

УДК: 62-7

DOI: 10.26467/2079-0619-2023-26-5-53-64

Особенности эксплуатации авиационных топливозаправщиков в условиях Крайнего Севера

С.А. Савушкин¹, К.Э. Балышин¹, А.Н. Козлов¹, А.А. Браилко¹

¹ *Московский государственный технический университет гражданской авиации,
г. Москва, Россия*

Аннотация: На территории Российской Федерации огромные пространства заняты вечной мерзлотой. Зачастую авиация – это единственный вид транспорта, который связывает отдаленные районы севера страны с остальной территорией России. Главной особенностью этих регионов является суровый климат, включающий в себя низкие отрицательные температуры, обилие снега и сильные ветра. Такие условия крайне осложняют эксплуатацию не только воздушных судов, но и наземного транспорта, обеспечивающего полеты. В последние годы все больше отечественных топливозаправщиков вырабатывают свой ресурс. На сегодняшний день значительное количество северных топливозаправочных комплексов перешли на эксплуатацию зарубежных топливозаправщиков на базе тягачей Volvo и Mercedes-Benz. Уже в ходе эксплуатации был выявлен ряд существенных недостатков, крайне осложняющих нормальную эксплуатацию топливозаправщиков. Существует острая необходимость доработки узлов и агрегатов для снижения возникающих отказов, влияющих на обеспечение регулярности и безопасности полетов воздушных судов. Одной из основных проблем эксплуатации топливозаправщиков аэродромных в условиях низких температур является нарушение работоспособности электропневматического донного клапана вследствие его примерзания. Авторами предложена замена данного проблемного узла на механический донный клапан, который не восприимчив к низким температурам. Для исключения растрескивания резинотехнических изделий на наконечнике нижней заправки и для увеличения гибкости раздаточных рукавов предлагается осуществлять подогрев стакана наконечника нижней заправки и заправочного модуля с помощью перепуска выхлопных газов и прокачки горячей охлаждающей жидкости по системе патрубков.

Наиболее серьезными проблемами являются сложности эксплуатации тягача на дизельном топливе при низких температурах. Проблемы возникают уже при запуске. Дизельное топливо при низких отрицательных температурах может густеть или даже застывать, смазка тоже густеет. Бывали случаи, когда запуск был осложнен низкой компрессией в цилиндрах. Но даже если двигатель удалось запустить, через некоторое время он может начать глохнуть. Связано это с кислородным голоданием, которое возникает в связи с тем, что ледяной воздух несет в себе воду, которая осаживается инеем на воздушных фильтрах, перекрывая тем самым подачу кислорода в двигатель. После длительной стоянки при низких температурах в первые секунды запуска поршневого двигателя детали соприкасаются между собой без смазывания. Это происходит из-за того, что вязкость масла при экстремально низких температурах уменьшается, поэтому, чтобы смазка попала к потребителям по узким маслопроводам, необходимо некоторое время для прогрева (около 10 минут). Вследствие таких холодных запусков и риска возникновения задиров на деталях поршневой группы их ресурс снижается более чем на 40 %. При холодном запуске двигатель дополнительно прогревается сам при более высоких холостых оборотах. Для предотвращения нежелательных последствий, а также для создания более благоприятных условий для запуска дизельного агрегата, снижения расхода топлива предлагается использовать предпусковой подогреватель с внешним источником питания от электросети 220 В. С целью облегчения пуска дизельного двигателя следует обеспечить подогрев топливной магистрали и фильтров топливного насоса. Для исключения кислородного голодания двигателя вследствие образования инея на фильтроэлементах и повышения стабильности работы двигателя необходимо обеспечить подогрев воздушного фильтра.

Ключевые слова: топливозаправщик, наконечник нижней заправки, авиационное топливо, агрегаты топливозаправщика, Крайний Север.

Для цитирования: Савушкин С.А. Особенности эксплуатации авиационных топливозаправщиков в условиях Крайнего Севера / С.А. Савушкин, К.Э. Балышин, А.Н. Козлов, А.А. Браилко // Научный Вестник МГТУ ГА. 2023. Т. 26, № 5. С. 53–64. DOI: 10.26467/2079-0619-2023-26-5-53-64

