

2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки)

Научная статья

УДК 614.84 : 551.583

Алгоритм динамического перехода сезонного технического обслуживания пожарных автомобилей в Арктической зоне, с учетом изменения климата

Вадим Евгеньевич Минлигалин^{1,2}

Андрей Германович Бубнов²

Андрей Дмитриевич Семенов²

¹Главное управление МЧС России по Красноярскому краю, Емельяново, Россия

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Иваново, Россия

Автор ответственный за переписку: Вадим Евгеньевич Минлигалин,
vadimminligalin@gmail.com

Аннотация. В районах Крайнего Севера, местностях, приравненных к районам Крайнего Севера и Арктической зоне Российской Федерации (далее – АЗРФ), эксплуатация пожарных автомобилей (далее – ПА) связана с экстремальными климатическими условиями. Действующая система сезонного технического обслуживания (далее – СО) базируется на фиксированных календарных датах, которые основываются на исследованиях ещё советского периода. Эти даты не учитывают наблюдаемые в последние десятилетия климатические изменения – смещение сезонов, увеличение частоты оттепелей и ранних заморозков. В статье обосновывается необходимость перехода от статического к динамическому методу планирования СО ПА в АЗРФ на основе данных метеопрогнозов. Для этого был проведён анализ многолетних температурных рядов (1980–2024 гг.) для пяти городов, находящихся на территории АЗРФ: Мурманск, Нарьян-Мар, Салехард, Норильск, Тикси. В качестве порогового значения выбрана температура +5 °С, рекомендованная для смены зимних и летних сортов моторных масел. По результатам анализа выявлено устойчивое смещение дат перехода окружающей температуры через +5 °С: весной – на 15–20 суток раньше, осенью – на 15–18 суток позже по сравнению с климатическими нормами 1980-х годов. Показано, что фиксированные даты СО не соответствуют фактическим условиям. Предложен алгоритм динамического перехода, использующий прогнозы устойчивого повышения/понижения температуры.

Ключевые слова: Арктическая зона, пожарный автомобиль, основной силовой агрегат, сезонное техническое обслуживание, изменение климата, динамический переход, мониторинг, вязкость моторного масла, эксплуатационная надежность, спутниковая система «Арктика-М»

Для цитирования: Минлигалин В.Е., Бубнов А.Г., Семенов А.Д. Алгоритм динамического перехода сезонного технического обслуживания пожарных автомобилей в Арктической зоне, с учетом изменения климата.

Original article

Algorithm for dynamic transition of seasonal maintenance of fire trucks in the Arctic zone, taking into account climate change

Vadim E. Minligalin^{1,2}

Andrey G. Bubnov²

Andrey D. Semenov²

¹The Main Directorate of the Russian Ministry of Emergency Situations in the Krasnoyarsk Territory, Yemelyanovo, Russia

²Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Ivanovo, Russia

Corresponding author: Vadim E. Minligalin, vadimminligalin@gmail.com

Abstract. In the Far North, areas equivalent to the Far North, and the Arctic Zone of the Russian Federation, fire engine operation is associated with extreme climatic conditions. The current seasonal maintenance system is based on fixed calendar dates, which are based on research dating back to the Soviet era. These dates do not take into account the climate changes observed in recent decades—seasonal shifts and an increase in the frequency of thaws and early frosts. This paper substantiates the need to transition from a static to a dynamic method for planning seasonal maintenance of fire engines in the Far North, areas equivalent to the Far North, and the Arctic Zone of the Russian Federation, based on weather forecast data. To this end, an analysis of long-term temperature series (1980–2024) was conducted for five cities located in the Arctic Zone of the Russian Federation: Murmansk, Naryan-Mar, Salekhard, Norilsk, and Tiksi. The threshold temperature of +5°C, recommended for changing winter and summer motor oils, was chosen. The analysis revealed a consistent shift in the dates when ambient temperatures cross +5°C: 15–20 days earlier in spring and 15–18 days later in autumn, compared to climate norms from the 1980s. It was shown that fixed seasonal maintenance dates do not correspond to actual conditions. A dynamic transition algorithm is proposed that uses forecasts of sustained temperature increases/decreases.

