



УДК 621.43
ГРНТИ 78.25.13

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ПРОДЛЕНИЕ РЕСУРСА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

*В.В. ИЛЛАРИОНОВ, кандидат технических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
Б.А. ГРИЩЕНКО
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
В.Н. ЛАКЕЙ
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
М.В. БАСАРЕВ
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В статье проведен анализ влияния низких температур на эксплуатационно-технические характеристики средств наземного обслуживания общего применения и предлагаются пути улучшения эксплуатационных показателей и продления ресурса их двигателей внутреннего сгорания на основе новой конструкции теплового аккумулятора.

Ключевые слова: двигатели внутреннего сгорания, средства наземного обслуживания общего применения, улучшение эксплуатационных показателей, продление ресурса, условия низких температур, тепловой аккумулятор.

IMPROVING PERFORMANCE AND EXTENDING THE LIFE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES GROUND HANDLING EQUIPMENT OF GENERAL USE AT LOW TEMPERATURES THROUGH THE USE OF HEAT ACCUMULATORS

*V.V. ILLARIONOV, Candidate of technical sciences, Assistant Professor
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
B.A. GRISHCHENKO
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
V.N. LAKEY
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
M.V. BASAREV
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

The article analyzes the impact of low temperatures on the operational and technical characteristics of ground handling equipment of General use and suggests ways to improve performance and extend the life of their internal combustion engines on the basis of a new design of the heat accumulator.

Keywords: internal combustion engines, ground handling equipment of General application, improvement of operational performance, life extension, low temperature conditions, heat accumulator.

Введение. Средства наземного обслуживания общего применения (СНО ОП) воздушных судов (ВС) являются составной частью авиационных комплексов (АК) и представляют собой «...совокупность технических средств, обеспечивающих техническое обслуживание разных типов ВС при подготовке к полетам и сохранность ВС» [1, 2].



От технической готовности СНО ОП, соответствия их эксплуатационно-технических характеристик нормативным требованиям, зависят боевая готовность авиационных частей и безопасность полетов.

В настоящее время более 60 % СНО ОП создано во второй половине прошлого века (преимущественно в 70-х годах) по устаревшим технологиям. Назначенный ресурс (срок эксплуатации) СНО ОП в настоящее время подходит к завершению или уже выработан, в том числе их силовых двигателей и установок, в качестве которых применяются, в основном, бензиновые и дизельные двигатели внутреннего сгорания (ДВС), которые на протяжении десятков лет не претерпевали существенных изменений в конструкции, и в силу своих конструктивных особенностей, имеют низкий коэффициент полезного действия: бензиновые ДВС – 0,25...0,28, дизельные ДВС – 0,29...0,42. Значительная часть энергии ДВС, полученная от сгорания топлива в цилиндрах двигателя, отводится системой охлаждения в окружающую среду: у бензиновых ДВС – 30...50 %, у дизельных ДВС – 25...45 % [3].

Особенность функционирования СНО ОП связана с эксплуатацией в различных климатических условиях на полевых, необорудованных аэродромах, хранением техники, в основном, на открытых стоянках или под навесом, с необходимостью в особый период быстрого перемещения по пересеченной местности на большие расстояния необходимых типов СНО ОП с основных аэродромов на два и более аэродромов маневра своим ходом в ограниченное время.

Большая часть территории Российской Федерации, на которой базируются авиационные части, находится в зоне холодного климата, условия которого необходимо учитывать при эксплуатации СНО ОП и разрабатывать мероприятия по снижению их негативного воздействия на личный состав и технику.

Актуальность. Из материалов независимых источников известно, что «... страны НАТО и США финансируют работы по улучшению пусковых характеристик двигателей автомобилей, колесных и гусеничных машин и другой техники, которая эксплуатируется в арктических и субарктических районах или в северных странах с резко континентальным климатом. Об этом свидетельствует большое количество публикаций в научно-технической литературе и обилие патентов в Северной Америке и Северной Европе, а также в государствах, производящих и поставляющих технику, включая военную, в эти страны» [4].