Operation features of aviation tankers in the conditions of the Far North

S.A. Savushkin¹, K.E. Balyshin¹, A.N. Kozlov¹, A.A. Brailko¹

¹ *Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

Abstract: Huge territories of the Russian Federation are occupied by permafrost. Often aviation is the only mode of transport that connects remote north areas of the country with the rest of Russia. The main feature of permafrost regions is the harsh climate, which includes low negative temperatures, an abundance of snow and strong winds. Such conditions make it extremely difficult to operate ground vehicles that service and maintain flights. In recent years, more and more domestic tankers have been exhausting their life span. At present, a significant number of northern refueling complexes have switched to the operation of foreign tankers based on Volvo and Mercedes-Benz tractors. The operation of these vehicles has already revealed a series of shortcomings which extremely complicate the normal procedures. There is an acute need to refine the components and assemblies in order to reduce the failures that affect the regularity and safety of aircraft flights. One of the main problems of fuel tankers operation at low temperatures is the malfunction of the electropneumatic bottom valve, due to its freezing. The paper proposed replacing this problematic node with a mechanical bottom valve, which is not susceptible to low temperatures. In order to avoid cracking of rubber products of the underwing refueling nozzle and to increase the flexibility of the dispensing hoses, it is proposed to carry out heating of the glass of the refueling nozzle and the filling module by means of exhaust gas bypass and pumping hot coolant through the system of nozzles. The most serious problems are the difficulties of operating a diesel-powered tractor at low temperatures. Problems arise already at startup. Diesel fuel at low subzero temperatures can thicken or even solidify, the lubricant also thickens. There have been cases when the startup was complicated by low compression in the cylinders. But even if the engine was able to start, after a while it may start to stall. This is due to oxygen starvation, which occurs because the icy air entrains water, which is deposited as frost on the air filters, thereby blocking the oxygen supply to the engine. After prolonged parking at low temperatures, during the first seconds of starting the piston engine, the parts come into contact with each other without lubrication. The reason is the viscosity of the oil which decreases at extremely low temperatures, therefore, in order for the lubricant to reach the end users through narrow oil pipelines, it takes some time to warm up (about 10 minutes). As a result of such cold starts and the risk of bullying on the parts of the piston group, their durability is reduced by more than 40%. When starting cold, the engine additionally warms up itself at higher idle speeds. To prevent undesirable consequences, as well as to create more favorable conditions for starting the diesel unit, reducing fuel consumption, it is proposed to use a pre-heater with an external power source from the 220 V electrical network. In order to facilitate the start of the diesel engine, it is necessary to provide the heating of the fuel line and fuel pump filters. To eliminate oxygen starvation of the engine, due to the formation of frost on the filter elements, and to increase the stability of the engine, it is necessary to provide the heating of the air filter.

Key words: tanker, the tip of the underwing refueling nozzle, aviation fuel, tanker units, the Extreme North.

For citation: Savushkin, S.A., Balyshin, K.E., Kozlov, A.N., Brailko, A.A. (2023). Operation features of aviation tankers in the conditions of the Far North. *Civil Aviation High Technologies*, vol. 26, no. 5, pp. 53–64. DOI: 10.26467/2079-0619-2023-26-5-53-64

Введение

Обширные пространства Сибири и Дальнего Востока и слабо развитые наземные пути сообщения в этих регионах, делают воздушный транспорт для этих регионов стратегически важным видом транспорта. Воздушные авиаперевозки, выполняя важнейшую социально-экономическую роль, обеспечивая наиболее быструю связь с остальной территорией России и жизненно необходимую транспортную доступность населения к стратегически важным регионам Российской Федерации (РФ).

Особую роль воздушный транспорт играет в крупнейшем регионе РФ Республике Саха (Якутия), которая остается наиболее изо-

лированным и труднодоступным регионом страны [1].

Особенностью региона является резко континентальный климат, который отличается продолжительным зимним и коротким летним периодами. Апрель и октябрь в Якутии – зимние месяцы. Разница температур самого холодного месяца (января) и самого теплого (июля) составляет 80...90 °С. По абсолютной величине минимальной температуры (в восточных горных системах – котловинах, впадинах и других понижениях – до –70 °С) и по суммарной продолжительности периода с отрицательной температурой (от 6,5 до 9 месяцев в год) республика не имеет аналогов в Северном полушарии [2].



Рис. 1. Внешний вид ТЗА
Fig. 1. The appearance of the aerodrome refueling tanker



Рис. 2. Электропневматический
донный клапан
Fig. 2. Electropneumatic bottom valve



Рис. 3. Наконечник ННЗ
Fig. 3. NNZ tips



Рис. 4. Разрушение
переходника
Fig. 4. Destruction of the adapter

Обеспечение регулярности и безопасности выполнения полетов воздушных судов (ВС) в данных условиях во многом зависит от своевременности проведения топливозаправочных работ. Как правило, заправка ВС на аэродромах Республики Саха осуществляется топливозаправщиками аэродромными (ТЗА) (рис. 1). Анализ опыта эксплуатации ТЗА при экстремально низких температурах показывает, что происходят сбои в работе отдельных узлов и агрегатов, вплоть до выхода из строя, что в свою очередь негативно сказывается на работе самого ТЗА [3].