Keywords: Arctic zone, fire truck, main power unit, seasonal maintenance, climate change, dynamic transition, monitoring, engine oil viscosity, operational reliability, Arktika-M satellite system

For citation: Minligalin V.E., Bubnov A.G., Semenov A.D. Algorithm for dynamic transition of seasonal maintenance of fire trucks in the Arctic zone, taking into account climate change.

Введение

Эксплуатация ПА в АЗРФ требует особого внимания к надёжности их основного силового агрегата. Это связано с тем, что отрицательные температуры ускоряют процесс износа, снижая ресурс и работоспособность технических узлов с повышением количества отказов любой системы [1, 2]. В таких условиях поддержание боеготовности ПА напрямую зависит от исправности двигателя, чья работа в значительной степени определяется своевременной сменой моторного масла и технических жидкостей в рамках проведения комплекса мероприятий СО.

Однако существующие сроки проведения СО, регламентированные приказами территориальных органов (Главных управлений по субъектам) МЧС России, по-прежнему опираются на фиксированные календарные даты (например, переход на зимний вариант

использования ПА – 15 октября, на летний – 16 апреля). Указанные даты в правовых актах ГУ МЧС России по субъектам РФ о сезонном переходе основываются на распоряжении Министерства транспорта РФ от 14.03.2008 г. № АМ-23-р «Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте», который в свою очередь опирается на ГОСТ 16350-80 «Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей». Но эти даты были установлены еще в 1970–1980-х годах на основании средних, многолетних климатических норм и почти не пересматривались. Между тем, за последние 40–45 лет климат в высоких климатических широтах претерпел масштабные изменения: темпы потепления в Арктике в 3–4 раза превышают среднемировые [3, 4]. Это привело к сдвигу климатических сезонов и росту числа аномальных погодных явлений.

Цель данного исследования – на основе анализа климатических данных за 1980–2024 гг. количественно оценить степень несоответствия фиксированных дат СО с реальными показателями в АЗРФ и обосновать переход к динамическому планированию СО для увеличения эксплуатационной надёжности основного силового агрегата ПА.

Задачи исследования:

- 1) проанализировать многолетние ряды среднесуточных температур в ключевых населенных пунктах АЗРФ;
- 2) вычислить смещение дат устойчивого перехода через $+5^{\circ}\text{C}$ за период 1980–2024 гг.;
- 3) оценить фактическое несоответствие установленных сроков проведения СО;
- 4) предложить алгоритм динамического перехода.

Материалы и методы

При проведении исследования были использованы данные Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) за период 1980–2024 гг. для шести опорных метеостанций, расположенных на территории АЗРФ:

- 1) Мурманск (Мурманская область);
- 2) Нарьян-Мар (Ненецкий автономный округ);
- 3) Салехард (Ямало-Ненецкий автономный округ);
- 4) Норильск (Красноярский край);
- 5) Тикси (Республика Саха (Якутия));
- 6) Анадырь (Чукотский автономный округ).

Для каждого пункта был проведен расчёт:

- средних дат перехода через $+5^{\circ}\text{C}$ (рекомендуемая граница для смены летних/зимних сортов масел согласно [5]);

- среднегодовой температуры за период 1980–2024 гг.;
- продолжительность «холодного» ($t < -5\text{ }^{\circ}\text{C}$) и «теплого» ($t > +5\text{ }^{\circ}\text{C}$) периодов.

Для удобства построения диаграммы и ее анализа, все полученные данные были разделены по 5-летним интервалам (1980–1984, 1985–1989, ..., 2020–2024). При изучении многолетних среднемесячных колебаний температур был применен метод анализа временных рядов.

Результаты

Анализ показателей температур показал устойчивое потепление во всех исследованных городах. Наибольший рост среднегодовой температуры отмечен в западной части исследуемой территории (Мурманск: $+0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ за десятилетие), наименьший — в континентальной части (Тикси: $+0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ за десятилетие). На Рис.1 представлена диаграмма, отображающая значения среднегодовой температуры по 5-летним интервалам.

