

УДК 621.436.01

sawina@mail.ru

**ОБ АКТИВНОМ СПОСОБЕ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТАЦИИ
СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ТОПЛИВОМ ДИЗЕЛЯ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ
К НИЗКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ**

**ABOUT THE ACTIVE WAY OF INCREASE OF ADAPTATION
OF THE FUEL SUPPLY SYSTEM FIRE TRUCK DIESEL
TO LOW TEMPERATURES**

*Савин М. А., кандидат технических наук,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,
Федотов В. В., ГКУ Республики Бурятия по делам ГО,
ЧС и обеспечению пожарной безопасности, Оер,
Борисов А. Л., Уральский институт
ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Savin M. A., Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg,
Fedotov V. V., State Public Institution for Civil Defence,
Emergency Situations and Fire Safety of the Republic of Buryatia, Oer,
Borisov A. L., Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Отказы и неисправности системы питания топливом дизеля пожарного автомобиля (ПА) исполнения У в низкотемпературных условиях, связанные с применением топлива, не в полной мере соответствующего температуре окружающей среды, предлагается исключить посредством повышения его температуры в баке. Для этого излишки топлива, ранее нагретого в функционирующих топливном насосе высокого давления (ТНВД) и форсунках, дополнительно интенсивно подогревают в полости рубашки охлаждения работающего компрессора рабочей тормозной системы базового шасси за счет утилизации теплоты, выделяющейся при его работе, и лишь затем направляют для дренажа в бак. В баке «зимний» сливной топливопровод и топливозаборный патрубок агрегируются в узел слива и забора топлива, который конструктивно оформлен либо в виде классического струйного насоса, либо по схеме «труба в трубе», причем рабочей жидкостью является горячее топливо.

В статье приведены результаты сравнительных экспериментов, которые убедительно свидетельствуют об эффективности разработанного и апробированного технического решения.

Ключевые слова: низкие температуры, пожарный автомобиль, дизельный двигатель, система питания топливом, выпадение парафинов, подогрев топлива, компрессор.

Failures and malfunctions of the fuel supply system of a fire truck diesel engine (PA) in low-temperature conditions associated with the use of fuel that does not fully correspond to the ambient temperature, it is proposed to exclude by increasing its temperature in the tank. To do this, the excess fuel previously heated in the functioning high-pressure fuel pump and injectors is additionally intensively heated in the cavity of the cooling jacket of the working compressor of the working brake system of the base chassis by utilizing the heat released during its operation, and only then sent to the tank for

drainage. In the "winter" tank, the fuel drain line and the fuel intake pipe are aggregated into a fuel drain and intake unit, which is structurally designed either in the form of a classic jet pump, or according to the "pipe in a pipe" scheme, and the working fluid is hot fuel.

The article presents the results of comparative experiments that convincingly demonstrate the effectiveness of the developed and tested technical solution.

Keywords: low temperatures, fire truck, diesel engine, fuel supply system, paraffin loss, fuel heating, compressor.

Основным требованием, предъявляемым к системам питания топливом дизелей мобильных машин при их эксплуатации в условиях низких температур окружающей среды, является их способность обеспечивать бесперебойное поступление очищенного топлива к топливной аппаратуре силового агрегата. При работе дизеля в осенне-зимний период может произойти снижение или даже полная потеря работоспособности топливных фильтров в результате уменьшения их пропускной способности из-за отложений парафиновых углеводородов, образующихся в дизельном топливе при температуре его помутнения (для летнего топлива $-2...-5$ °С).

Известно, что с понижением температуры вязкость и плотность дизельных топлив возрастает. Это отрицательно влияет на процессы прокачиваемости через фильтры и форсунки, испарения и смесеобразования. Топливо сгорает не полностью, увеличивается его расход, ухудшается экономичность, повышается нагарообразование, возникает дымление, ухудшаются пусковые свойства двигателя внутреннего сгорания (ДВС) [1].

Одной из причин останова дизелей в осенне-зимние месяцы является применение топлива, не в полной мере соответствующего температуре окружающей среды. Это часто проявляется в осенне-зимнее межсезонье.

Применяемые дизельные топлива в соответствии с ГОСТ 305–82 классифицируются на летние (ДЛ и Л, используются при температуре окружающего воздуха от 0 °С и выше), зимние (З – при $t = -20$ °С и выше), северные (ДЗ и С – при

$t = -30$ °С и выше) и арктические (ДА и А – при $t = -30$ °С и ниже). При этом следует отметить, что зимнее дизтопливо не отличается от летнего ни по цвету, ни по запаху.

Химический состав дизельного топлива включает 10...40 % парафиновых углеводородов (алканов), порядка от 20...60 % могут быть наftenовые и 14...30 % ароматические углеводороды. Такой процентный разброс происходит из-за того, что у летнего дизельного топлива одно содержание указанных веществ, у зимнего – другое, а арктическое имеет свою формулу. Так, в состав летних дизельных топлив входят парафины с длиной цепи C_6-C_{27} , а в состав зимних – C_6-C_{19} [2]. Низкотемпературные свойства жидких углеводородных топлив зависят от группового и фракционного составов. Наихудшими низкотемпературными свойствами обладают парафины и ароматические углеводороды.