Авторами проведен анализ отказов узлов и агрегатов ТЗА, возникающих при их эксплуатации в условиях экстремально низких температур, основными из которых являются:

- 1) залипание и примерзание донного клапана автоцистерны (рис. 2);
- 2) замерзание и растрескивание резино-технических изделий на наконечнике нижней заправки (ННЗ) (рис. 3);
- 3) поломки элементов конструкции ТЗА (рис. 4);
- 4) повышенный износ шин, колес и ходовой части тягача;
- 5) разрушение элементов системы регулирования давления для защиты ВС от гидродара и чрезмерно увеличенного расхода (рис. 5, а, б).

Очевидно, что перечисленные проблемы работы деталей и узлов ТЗА в таких условиях эксплуатации косвенно или напрямую будут влиять на обеспечение регулярности и безопасности полетов ВС. Поэтому решение вопроса эксплуатации ТЗА с учетом клима-

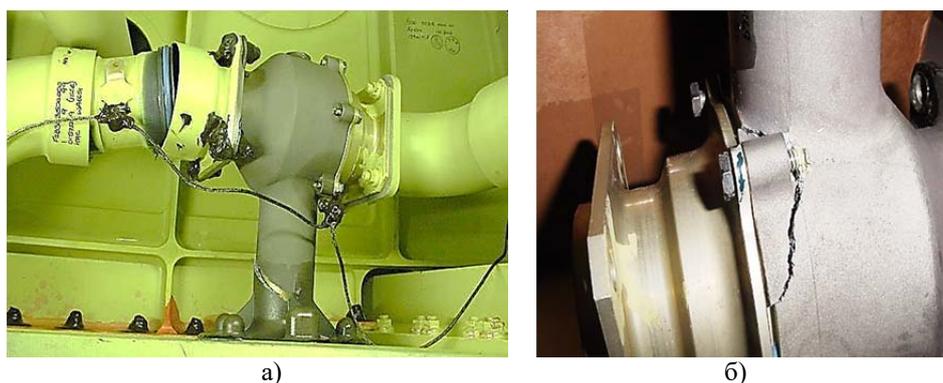


Рис. 5. Разрушение элементов системы регулирования давления для защиты ВС от чрезмерного расхода и давления гидроудара (пульсации): а – разъединение; б – трещина

Fig. 5. Destruction of elements of the pressure control system to protect the aircraft from excessive flow and pressure of the water hammer (pulsation): а – separation; б – crack

тических условий является актуальной проблемой для регионов Крайнего Севера. С целью снижения возникающих отказов деталей и узлов ТЗА, а также предложения путей решения данного вопроса рассмотрим причины их появления.

Причины возникновения неисправностей и пути их решения

Как отмечалось выше, безопасность и регулярность полетов в наибольшей мере зависит от качественной, вовремя проведенной, безопасной заправки воздушного судна авиа-ГСМ [4]. На основе этого к топливозаправщикам предъявляется ряд требований, основным из которых является обязательность выполнения следующих функций:

- 1) наполнения собственной цистерны нижним наливом сторонним насосом;
- 2) транспортирования топлива к местам заправки ВС;
- 3) нижней заправки ВС через один рукав или два рукава;
- 4) регулирования режимов заправки;
- 5) снижения давления в раздаточных рукавах;
- 6) фильтрации, водоотделения и измерения количества авиатоплива (с заданными значениями тонкости фильтрации и содержания механических примесей) и дозированного введения ПВКЖ в авиатопливо после фильтров-водоотделителей;

- 7) измерения количества выданного топлива при заправке ВС;
- 8) отбора проб и локализации остатков;
- 9) предотвращения гидроударов, защиты от гидроударов и повышения давления в системе топливных трубопроводов;

10) слива топлива из цистерны самотеком.

Для выполнения перечисленных основных функций ТЗА оснащается специальным оборудованием. Во-первых, цистерной, оснащенной люками и волнорезами. Во-вторых, модулем заправки, включающим в себя фильтры, насос, массомер либо объемный расходомер, раздаточные рукава. В-третьих, системой дозирования противоводокристаллизационной жидкости, различными системами управления технологическим оборудованием ТЗА¹ [5]. Все специальное оборудование выполнено из различных материалов, имеет конструктивные особенности и особенности эксплуатации.

Топливозаправщик аэродромный – это специализированный автомобиль, предназначенный для перевозки авиатоплива и заправки ВС [6]. Чаще всего зарубежные производители не гарантируют стабильную работу своих ТЗА в условиях сильных отрицательных температур. Стоит отметить, что в Яку-

¹ ГОСТ Р 18.12.01. Технологии авиатопливообеспечения. Функциональные и технологические параметры авиатопливозаправщиков (топливозаправщиков) аэродромных. Требования заказчика. М.: Стандартинформ, 2015. 30 с.