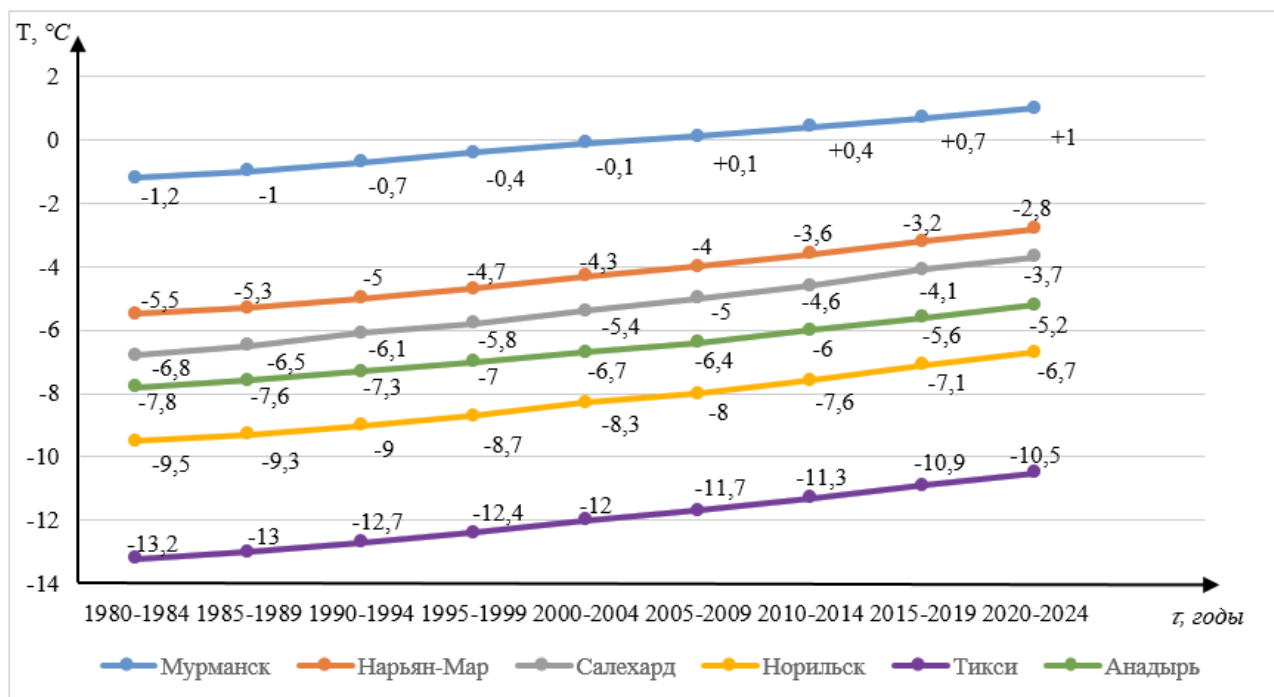


Рис.1. Диаграмма изменения среднегодовой температуры воздуха в городах, расположенных на территории АЗРФ (1980–2024 гг.)

Из Рис.1 видно, что прирост среднегодовой температуры за 45 лет в Мурманске составил $2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, в Нарьян-Маре — $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, в Салехарде — $3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, в Норильске — $2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, в Тикси — $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, в Анадыре — $2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Эти цифры согласуются с глобальными данными об усилении потепления в Арктике [4].

Для планирования комплекса мероприятий СО ПА наиболее значимым является переход через $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Этот порог рекомендован большинством руководств по эксплуатации для смены зимних и летних сортов моторных масел [5, 6].

Анализ многолетних рядов данных за 1980–2024 гг. позволил рассчитать средние даты наступления этих переходов для шести ключевых городов АЗРФ. В Таблице представлены значения для двух 5-летних интервалов: исходного (1980–1984) и современного (2020–2024), а также величина сдвига в сутках.

Таблица. Смещение дат устойчивого перехода среднесуточной температуры через $+5^{\circ}\text{C}$ в городах АЗРФ (1980–1984 и 2020–2024)

Город	Переход через $+5^{\circ}\text{C}$ весной (дата)		Сдвиг, сут.	Переход через $+5^{\circ}\text{C}$ осенью (дата)		Сдвиг, сут.
	1980–1984	2020–2024		1980–1984	2020–2024	
Мурманск	25 мая	10 мая	–15	5 октября	20 октября	+15
Нарьян-Мар	30 мая	15 мая	–15	28 сентября	15 октября	+17
Салехард	5 июня	20 мая	–16	20 сентября	8 октября	+18
Норильск	15 июня	28 мая	–18	12 сентября	30 сентября	+18
Тикси	25 июня	5 июня	–20	5 сентября	22 сентября	+17
Анадырь	20 июня	2 июня	–18	8 сентября	25 сентября	+17

Для наглядности смещения дат, отобразим информацию из таблицы на карту АЗРФ (Рис.2).