Одной из основных задач Российской Федерации является первоочередное освоение ресурсов и развитие инфраструктуры Арктической зоны России и приравненных к ним других регионов. В сфере военной безопасности в этих регионах поддерживается необходимый боевой потенциал воинских формирований [5].

В преддверии будущего наращивания авиационной группировки в Арктике ведется восстановление северных аэродромов России: Рогачево на Новой Земле, Воркута, Тикси, Анадырь, мыс Шмидта и другие. Авиационная техника может эффективно функционировать в крайне сложных условиях арктического климата при условии ее размещения на постоянной основе на специализированных аэродромах и площадках, снабженных передвижными установками или стационарными системами предварительного подогрева и запуска силовых двигателей внутреннего сгорания.

Сложные природно-климатические условия Арктики создают высокие природные риски для объектов Минобороны Российской Федерации и оказывают негативное воздействие на повседневную техническую эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт военной автомобильной и специальной техники, в том числе и СНО ОП, что в результате приводит к снижению их технической готовности, эксплуатационной надежности, повышенному износу узлов и деталей ДВС и других агрегатов СНО ОП, к снижению их мощностных, экономических и экологических показателей. В связи с этим становится актуальной разработка устройств для предпускового подогрева ДВС с целью снижения отрицательного влияния низких температур на эксплуатацию специальной техники.



Температура наружного воздуха относится к одному из основных параметров, которые существенно влияют на физико-химические свойства горюче-смазочных материалов – топливо и масла, применяемые на СНО ОП, и от которых, в значительной степени, зависит техническая готовность техники к использованию.

При низких температурах воздуха:

- повышается вязкость топлива, ухудшается его подача и качество распыливания, в результате этого происходит задержка воспламенения, неполнота сгорания топлива в цилиндрах двигателя, увеличение расхода топлива и существенное ухудшение пусковых качеств и работы ДВС;

- резко возрастает вязкость моторного масла, ухудшается его прокачиваемость по каналам системы смазки, что препятствует попаданию масла в зону трения, вызывая повышенный износ деталей двигателя. Кроме этого, в масле происходит увеличение процентного содержания органических и неорганических кислот, возникающее из-за более длительного периода взаимодействия масла с продуктами сгорания и парами воды. Все это повышает в 2...4 раза интенсивность износа стенок цилиндров и поршневых колец двигателя внутреннего сгорания;

- происходит частичная потеря работоспособности аккумуляторных батарей (АКБ), которая проявляется в снижении их электрической емкости и пускового тока в разрядных режимах (до 60 %), необходимых для обеспечения раскрутки стартером коленчатого вала ДВС при его запуске. При температуре электролита ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ скорость химических реакций в аккумуляторных батареях снижается, что приводит к увеличению времени заряда и разряда АКБ. Падение напряжения на клеммах аккумулятора влечет за собой падение напряжения на электродах свечей зажигания и ухудшает процесс воспламенения топлива [6]. Все выше перечисленные причины не позволяют гарантировать запуск ДВС и обеспечить выполнение боевой задачи.

Момент сопротивления при проворачивании коленчатого вала ДВС стартером и эффективность пуска холодного двигателя во многом зависят от увеличения вязкости моторных масел при понижении температуры. На основе экспериментальных данных определено, что при температурах наружного воздуха в диапазоне $-15\text{ }^{\circ}\text{C} \dots -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ износ стенок цилиндров в их верхнем поясе в процессе запуска и прогрева холодного дизельного двигателя возрастал в 3...4 раза по сравнению с пуском и прогревом предварительно разогретого до температуры $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ДВС.

В соответствии с техническими требованиями, предъявляемыми к современным двигателям, минимальная температура наружного воздуха, при которой осуществляется их надежный запуск, по условиям проворачиваемости коленчатого вала, находится в диапазоне $-15\text{ }^{\circ}\text{C} \dots -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ для карбюраторных ДВС, и $-5\text{ }^{\circ}\text{C} \dots -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ для дизельных ДВС. Для обеспечения надежного запуска ДВС при более низких температурах необходимо осуществлять их предварительный подогрев [7].