тии столбики термометров довольно часто опускаются до значений -70°C , и, несмотря на это, в регионе используются все общеизвестные виды техники, за исключением, разве что, трамваев [7]. На меньшие температуры серийные автомобили не рассчитаны. При таких особенностях особенно важно правильно подходить к вопросу эксплуатации ТЗА при больших отрицательных температурах.

Анализ опыта эксплуатации ТЗА на базе зарубежной техники показывает, что зачастую она не приспособлена под российские холодные зимы [8]. Такие именитые бренды, как Volvo и Mercedes-Benz, оказываются беспомощны в районах Сибири и Дальнего Востока.

Одной из наиболее распространенных проблем является нарушение работы донного клапана [9]. Основная причина выхода его из строя – нехватка усилия для его открытия. Клапан установлен в нижней части ТЗА (рис. 6) и может длительное время не использоваться, что приводит к накоплению влаги в нижней точке. С целью исключения данного недостатка и обеспечения выполнения донным клапаном своей функции целесообразно выполнить конструктивную доработку, позволяющую обеспечить его открытие.

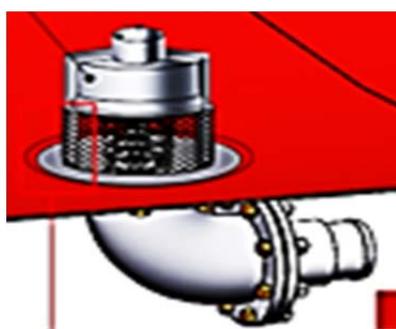


Рис. 6. Донный клапан
Fig. 6. Bottom valve

Донный клапан устанавливается в нижней точке цистерны и является по своей сути дополнительной запорной арматурой (рис. 6). Этот элемент имеет такую конструкцию, что при открытии он опускается вниз, тем самым обеспечивается полное опорожнение цистерны.

Конструкционно, он представляет собой цельнометаллический корпус, в который встроен скоростной клапан. Корпус донного клапана имеет небольшую монтажную длину, позволяющую выполнить его компактное размещение в технологическом блоке автоцистерны.

Поршень, регулируемый в автоматическом режиме приводит в движение клапан. При закрытии поршень поднимается вверх, прижимая клапан. Для достижения максимально герметичного соединения применяются прокладки, которые устанавливаются между седлом и золотником.

Конструкция донного клапана проста, обеспечивает безопасность, защиту окружающей среды, позволяет использовать его в сочетании с другими изделиями [10]. С целью предотвращения попадания грязи и посторонних предметов при сливноналивных операциях предусмотрена защитная сетка.

Недостатком клапана является то, что воздух поступает неосушенный, вследствие чего в системе через определенное время скапливается влага. Собравшийся конденсат стекает на движущиеся элементы и соединения, прочно связывая их при отрицательных температурах, поэтому донный клапан не открывается, теряя свою работоспособность.

Предложение – заменить пневмоэлектрический клапан механическим (рис. 7) для повышения надежности элемента и избегания примерзания из-за скапливающейся влаги.

В условиях отрицательных температур количество свободной воды в авиатопливе приводит к замерзанию донного клапана [11]. Учитывая, что количество ее небольшое, усилие электромеханизма недостаточно для открытия клапана. Авторами выполнен расчет по проведению конструктивной доработки по замене на механическое открытие клапана. Такая доработка позволит увеличить усилие срабатывания, тем самым обеспечится бесперебойное открытие и закрытие клапана, несмотря на примерзание его подвижных частей, а следовательно, бесперебойная работа ТЗА.

Второй значимой проблемой являются подтекания наконечника нижней заправки в местах подвижных соединений и уплотни-



Рис. 7. Механический донный клапан
Fig. 7. Mechanical bottom valve



Рис. 8. Доработанный стакан ННЗ
Fig. 8. Modified docking point of the underwing refueling nozzle tip

тельных резинотехнических изделий. ННЗ широко применяется как в гражданской, так и в государственной авиации, выполняет роль соединительного элемента между заправочным рукавом и бортовым заправочным штуцером [12]. Наконечник нижней заправки состоит из трех основных модулей: шарового крана с фильтром, регулятора давления и непосредственно наконечника.

Так как ННЗ – это технологически сложное устройство, имеющее в своем составе одно или несколько шарнирных соединений, на местах их соединений используются различные резинотехнические изделия. Зачастую производитель

не рассчитывает на эксплуатацию подобных элементов в условиях низких отрицательных температур. В связи с этим резиновые уплотнители усаживаются, а порой даже трескаются. Это влечет за собой потерю герметичности и подтекания керосина.