Рис.2. Смещение дат устойчивого перехода среднесуточной температуры через $+5^{\circ}\text{C}$ за 45 лет на территории АЗРФ

Из Таблицы и Рис.2 сделаем вывод, что за последние 45 лет:

— Весенний переход через $+5^{\circ}\text{C}$ стал происходить раньше на 15–20 суток. Наиболее значительное смещение зафиксировано в Тикси (–20 суток) и Норильске (–18 суток). Это означает, что период, когда можно использовать летние масла, начинается почти на три недели раньше, чем в 1980-х годах.

— Осенний переход через $+5^{\circ}\text{C}$ сместился позже на 15–18 суток. Самое большое отставание наблюдается в Салехарде и Норильске (+18 суток). Следовательно, переход на зимние масла можно отодвигать на 2–2,5 недели по сравнению с традиционными календарными сроками.

Это смещение имеет прямое практическое значение: если придерживаться фиксированных дат перехода (например, переход на зимние масла 5 октября – 15 октября), то в современных условиях в Мурманске, Нарьян-Маре, Салехарде техника будет вынуждена работать на зимних маслах при дневных температурах $+5 - +10^{\circ}\text{C}$ в течение 15–18 суток. Вязкость зимнего масла при таких температурах становится низкой, что приводит к уменьшению толщины масляной плёнки и повышенному износу подшипников коленчатого вала и эксплуатации цилиндропоршневой группы двигателя [7].

Если рассмотреть весенний плановый переход на летние масла (например, 15 апреля), то он происходит на 15–20 дней раньше, чем в реальности устанавливается стабильная температура выше $+5^{\circ}\text{C}$. Из-за этого в указанный период двигатели работают с летним маслом при ночных отрицательных температурах, что приводит к масляному голоданию в первые минуты после запуска. Следствием становится абразивный износ [8].

Следовательно, существующая система планирования СО ПА требует корректировки.

Для устранения выявленного расхождения предлагается отказаться от фиксированных дат в пользу динамического критерия, опирающегося на прогноз устойчивого пересечения температурой отметки в $+5^{\circ}\text{C}$.

Переходить на летние масла только после того, как среднесуточная температура будет устойчиво (не менее пяти дней подряд) превышать $+5^{\circ}\text{C}$. На зимние масла можно переходить после устойчивого снижения среднесуточной температуры ниже указанной отметки.

Прогнозируемая информация – данные полученные от Росгидромета и спутниковой системы «Арктика-М» [9]. Алгоритм предусматривает оповещение подразделений за 3–5 суток до проведения работ (Рис.3).

