absorbers of vehicles used in agriculture at low temperatures / Dissertation for the degree of candidate of technical sciences // *Novosibirsk State Agrarian University*. — Novosibirsk. 2021.

13. Kazorin P.S. Device for ensuring the performance of hydraulic shock absorbers of military tracked and wheeled vehicles at low temperatures / P.S. Kazorin, D.V. Shabalin and others // *Utility Model Patent № 200121 dated 07.10.2020*. — Moscow. 6 p.

14. Derbaremdiker A.D. Shock absorbers for transport vehicles; 2nd ed., revised. and additional — М.: Mashinostroenie, 1985. 200 p.

15. Dolgushin A.A. Investigation of the thermal regime of operation of transmission and suspension units of a car in winter conditions / A.A. Dolgushin, A.F. Kurnosov, M.V. Vakulenko // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2015. № 7. P. 82–84.

16. Domnyshev D.A. Applicability of hydraulic shock absorbers of cars in conditions of negative temperatures / D.A. Domnyshev, D.M. Voronin, A.A. Dolgushin, A.F. Kurnosov, D.V. Baranov // *Mechanization and electrification of agriculture*. 2016. № 4. P. 79–85.

17. Chobitok V.A. The theory of movement of tanks and infantry fighting vehicles / V.A. Chobitok and others. — М.: ил, 1984. 202 p.