В Сибири и на Крайнем Севере накоплен богатый опыт эксплуатации автомобильной и специальной техники в зимнее время. Там в сильные морозы двигатели СНО ОП работают круглосуточно, а через топливные баки пропускают различные змеевики и трубопроводы, по которым циркулирует охлаждающая жидкость из системы охлаждения, или выхлопные газы. Одним из способов осуществить подогрев ДВС перед пуском является применение тепловых аккумуляторов, которые способны накапливать, хранить и отдавать тепло в систему охлаждения ДВС при его запуске.

Тепловые аккумуляторы (ТА) представляют собой своеобразный термос, состоящий из 2-х металлических емкостей, вставленных одна в другую с зазором 20...40 мм, который заполняется капсулами с особым кристаллическим, плавящимся веществом (например, парафином или солями натрия). Этот термос помещен в высокоэффективную вакуумно-порошковую термоизоляцию и подключается последовательно в систему охлаждения ДВС между термостатом и насосом посредством клапанов. Во время запуска ДВС необходимо вручную открыть клапана ТА, при этом теплоноситель из системы охлаждения ДВС, протекая через ТА,

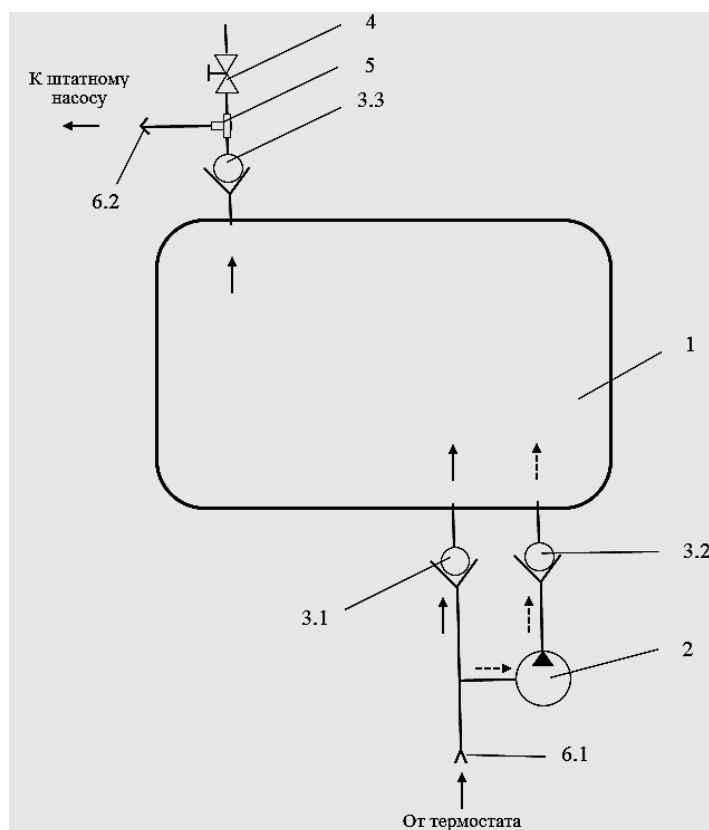


снимает с него аккумулированное тепло и возвращает в контур охлаждения двигателя. За 10...15 минут температура ДВС поднимается на 45...60 °С, что позволяет обеспечить запуск двигателя с меньшими энергетическими затратами.