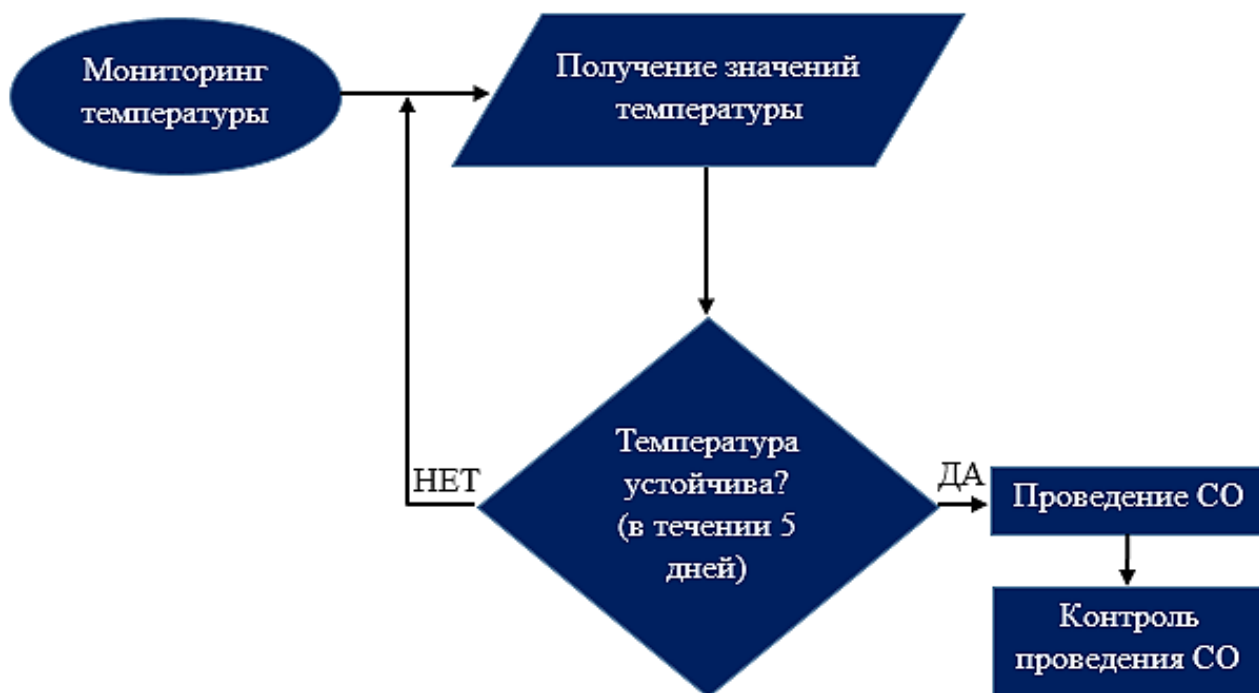


Рис.3. Блок-схема алгоритма динамического подхода к проведению СО

Обсуждение

Полученные данные хорошо согласуются с результатами других исследователей, отмечающих ускоренное потепление в Арктике и сдвиг климатических сезонов [3]. Однако до настоящего времени эти изменения не были учтены в нормативных документах МЧС России, регламентирующих эксплуатацию ПА.

Сравнение с ранее опубликованными работами. В [1] и [10] авторы также указывали на негативное влияние низких температур на пусковые качества двигателя, но не связывали это с необходимостью пересмотра сроков СО. В работе [11] предлагалось использовать гибкие графики, но только для вооружения, военной и специальной техники, без привязки к ПА. Настоящее исследование впервые для системы МЧС России обосновывает динамический переход на основе инструментальных измерений за 45 лет.

Возможные ограничения предложенного метода. Главным ограничением является необходимость оперативного получения достоверных метеопрогнозов в удаленных районах АЗРФ, где сеть метеостанций плохо распространена. Однако развитие спутниковой системы «Арктика-М» [9] и внедрение моделирующих комплексов (например, WRF-ARW) позволяет с высокой точностью прогнозировать температурный режим на 7–14 суток даже для труднодоступных территорий.

Для совершенствования системы СО рекомендуется провести следующие мероприятия:

1) внести изменения в Руководство по организации материально-технического обеспечения МЧС России, а именно заменить жесткие календарные даты проведения СО на даты «устойчивого перехода температуры»;

2) поставить задачу Центру управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) осуществлять мониторинг фактической и прогнозируемой температуры, и не позднее чем за 5 суток до наступления пороговых значений оповещать пожарно-спасательные подразделения;

3) провести экспериментальную апробацию динамического СО в пилотном регионе (например, в Красноярском крае) в течение одного года с последующей технико-экономической оценкой.

Также хотим отметить, что переход на динамическое СО не требует существенных финансовых затрат, но дает значительный эксплуатационный эффект.

Заключение

Проведенный анализ климатических данных за 1980–2024 гг. подтвердил значительное потепление в АЗРФ. Среднегодовая температура в исследованных городах выросла на 2,2–3,1 °С.

Даты устойчивого перехода через +5 °С сместились: весной — на 15–20 суток раньше, осенью — на 15–18 суток позже.

Действующая система СО ПА, опирающаяся на жёстко закреплённых календарных датах, которые определены исследованиями советского времени, сегодня уже не соответствует реальному климату. Расхождение между предписанной датой и тем, когда фактически начинается холодный или тёплый период, доходит до 15–20 суток. На практике это приводит к работе машин на неподходящих сортах моторного масла, ускоренный износ двигателей и, как следствие, снижение боеготовности подразделений.