Наивысшую температуру, при которой дизельное топливо теряет текучесть, называют температурой застывания. Она должна быть на 8...2 °С ниже температуры окружающей среды [2].

При определенной температуре парафиновая группа начинает преобразовываться в кристаллы и превращаться в твердую фазу (парафиновые хлопья). Вязкость дизельного топлива возрастает, оно начинает мутнеть, затем перестает прокачиваться через фильтры и по окончании полностью становится застывшим [3].

Так, летние сорта топлива уже при $-3...-5$ °С загустевают и перестают нормально прокачиваться через топливные фильтры. Это обычно соответствует так

называемой температуре помутнения, то есть началу кристаллизации парафинов, содержащихся в топливе. При температуре примерно $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ такое топливо застывает. В результате этого значительно ограничивается поступление топлива к топливному насосу высокого давления, уменьшается циклическая подача его цилиндрических секций, что приводит к затруднению пуска, увеличению неравномерности работы цилиндров и падению мощности в период прогрева и работы дизеля, вплоть до его полной остановки. И тогда попытки запуска двигателя с загустевшей летней соляжкой без отогрева автомобиля практически всегда заканчиваются повреждением ТНВД. В такой ситуации не смогут помочь никакие средства для облегчения запуска дизелей, поскольку подача топлива в силовой агрегат нарушена. Более того, для некоторых моделей дизелей применение подобных средств опасно – известны случаи поломки поршней из-за быстрого воспламенения и сгорания веществ, содержащихся в этих средствах. И только зимнее дизельное топливо, у которого меньше вязкость и скорость ее возрастания при снижении температуры, может обеспечить надежную работу двигателя в холодное время года.

Один из неприятных периодов эксплуатации мобильной техники – осенне-зимнее межсезонье, когда температура окружающей среды колеблется от $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Если заправленное в бак летнее топливо не соответствует температуре окружающей среды, то возникает проблема транспортировки топлива в топливной системе силового агрегата, ухудшается его текучесть. Необходимо отметить, что зимнее топливо в межсезонье не всегда имеется в наличии на автозаправочных станциях. В таких ситуациях применяются наиболее распространенные виды дизельного топлива, но классом ниже.

Следовательно, имеет место проблема зимнего и межсезонного

периодов. Для ее разрешения науке и практике известен ряд технических решений.

Так, в известных конструкциях источником тепловой энергии для подогрева топлива служат как теплоносители, прогреваемые самим дизелем (сливаемое топливо, охлаждающая жидкость, моторное масло, отработавшие газы и др.), так и электрическая энергия от бортовой сети объекта применения дизеля. Например, топливные баки греют паяльными лампами либо при помощи теплоэлектронагревателей (ТЭН). Имеются конструктивные решения, которые также предусматривают электроподогрев топлива, но уже в фильтрах [4]. Естественно, при этом следует обратить серьезное внимание на соблюдение мер безопасности.

Также известно следующее техническое решение. Топливоподкачивающий насос низкого давления всегда подает топлива больше, чем необходимо для работы ТНВД дизеля, а его избыток вместе с попавшим в систему воздухом отводится обратно в бак [5]. Также в бак перепускается топливо, просочившееся в полости пружин форсунок. Известны варианты, когда отвод топлива может осуществляться к топливоподкачивающему насосу [6].

Особенностью еще одного технического решения является то, что дренаж излишков достаточно нагретого топлива из ТНВД и форсунок производится не в бак, а в топливный фильтр грубой очистки для минимизации отложения парафинов в нем, а также в топливопроводах, расположенных за данным фильтром [6].

Недостатком указанных технических решений является то, что парафины постепенно перекрывают сечения топливопровода низкого давления из бака, и тем самым уменьшается поступление достаточно холодного топлива в ДВС.

В качестве прототипа принято следующее техническое решение. Подогрев дизельного топлива при низких температурах осуществляется посредством лампочки накаливания [7]. Приспособление представляет собой размещенную в топливном баке вблизи топливозаборной сетки электрическую лампочку, работающую от бортовой сети автомобиля 12–24 В. Патрон лампочки хомутом крепится к топливозаборнику. Такое техническое решение, по заявлению автора, позволяет дизельному двигателю бесперебойно работать в условиях низких температур как на зимнем, так и на летнем топливе.

Ниже приведен ориентировочный расчет тепловой мощности нагревателя N (kWt), необходимой для подогрева летнего дизельного топлива от температуры его застывания до температуры помутнения по следующей зависимости [8]

$$N = C_p \cdot Q \cdot \Delta t / \tau,$$

где τ – время, с;

$C_p = 2,01 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ – изобарная теплоемкость летнего дизельного топлива [8];

Q – расход топлива. Так, для грузового автомобиля УРАЛ-43202 расход топлива составляет 40,50 л/100 км [9]. На пробег 70 км за один час соответственно 28,4 л/ч = 0,0079 л/с или, с учетом плотности дизтоплива, $Q = 0,0079 \cdot 0,86 \text{ кг/л} = 0,0068 \text{ кг/с}$;

Δt – перепад температур от температуры застывания летнего дизельного топлива равной -10°C до температуры помутнения -5°C [1]. Принимаем $\Delta t = 5^\circ\text{C}$.