Принцип действия теплового аккумулятора состоит в том, что применяемое в аккумуляторе вещество обладает свойствами накапливать большое количество тепловой энергии при своем переходе из твердого состояния в жидкое (в период плавления) и отдавать накопленную тепловую энергию при затвердевании. Температура вещества в процессе перехода из жидкого состояния в твердое не меняется, но при этом выделяется скрытая теплота, так называемого, фазового перехода, количество которой достаточно значительно. Например, «...для изменения температуры 1 кг воды на 1 °С требуется около 4,2 кДж, а парафин, который плавится при температуре +44 °С, в процессе плавления аккумулирует 150 кДж на 1 кг. В результате, тепловой аккумулятор с парафином при остывании с +45 °С до +43 °С (всего на 2 градуса) запасает такое же количество тепловой энергии, сколько ТА с обычной водой при остывании с +80 °С до +43 °С» [8]. Таким образом происходит зарядка ТА. Для полной зарядки ТА достаточно 10...15 минут работы ДВС, а накопленная ТА энергия может сохраняться в течении 2...3 суток (при температуре наружного воздуха –40 °С).

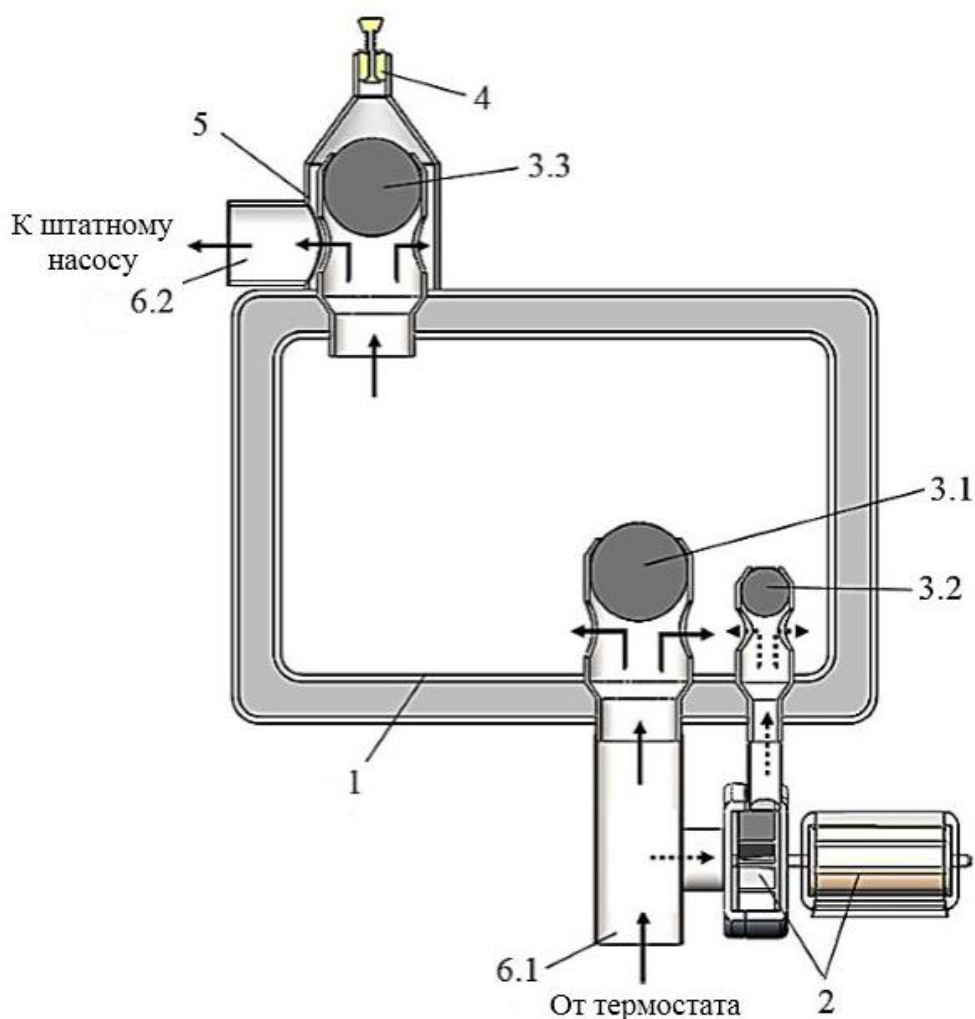
Недостатком существующих тепловых аккумуляторов является низкая технологичность, обусловленная необходимостью принудительного открытия клапанов перед пуском двигателя [8].