В данной работе впервые применительно к пожарной охране предлагается динамический способ назначения сроков СО. В его основе лежит момент, когда среднесуточная температура устойчиво переходит через рубеж +5 °С и держится так не менее пяти дней подряд. Чтобы реализовать такой подход, не требуя серьёзных дополнительных вложений, можно использовать данные спутниковой системы «Арктика-М» и информацию от Росгидромета.

В качестве рекомендаций — внести поправки в действующее Руководство по организации материально-технического обеспечения МЧС России, а также провести опытную апробацию динамического СО в одном из субъектов, относящихся к арктическому региону.

Все перечисленные меры дадут возможность повысить эксплуатационную надёжность основного силового агрегата пожарного автомобиля (ПА) в условиях низких температур. Такая система позволит оптимизировать график проведения технического обслуживания и увеличить готовность пожарно-спасательных подразделений к выполнению задач по назначению — особенно в экстремальных условиях с отрицательными температурами.

Список источников

1. Квашнин, А. Б. Особенности эксплуатации спасательной техники в условиях Арктики / А. Б. Квашнин // Инновационная наука. – 2023. – № 8-2. – С. 37-39. – EDN QLOBLZ.
2. Бубнов, В. Б. Разработка научно-обоснованных рекомендаций по эксплуатации и проектированию противопожарных водопроводов для природно-климатических условий Арктики / В. Б. Бубнов, Д. С. Репин // Современные проблемы гражданской защиты. – 2023. – № 4(49). – С. 120-128. – EDN SITPAV.
3. Холопцев, А. В. Оценка значимости некоторых факторов современных изменений термического режима районов Арктической зоны Восточной Сибири для летних месяцев / А. В. Холопцев, Р. Г. Шубкин, Н. Ю. Проскова // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2023. – № 2(29). – С. 143-158. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2023.56.74.009. – EDN JMWODZ.
4. Бабаева, Э. Влияние глобального потепления на геологические процессы / Э. Бабаева, А. Чарыев, А. Сахатов, О. Нурыев // Символ науки: международный научный журнал. – 2024. – Т. 3, № 11-2. – С. 50-51. – EDN SLWCGD.
5. Авликулов, Ж. С. Исследование периодичности замены моторного масла в условиях эксплуатации / Ж. С. Авликулов, С. О. Нарзиев, Ш. П. Магдиев // Вестник науки и образования. – 2021. – № 9-3(112). – С. 16-19. – DOI 10.24411/2312-8089-2021-10912. – EDN LFEENJ.
6. Попов, Д. А. Периодичность замены моторного масла с учетом условий эксплуатации автомобилей в современных условиях / Д. А. Попов, А. М. Кадырметов, Н. А. Горячев, П. И. Деревянко // Проблемы эксплуатации автомобильного транспорта и пути их решения на основе перспективных технологий : материалы Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 18 октября 2021 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 19-22. – DOI 10.34220/PRTOPT2021_19-22. – EDN ZVAVLL.
7. Черкашин, Д. В. Причины и последствия масляного голодания двигателя / Д. В. Черкашин, А. В. Лянденбургская, П. Ю. Железняков [и др.] // Проблемы научной мысли. – 2022. – Т. 1, № 9. – С. 107-109. – EDN UNDGZE.

8. Опарин, Д. Е. Особенности эксплуатации пожарных автомобилей на пожаре в условиях низких температур / Д. Е. Опарин // Экология и безопасность жизнедеятельности: Сборник статей XXIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 11–12 декабря 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 311-314. – EDN DBGTYE.

9. Гектин, Ю. М. Первые результаты работы аппаратуры МСУ-ГС/ВЭна КА "Арктика-М" №1 / Ю. М. Гектин, М. Б. Смелянский, Н. А. Сулиманов [и др.] // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2022. – Т. 9, № 1. – С. 30-41. – DOI 10.30894/issn2409-0239.2022.9.1.30.41. – EDN PNFDDBE.