Предложение – для предотвращения замерзания резинотехнических изделий на ННЗ, необходимо подогревать место хранения наконечника (так называемого стакана ННЗ) путем циркуляции охлаждающей жидкости из системы охлаждения двигателя тягача по подведенным трубкам к дну стакана ННЗ (рис. 8).

Авторами проведены необходимые расчеты по подводу к дну стакана нагретой жидкости из системы охлаждения двигателя после его охлаждения. Проведен выбор материалы трубок, их длина и диаметр проходного сечения. Жидкость под действием принудительной циркуляции будет обогревать ННЗ и возвращаться обратно в систему охлаждения двигателя. Данная доработка позволяет добиться поддержания положительной температуры на ННЗ и уменьшить воздействие отрицательных температур на резиновые уплотнители, что позволяет уменьшить количество неисправностей ННЗ (рис. 8). Кроме того, предложенная доработка не оказывает влияния на работоспособность системы охлаждения двигателя, так как не меняет принцип ее работы, а только увеличивает путь прохождения жидкости.

Шины колес также подвержены воздействию низких температур. При больших отрицательных температурах резина твердеет. Отвердевание резины приводит к повышенному износу шины и растрескиваниям [13], которые могут повлечь за собой взрыв шины, что может повлиять на безопасность эксплуатации топливозаправщика.

Шины на ТЗА имеют большие размеры и внутреннее давление (рис. 9), что при их разрушении несет в себе следующий набор рисков. В зависимости от того, груженный автомобиль или пустой, давление в шинах может колебаться от 6 до 9 атмосфер. В случае прокола, пореза или иного повреждения может происходить увеличение давления, которое в некоторых случаях можно сравнить с давлением взрыва ручной гранаты. В практике авиатопливообеспечения были случаи взрыва бескамерной шины под крылом воздушного судна. Безусловно, бескамерная шина намного технологичнее и имеет ряд преимуществ перед камерной шиной [14].

Предложение – для обеспечения безопасности полетов, уменьшения износа и избегания нештатных проколов и взрывов заменить шины ТЗА на камерные. С этой целью разработчикам ТЗА представлены необходимые обоснования.



Рис. 9. Внешний вид шин ТЗА
Fig. 9. Appearance of the refueling tanker tires

Сильное влияние низкие отрицательные температуры оказывают и на раздаточные рукава. Несложно догадаться, что все рукава производят из резины. При длительном воздействии низких отрицательных температур раздаточные рукава твердеют. Их эксплуатация зачастую становится либо сложной, либо абсолютно невозможной. В отвердевшем состоянии рукав тяжело развернуть, произвести заправку и намотать обратно на барабан, так как он очень плохо поддается сгибанию.

Существует две основные разновидности раздаточных рукавов. Отечественные производители выпускают рукава, которые выдерживают четырехкратное увеличение гидравлического давления. Такие рукава в наружном резиновом слое имеют нитяной каркас и крученую медную проволоку (нить) по всей длине. Свернуть такие рукава, заполненные топливом, практически невозможно, поэтому, перед тем как наматывать рукав на барабан, топливо откачивается обратно в цистерну ТЗА. Главной особенностью зарубежных раздаточных рукавов является их возможность свернуть рукав без слива топлива. Необходимо лишь стравить рабочее давление, после чего раздаточный рукав без труда можно намотать на барабан.

На практике эксплуатация раздаточных рукавов сильно усложняется при низких отрицательных температурах. Рукава твердеют и почти не поддаются сгибанию. Из-за этого сложно производить размотку, заправку и намотку обратно на барабан.



Рис. 10. Подогрев ТЗА внешним источником питания
Fig. 10. Heating of the refueling tanker using an external power source

Наиболее разумным решением является подогрев заправочного модуля. Следует сконструировать патрубок, по которому горячий воздух от двигателя будет подаваться в заправочный модуль, тем самым не давая твердеть раздаточным рукавам. Еще одним способом упрощения эксплуатации является откачка топлива из рукавов обратно в цистерну ТЗА перед намоткой рукава на барабан. Такая доработка является несложной в плане трудозатрат и изменения конструкции заправочного модуля, однако позволяет бесперебойно обеспечивать выполнение функциональных задач ТЗА, а значит, и обеспечивать регулярность полетов ВС в условиях больших отрицательных температур.

Одними из ключевых проблем являются сложности эксплуатации тягача на дизельном топливе при низких температурах [15]. Проблемы возникают уже при запуске. Дизельное топливо при низких отрицательных температурах может густеть или даже застывать, смазка тоже густеет. Бывали случаи, когда запуск был осложнен низкой компрессией в цилиндрах. Но даже если двигатель удалось запустить, через некоторое время он может начать глохнуть. Связано это с кислородным голоданием, которое возникает в связи с тем, что ледяной воздух несет в себе воду, которая осаживается инеем на воздушных фильтрах, перекрывая тем самым подачу кислорода в двигатель.