С целью устранения подобных недостатков предлагается новая конструкция теплового аккумулятора, структурная схема которого представлена на рисунке 1, а вариант конструктивного исполнения ТА показан на рисунке 2 [9].



1 – теплоизолированная емкость; 2 – насос; 3.1, 3.2, 3.3 – первый, второй и третий обратные клапаны; 4 – элемент выпуска воздуха; 5 – тройник; 6.1, 6.2 – входной и выходной штуцер

Рисунок 1 – Структурная схема теплового аккумулятора



1 – теплоизолированная емкость; 2 – насос; 3.1, 3.2, 3.3 – первый, второй и третий обратные клапаны; 4 – элемент выпуска воздуха; 5 – тройник; 6.1, 6.2 – входной и выходной штуцер

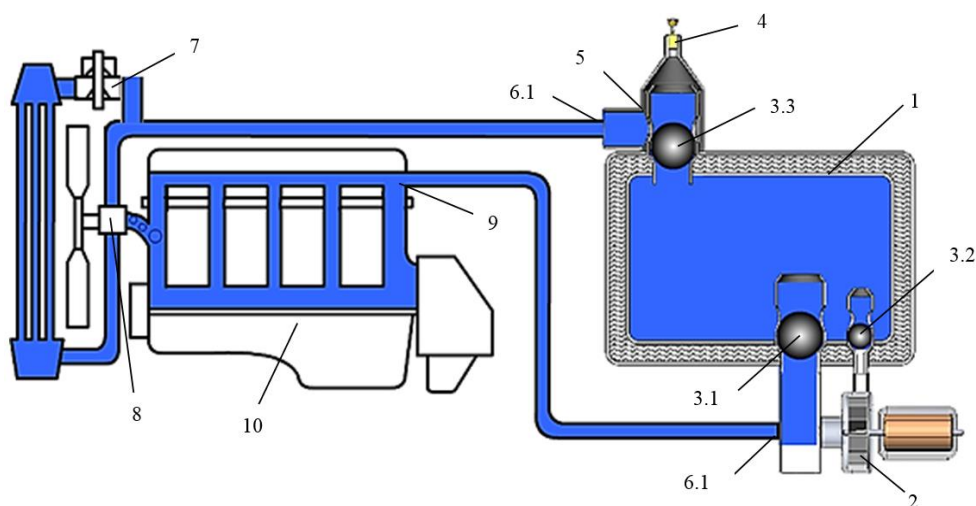
Рисунок 2 – Вариант конструктивного исполнения теплового аккумулятора

Предлагаемый ТА состоит (рисунок 1, 2) из теплоизолированной емкости 1, насоса 2, первого 3.1, второго 3.2 и третьего обратных клапанов, элемента выпуска воздуха 4, тройника 5, входного 6.1 и выходного 6.2 штуцеров.

Теплоизолированная емкость 1 предназначена для аккумулирования тепла и его возврата в контур системы охлаждения двигателя посредством теплоносителя. В качестве такой емкости может быть использован, например, металлический сосуд с вакуумно-порошковой теплоизоляцией, содержащий пакет герметично заваренных капсул, наполненных особым кристаллическим веществом.

Насос 2 предназначен для циркуляции теплоносителя в системе охлаждения ДВС при неработающем двигателе от термостата (не показан) через входной штуцер 6.1, теплоизолированную емкость 1, обратный клапан 3.3 и выходной штуцер 6.2 к штатному насосу (не показан) ДВС. Насос 2 может быть выполнен, например, в виде насоса типа DB-40 DC12.

Тепловой аккумулятор работает следующим образом. Подключают ТА к системе охлаждения ДВС посредством входного 6.1 и выходного 6.2 штуцеров к термостату 7 и штатному насосу 8 через рубашку охлаждения 9 системы охлаждения ДВС 10, соответственно, как показано на рисунке 3.