10. Шабалин, Д. В. Влияние отрицательных температур и других факторов на процесс пуска дизельного двигателя / Д. В. Шабалин, Е. И. Монахов, М. Ю. Будагов // Наука и военная безопасность. – 2025. – № 1(40). – С. 70-74. – EDN WJOMES.

11. Спирин, М. С. Предложения по адаптации системы технического обслуживания и ремонта вооружения, военной и специальной техники к условиям Арктики / М. С. Спирин, А. В. Пляго, А. Н. Розе // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооружённых Сил Российской Федерации. – 2024. – № 4(34). – С. 160-167. – EDN UEBVTH.

References

1. Kvashnin, A. B. Features of the operation of rescue equipment in the Arctic / A. B. Kvashnin // Innovative science. – 2023. – N 8-2. – pp. 37-39.

2. Bubnov, V. B. Development of scientifically based recommendations for the operation and design of fire-fighting water pipes for the natural and climatic conditions of the Arctic / V. B. Bubnov, D. S. Repin // Modern problems of civil protection. – 2023. – N 4(49). – pp. 120-128.

3. Kholoptsev, A.V. Assessment of the significance of some factors of modern changes in the thermal regime of the Arctic zone of Eastern Siberia for the summer months / A.V. Kholoptsev, R. G. Shubkin, N. Y. Proskova // Siberian Fire and Rescue Bulletin. – 2023. – N 2(29). – pp. 143-158. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2023.56.74.009.

4. The influence of global warming on geological processes / E. Babayeva, A. Charyev, A. Sakhatov, O. Nuryev // Symbol of Science: an international scientific journal. – 2024. – Vol. 3, N 11-2. – pp. 50-51.

5. Avliekulov, Zh.S. Investigation of the frequency of engine oil replacement under operating conditions / Zh. S. Avliekulov, S. O. Narziev, Sh. P. Magdiev // Bulletin of Science and Education. – 2021. – N 9-3(112). – pp. 16-19. – DOI 10.24411/2312-8089-2021-10912.

6. The frequency of engine oil replacement, taking into account the operating conditions of cars in modern conditions / D. A. Popov, A.M. Kadyrmetov, N. A. Goryachev, P. I. Derevyanko //

Problems of road transport operation and ways to solve them based on promising technologies : proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference, Voronezh, October 18, 2021. Voronezh: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2021. pp 19-22. - DOI 10.34220/ PRTOPT2021_19-22.

7. Causes and consequences of engine oil starvation / D. V. Cherkashin, A.V. Lyandenburskaya, P. Yu. Zheleznyakov [et al.] // Problems of scientific thought. – 2022. – Vol. 1, N 9. – pp. 107-109.

8. Oparin, D. E. Features of operation of fire trucks on fire at low temperatures / D. E. Oparin // Ecology and life safety: Collection of articles of the XXIII International Scientific and Practical Conference, Penza, December 11-12, 2023. Penza: Penza State Agrarian University, 2023. pp. 311-314.

9. Gektin, Yu.M. First results of the MSU-GS/VE operation the Arktika-M No. 1 spacecraft / Gektin Yu.M., Smelyanskiy M.B., Sulimanov N.A., Kolyada V.S., Badayev K.V., Zaytsev A.A., Andreev R.V. // Rocket-Space Device Engineering and Information Systems. – 2022. – Vol. 9, N 1. – pp. 30-41. – DOI 10.30894/issn2409-0239.2022.9.1.30.41.

10. Shabalin, D. V. The influence of negative temperatures and other factors on the process of starting a diesel engine / D. V. Shabalin, E. I. Monakhov, M. Y. Budagov // Science and military security. – 2025. – N 1(40). – pp. 70-74.

11. Spirin, M. S. Proposals for adapting the system of maintenance and repair of weapons, military and special equipment to the conditions of the Arctic / M. S. Spirin, A.V. Plago, A. N. Rose // Scientific problems of logistics of the Armed Forces of the Russian Federation. – 2024. – N 4(34). – pp. 160-167.

Информация об авторах

А.Г. Бубнов - доктор химических наук, доцент

А.Д. Семенов – кандидат технических наук, доцент

Information about the author

A.G. Bubnov – D.Sc. of Chemical Sciences, Docent

A.D. Semenov – Ph.D. of Engineering Sciences, Docent

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.