После длительной стоянки при низких температурах в первые секунды запуска поршневого двигателя детали соприкасаются

между собой без смазывания. Это происходит из-за того, что вязкость масла при экстремально низких температурах уменьшается, поэтому, чтобы смазка попала к потребителям по узким маслопроводам, необходимо некоторое время для прогрева (около 10 минут). Вследствие таких холодных запусков и риска возникновения задигов на деталях поршневой группы их ресурс снижается более чем на 40 %. При холодном запуске двигатель дополнительно прогревается сам при более высоких холостых оборотах.

Предложение 1. Для предотвращения нежелательных последствий, а также для создания более благоприятных условий для запуска дизельного агрегата, снижения расхода топлива используются предпусковые подогреватели с внешним источником питания от электробытовой сети 220 В. Предпусковой подогреватель имеет внутри нагревательный элемент (кипятильник/тэн). Устройство подключается к системе охлаждения двигателя с рабочей жидкостью антифриз или тосол. Охлаждающая жидкость начинает подогреваться до 60–70 °С, вследствие чего она начинает двигаться, тем самым прокачивается по всему двигателю. Чтобы эффективнее обеспечить прокачку без насоса, подогреватель ставится в самую нижнюю точку двигателя. После достижения заданной температуры реле автоматически отключит подогреватель, а затем вновь включится.

В условиях Крайнего Севера при низких температурах остро стоит необходимость

облегчения старта двигателя тягача. Двумя основными проблемами, которые требуют решения, являются холодное дизельное топливо и забивка воздушных фильтров инеем.



Рис. 11. Обогреватель топливной магистрали без патрубка

Fig. 11. Fuel line heater without the pipe

Предложение 2. Дополнительный обогрев дизельного топлива.

Обогрев топлива следует производить в два этапа:

- 1) обогрев фильтров топливного насоса, расположенного сразу после бака;
- 2) обогрев топливоведущей магистрали.

Фильтр грубой очистки подогревается электрически от бортовой системы электропитания 24 В. Данного прогрева достаточно, чтобы накопить количество топлива, необходимое для разогрева, запуска двигателя и первых минут работы. Данная система включается водителем принудительно из кабины.

Вторым этапом является обогрев топливной магистрали. Исполнение на автомобиле выполнено следующим образом: топливный шланг, пролегающий от топливного насоса до блока цилиндров, заворачивается в электроподогреваемую сетку, а она в теплоизоляционный материал, после чего весь этот «сэндвич» кладется в пластмассовый патрубок для обеспечения прочности и безопасности топливной магистрали (рис. 11).

Это поможет запускаться более плавно и обеспечит более качественное сгорание топлива, за счет его подогрева.

Предложение 3. Подогрев воздушного фильтра за счет перепуска выхлопных газов. На корпус воздушного фильтра устанавливается система из патрубков, соединенных с выхлопной системой двигателя. Это позволит осуществить подогрев фильтра и исключить возможность образования инея на фильтро-элементах.

Такая доработка позволит исключить кислородное голодание двигателя и обеспечит стабильную работу, несмотря на низкие отрицательные температуры, а значит, обеспечить своевременную подачу ТЗА для выполнения заправки ВС.

Заключение

В результате проведенного анализа были сформулированы следующие выводы.

1. С целью обеспечения бесперебойной эксплуатации ТЗА стоит заменить электропневматический донный клапан механическим. Это увеличит надежность данного агрегата, позволит избежать излишнего контроля и снизит риск задержки заправки в связи с его неоткрытием.

2. С целью уменьшения подтеканий с ННЗ стоит предусмотреть подогрев места установки ННЗ – стакана ННЗ. Это уменьшит вероятность выхода из строя резинотехнических изделий на ННЗ.

3. С целью увеличения безопасности и долговечности работы шин стоит заменить бескамерные шины ТЗА камерными.

4. С целью избегания отвердевания раздаточных рукавов необходимо подвести горячий воздух от двигателя в заправочный модуль.

5. С целью уменьшения износа двигателя и повышения его ресурса необходима установка предпускового подогревателя с внешним источником питания.

6. С целью облегчения пуска дизельного двигателя следует обеспечить подогрев топливной магистрали и фильтров топливного насоса.

7. С целью исключения кислородного голодания и повышения стабильности работы

двигателя необходимо обеспечить подогрев воздушного фильтра для исключения образования инея на фильтроэлементах.