1 – теплоизолированная емкость; 2 – дополнительный насос; 3.1, 3.2, 3.3 – первый, второй и третий обратные клапаны; 4 – элемент выпуска воздуха; 5 – тройник; 6.1, 6.2 – входной и выходной штуцер; 7 – термостат; 8 – водяной насос; 9 – рубашка охлаждения двигателя; 10 – двигатель

Рисунок 3 – Схема подключения теплового аккумулятора к двигателю внутреннего сгорания

Во время работы двигателя 10 под действием штатного насоса 8 теплоноситель циркулирует по системе охлаждения ДВС и нагревается. При этом, под напором теплоносителя, движущегося через входной штуцер 6.1 теплового аккумулятора, открывается первый обратный клапан 3.1 и теплоноситель заполняет теплоизолированную емкость 1, в которой происходит передача (аккумуляция) тепла от теплоносителя теплому аккумулятору. Далее, под напором теплоносителя открывается третий обратный клапан 3.3 на выходе из теплоизолированной емкости 1 и теплоноситель через тройник 5 и выходной штуцер 6.2 движется к штатному насосу 8 ДВС 10.

В течении 10...15 минут работы двигателя ТА полностью заряжается до температуры 70...90 °С (рабочей температуры ДВС). При остановке ДВС штатный насос 8 прекращает работать, теплоноситель перестает циркулировать и обратные клапаны 3.1 и 3.2 закрываются, и запирают теплоизолированную емкость 1 от естественной (термосифонной) циркуляции теплоносителя. Накопленная энергия ТА сохраняется в течении длительного времени.

При запуске холодного двигателя предварительно включается дополнительный насос 2, под действием которого теплоноситель начинает циркулировать и своим напором открывает второй обратный клапан 3.2 и заполняет теплоизолированную емкость 1, в которой происходит передача тепла от ТА теплоносителю. Далее, под напором теплоносителя открывается третий обратный клапан 3.3 на выходе из теплоизолированной емкости 1 и нагретый теплоноситель через тройник 5 и выходной штуцер 6.2 поступает в систему охлаждения ДВС. В течении 5...7 минут работы насоса 2 теплоноситель возвращает в контур системы охлаждения двигателя аккумулярованное ТА тепло, в результате чего температура двигателя 10 повышается, что позволяет снизить затраты энергии на запуск и прогрев ДВС. В результате, тепловой аккумулятор включается в работу на ДВС не ручным открытием клапанов, а автоматически – за счет движения теплоносителя, что повышает его технологичность.

Предлагаемая конструкция ТА практически применима, так как для его реализации могут быть использованы типовые устройства.

Выводы. Таким образом, предлагаемая конструкция теплового аккумулятора позволяет с наименьшими затратами и минимальным вмешательством встроить его в штатную систему охлаждения двигателя внутреннего сгорания, повысить технологичность теплового аккумулятора, создать удобство при его использовании и управлении, сократить время на