Список литературы

1. Саввина А.М. Стратегия развития авиационной отрасли в Республике Саха (Якутия) // Наука и техника в Якутии. 2019. № 1 (36). С. 16–18. DOI: 10.24411/1728-516X-2019-10003

2. Горбунов В.П. Проблемы эксплуатации современных самолетов в условиях низких и сверхнизких температур Сибири, Севера и Арктики // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 204. С. 110–114.

3. Лоренц В. Заправка воздушных судов топливом посредством аэродромных заправщиков и заправочных агрегатов ЦЗС // Современное оборудование и системы для хранения горюче-смазочных материалов и топливозаправки в аэропортах: тезисы докладов технического симпозиума объединения ГАРА (ФРГ). Москва, 23–25 сентября 1986 г. С. 206–224.

4. Щипакин А.А. Технические средства авиатопливообеспечения: учеб. пособие. В 3 ч. Ч. 2: Технические средства заправки воздушных судов. Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2015. 183 с.

5. Веретин С.В., Маркелов А.В. Перспективные технические средства службы горючего для эксплуатации в условиях Крайнего Севера // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. 2016. № 3 (39). С. 112–114.

6. Назметдинов И.М., Зенков В.Ю., Габдрашитов И.Р. и др. Топливомаслозаправщик для особых условий. Патент ПМ № RU 204113 U1, МПК В60Р 3/22, В60S 5/02: опубл. 07.05.2021. 14 с.

7. Маркелов А.В., Веретин С.В. Топливомаслозаправщик для эксплуатации в условиях Арктики // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. 2016. № 4 (40). С. 84–87.

8. Чакрян Г.С., Адонин Н.В., Заморщиков А.С. Необходимость применения модифицированных технических средств службы горючего в Арктической зоне Российской Федерации // Современные проблемы создания и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники: сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 14–15 декабря 2016 г. СПб.: Арт-Экспресс, 2016. Т. 1. С. 61–66.

9. Матвеев Г.Г., Иванов Д.А., Петрова Т.В. Исследование особенностей эксплуатации легкомоторных самолетов с поршневыми двигателями в условиях Крайнего Севера // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2021. № 1 (30). С. 112–121.

10. Маслов А.А., Теслин Д.М. Автоматизированный топливозаправщик воздушных судов // Интеллектуальный потенциал Сибири: материалы 29-й региональной научной студенческой конференции, посвященной Году науки и технологии в России. Новосибирск, 17–21 мая 2021 г. / Под ред. Д.О. Соколовой. В 5 ч. Ч. 4. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2021. С. 411–414.

11. Сайфуллин И.Р., Султанмуратов В.Ю., Хасанов Н.С. Крайний Север России и актуальные вопросы и проблемы развития авиации // Студенческий форум. 2022. № 4-2 (183). С. 31–32.

12. Горбунов В.П. Перспективы развития региональной авиации Крайнего Севера и задачи увеличения транспортной доступности Арктики и Дальнего Востока // Арктика: экология и экономика. 2022. Т. 12, № 3. С. 367–375. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-3-367-375

13. Ахунов А.Р., Мальцев Г.Ю., Филатов Е.В. Проблемы развития авиации на территориях Крайнего Севера России // Молодой исследователь: вызовы и перспективы: сборник статей по материалам ССXLII Международной научно-практической конференции. Москва, 27 декабря 2021 г. М.: Интернаука, 2021. Т. 47 (242). С. 381–383.

14. **Асметков И.Д.** Свойства резины при низкой температуре и контакте с топливом / И.Д. Асметков, А.В. Дедов, Д.В. Колотилин, Ю.Н. Рыбаков // *Материаловедение*. 2020. № 3. С. 45–48.

15. **Федорова А.Ф.** Влияние низких температур и нефтяной среды на свойства морозостойких уплотнительных резин: дисс. ... канд. техн. наук. Якутск, 2003. 169 с.

References

1. **Savvina, A.M.** (2019). Development strategy for the aviation industry in the Republic of Sakha (Yakutia). *Nauka i tekhnika v Yakutii*, no. 1 (36), pp. 16–18. DOI: 10.24411/1728-516X-2019-10003 (in Russian)

2. **Gorbunov, V.P.** (2014). Problems related to the operation of modern aircraft under the conditions of low and ultralow temperatures in Siberia, North and the Arctic. *Nauchnyy Vestnik MGTU GA*, no. 204, pp. 110–114. (in Russian)

3. **Lorents, V.** (1986). Refueling aircraft with fuel using airfield tankers and refueling units of the Central Fueling Station/Modern equipment and systems for storing fuel and lubricants and refueling in airports: proceedings of technical symposium of the GARA association. In: *Sovremennoye oborudovaniye i sistemy dlya khraneniya goryuche-smazochnykh materialov i toplivozapravki v aeroportakh: tezisy dokladov tekhnicheskogo simpoziuma obyedineniya GARA (FRG)*, pp. 206–224. (in Russian)