прогрев двигателя и осуществить легкий и надежный запуск холодного двигателя в условиях низких температур окружающего воздуха и, тем самым, обеспечить постоянную готовность средств наземного обслуживания общего применения к использованию. При этом достигается снижение пускового тока стартера на 10...15 %, экономия топлива и увеличение ресурса двигателя внутреннего сгорания на 10...12 %. В результате сокращается количество тепла, рассеиваемого с поверхности двигателя, в окружающую среду, что позволяет максимально полно использовать выделившееся при сжигании топлива тепло и повысить коэффициент полезного действия и эффективность ДВС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог средств наземного обслуживания общего применения и подвижных средств технического обслуживания и ремонта базовых шасси / Под ред. А.А. Томилова. ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), 2015. 227 с.
2. Федеральные авиационные правила по электрогазовому обеспечению Государственной авиации. М.: Воениздат, 2006. 200 с.
3. Исследование путей совершенствования комплекса средств наземного обслуживания общего применения авиации Вооружённых сил Российской Федерации: отчёт о НИР «Наземка» (заключительный); Иванов В.П. [и др.]. ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), 2014. 245 с.
4. Иванов В.В. «Дранг нах» Арктику. Заполярные амбиции Запада растут с каждым годом // Независимое военное обозрение. 2015. № 11. С. 5–8.
5. Маурин Ф.М. Военная авиация в Арктике: состояние и перспективы // Независимое военное обозрение. 2017. № 30. С. 4–7.
6. Семенов Н.В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур. М.: Транспорт, 1993. 190 с.
7. Балабай И.В., Щербинин В.Н. Эксплуатация автомобильной техники в сложных условиях. М.: Военное издательство, 1987. 128 с.
8. Евдокимов Н.В. Тепловой аккумулятор для предпускового подогрева автомобиля. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.evdokimov1958.ru> (дата обращения 25.04.2018).
9. Пат. 188977 Российская Федерация, МПК F02N17/06. Тепловой аккумулятор / Грищенко Б.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГКВООУ ВПО «ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) МО РФ (RU). № 2018144164; заявл. 12.12.2018; опубл. 30.04.2019. Бюл. № 13.

REFERENCES

1. Katalog sredstv nazemnogo obsluzhivaniya obschego primeneniya i podviznyh sredstv tehničeskogo obsluzhivaniya i remonta bazovyh shassi / Pod red. A.A. Tomilova. VUNC VVS «VVA im. prof. N.E. Zhukovskogo i Yu.A. Gagarina» (g. Voronezh), 2015. 227 p.
2. Federal'nye aviacionnye pravila po `elektrogazovomu obespecheniyu Gosudarstvennoj aviacii. M.: Voenizdat, 2006. 200 p.
3. Issledovanie putej sovershenstvovaniya kompleksa sredstv nazemnogo obsluzhivaniya obschego primeneniya aviacii Vooruzhennyh sil Rossijskoj Federacii: otchet o NIR «Nazemka» (zaklyuchitel'nyj); Ivanov V.P. [i dr.]. VUNC VVS «VVA im. prof. N.E. Zhukovskogo i Yu.A. Gagarina» (g. Voronezh), 2014. 245 p.
4. Ivanov V.V. «Drang nah» Arktiku. Zapolyarnye ambicii Zapada rastut s kazhdym godom // Nezavisimoe voennoe obozrenie. 2015. № 11. Pp. 5–8.



5. Maurin F.M. Voennaya aviatsiya v Arktike: sostoyanie i perspektivy // Nezavisimoe voennoe obozrenie. 2017. № 30. Pp. 4–7.
6. Semenov N.V. `Ekspluatsiya avtomobilej v usloviyah nizkih temperatur. M.: Transport, 1993. 190 с.
7. Balabaj I.V., Scherbinin V.N. `Ekspluatsiya avtomobil'noj tehniki v slozhnyh usloviyah. M.: Voennoe izdatel'stvo, 1987. 128 p.
8. Evdokimov N.V. Teplovoj akkumulyator dlya predpuskovogo podogreva avtomobilya. [`Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.evdokimov1958.ru> (data obrascheniya 25.04.2018).
9. Pat. 188977 Rossijskaya Federaciya, MPK F02N17/06. Teplovoj akkumulyator / Grischenko B.A. [i dr.]; zayavitel' i patentoobladatel' FGKVOU VPO «VUNC VVS «VVA imeni professora N.E. Zhukovskogo i Yu.A. Gagarina» (g. Voronezh) MO RF (RU). № 2018144164; zayavl. 12.12.2018; opubl. 30.04.2019. Byul. №13.

© Илларионов В.В., Грищенко С.А., Лакей В.Н., Басарев М.В., 2019

Илларионов Владимир Викторович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru.

Грищенко Борис Александрович, научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, G.Boris.64@yandex.ru.

Лакей Владимир Николаевич, научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, LAK2010@bk.ru.

Басарев Михаил Владимирович, научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, verasab52@mil.ru.