4. **Shchipakin, A.A.** (2015). Technical means of aviation fuel supply: Textbook. In 3 parts. Part 2: Equipment for refueling aircraft. Ulyanovsk: UVAU GA (I), 183 p. (in Russian)

5. **Veretin, S.V., Markelov, A.V.** (2016). Perspective technical means of fuel service for operation in the conditions of far North. *Nauchnyy vestnik VVIMO: voyenno-nauchnyy jurnal*, no. 3 (39), pp. 112–114. (in Russian)

6. **Nazmetdinov, I.M., Zenkov, V.Yu., Gabdrashitov, I.R. et al.** (2021). Fuel and oil tanker for special conditions. Patent PM RU no. 204113 U1, IPC B60P 3/22, B60S 5/02: publ. May 07, 14 p. (in Russian)

7. **Markelov, A.V., Veretin, S.V.** (2016). Fueltanker for operation in Arctic conditions. *Nauchnyy vestnik VVIMO: voyenno-nauchnyy jurnal*, no. 4 (40), pp. 84–87. (in Russian)

8. **Chakrian, G.S., Adonin, N.V., Zamorshchikov, A.S.** (2016). The necessity of using modified technical means of fuel service in the Arctic zone of the Russian Federation. In: *Sovremennyye problemy sozdaniya i ekspluatatsii vooruzheniya, voyennoy i spetsialnoy tekhniki: sbornik statey III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. St. Petersburg: Art-Ekspress, vol. 1, pp. 61–66. (in Russian)

9. **Matveev, G.G., Ivanov, D.A., Petrova, T.V.** (2021). Research of operating features of light-engine aircraft with piston engines in the Hard North conditions. *Vestnik SPbGU GA*, no. 1 (30), pp. 112–121. (in Russian)

10. **Maslov, A.A., Teslin, D.M.** (2021). Automated aircraft tanker. In: *Intellektualnyy potentsial Sibiri: materialy 29-y regionalnoy nauchnoy studencheskoy konferentsii, posvyashchennaya godu nauki i tekhnologii v Rossii*. In 5 parts. Part 4, in Sokolova D.O. (Ed.). Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, pp. 411–414. (in Russian)

11. **Saifullin, I.R., Sultanmuratova, V.Yu., Khasanov, N.S.** (2022). The Far North of Russia and current issues and problems of aviation development. *Studencheskiy forum*, no. 4-2 (183), pp. 31–32. (in Russian)

12. **Gorbunov, V.P.** (2022). Prospects for the development of regional aviation in the Far North and the tasks of increasing the transport accessibility of the Arctic and the Far East. *Arctic: ecology and economy*, vol. 12, no. 3, pp. 367–375. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-3-367-375 (in Russian)

13. **Akhunov, A.R., Maltsev, G.Yu., Filatov, E.V.** (2021). Problems of aviation development in the territories of the Far North of Russia. In: *Molodoy issledovatel: vyzovy i perspektivy: sbornik statey po materialam CCXLII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Moscow: Internauka, pp. 381–383. (in Russian)

14. **Asmetkov, I.D., Dedov, A.V., Kolotilin, D.V., Rybakov, Yu.N.** (2020). Properties of rubber under low temperature and fuel contact. *Materialovedenie*, no. 3, pp. 45–48. (in Russian)

15. **Fedorova, A.F.** (2003). The influence of low temperatures and the oil environment on the properties of frost-resistant sealing rubbers: Candidate of Technical Sciences Thesis. Yakutsk, 169 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Савушкин Сергей Александрович, преподаватель кафедры авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов МГТУ ГА, s.savuschkin@mstuca.aero.

Балышин Кирилл Эдуардович, преподаватель кафедры авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов МГТУ ГА, k.balyshin@mstuca.aero.

Козлов Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов МГТУ ГА, a.kozlov@mstuca.aero.

Браилко Анатолий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов МГТУ ГА, a.brailko@mstuca.aero.

Information about the authors

Sergey A. Savushkin, Lecturer of the Aviation Fuel Supply and Aircraft Repair Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, s.savushkin@mstuca.aero.

Kirill E. Balyshin, Lecturer of the Aviation Fuel Supply and Aircraft Repair Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, k.balyshin@mstuca.aero.

Alexander N. Kozlov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Aviation Fuel Supply and Aircraft Repair Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, a.kozlov@mstuca.aero.

Anatoly A. Brailko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Aviation Fuel Supply and Aircraft Repair Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, a.brailko@mstuca.aero.

Поступила в редакцию	23.03.2023	Received	23.03.2023
Одобрена после рецензирования	05.05.2023	Approved after reviewing	05.05.2023
Принята в печать	21.09.2023	Accepted for publication	21.09.2023