Отсюда $N = 0,068 \text{ kWt} = 68 \text{ Вт}$.

Таким образом, полученная в результате расчета мощность нагревателя соответствует мощности, потребляемой автомобильной электрической лампочкой дальнего света.

Недостатком этого технического решения является его низкая надежность. Действительно, из-за вибрации и тряски механического транспортного средства

электрическая лампочка может перегореть или исчезнет контакт в её электропитании, т. е. все электрические соединения должны быть надежными. Таким образом, во-первых, необходимо исключить искрение вблизи горючей жидкости – дизельного топлива. Во-вторых, имеет место определенная сложность в контроле исправности электрической лампочки. В-третьих, нагреватель должен подключаться к сети через плавкий предохранитель. В-четвертых, мощность нагревателя должна быть пропорциональна градиенту температур помутнения топлива и окружающей среды, а также расходу топлива, т. е. необходимо следящее автоматическое устройство.

Задачей технического решения является обеспечение усиленного подогрева топлива в баке пожарного автомобиля (ПА) не только теплотой, выделяющейся при работе ТНВД и форсунок, но также за счет утилизации теплоты, выделяющейся при работе компрессора рабочей тормозной системы базового шасси. Предлагаемые минимальные конструктивные доработки предотвратят накопление парафина в фильтрах и топливопроводах, приводящего к останову дизельного двигателя в условиях низких температур, исключат срыв выполнения боевой задачи.

Производить дополнительный подогрев топлива в баке предлагается посредством подачи в рубашку охлаждения корпуса работающего компрессора рабочей тормозной системы базового шасси не охлаждающей жидкости ДВС, а излишков дизельного топлива, ранее подогретого в функционирующих ТНВД и форсунках и идущего на слив в бак.

Идея второй ступени подогрева топлива основана на относительно низких КПД поршневых компрессоров, которые применяются в рабочих тормозных системах. Известно, например, что мощность, потребляемая компрессором ЗИЛ-130-3509009-11, составляет от 0,8 до 2,1 кВт [10]. Кроме того, также известно, что КПД

поршневых вертикальных компрессоров составляет порядка 0,9 [11]. Другими словами, потери мощности в компрессоре на любом режиме его работы соизмеримы с величиной мощности нагревателя, необходимой для подогрева расхода топлива, необходимого для обеспечения движения автомобиля.

Задача решается тем, что на заводе-изготовителе топливный бак оснащают узлом слива-забора топлива, в котором зимний сливной топливопровод в сборе с топливозаборным патрубком конструктивно представляют собой классический струйный насос. Предлагается и другой вариант конструкции этого узла: топливозаборный патрубок с сеткой располагаются в баке коаксиально снаружи зимнего сливного топливопровода, т. е. по схеме «труба в трубе». Кроме того, временно на зимний период необходимо исключить подачу охлаждающей жидкости в рубашку охлаждения компрессора. Вместо нее подводят уже подогретые излишки топлива в ТНВД и форсунках через переключатель типа трехходового крана. Дополнительно подогретое топливо в рубашке охлаждения компрессора с помощью «зимнего» сливного топливопровода отводят в бак, тем самым передают теплоту запасу топлива в нем. Для минимизации диссипации теплоты сливным трубопроводом, размещенным после воздушного компрессора и до зимнего сливного топливопровода в топливном баке, его поверхности эффективно теплоизолируют, например, быстротвердеющей полиуретановой пеной [12].

На рис. 1 представлена одна из возможных схем реализации предложенного способа повышения адаптации системы питания топливом транспортного ди-

зеля к низким температурам (положение переключателя-трехходового крана и направление циркуляции топлива согласно стрелкам соответствует работе системы в низкотемпературных условиях).

Дизель ПА с системой питания топливом предлагаемой конструкции в условиях низких температур окружающего воздуха работает следующим образом.

В ходе сезонного технического обслуживания перед началом осенне-зимнего периода эксплуатации дополнительно проводятся следующие работы. Отсоединяют и глушат трубопроводы подвода/отвода охлаждающей жидкости к рубашке охлаждения компрессора (на рис. 1 условно не показаны). Затем к одному штуцеру рубашки охлаждения компрессора подключается топливопровод от переключающего устройства – трехходового крана 10, у которого предусмотрены два режима работы: «зима» и «лето». Осенью переключающее устройство необходимо установить в положение «зима». К отводящему штуцеру рубашки охлаждения компрессора подключают топливопровод 9, теплоизолированный полиуретановой пеной (на схеме рис. 1 условно не показана), другой конец которого присоединяют к «зимнему» сливному топливопроводу 12, расположенному в топливном баке 1, где будет осуществляться слив горячего топлива, причем вблизи топливозаборного патрубка. Конструкция и взаимное расположение в баке «зимнего» сливного топливопровода 12 и топливозаборного патрубка 14 с фильтрующей сеткой 13 таково, что они агрегируются и в сборе образуют узел слива-забора топлива в виде струйного насоса.

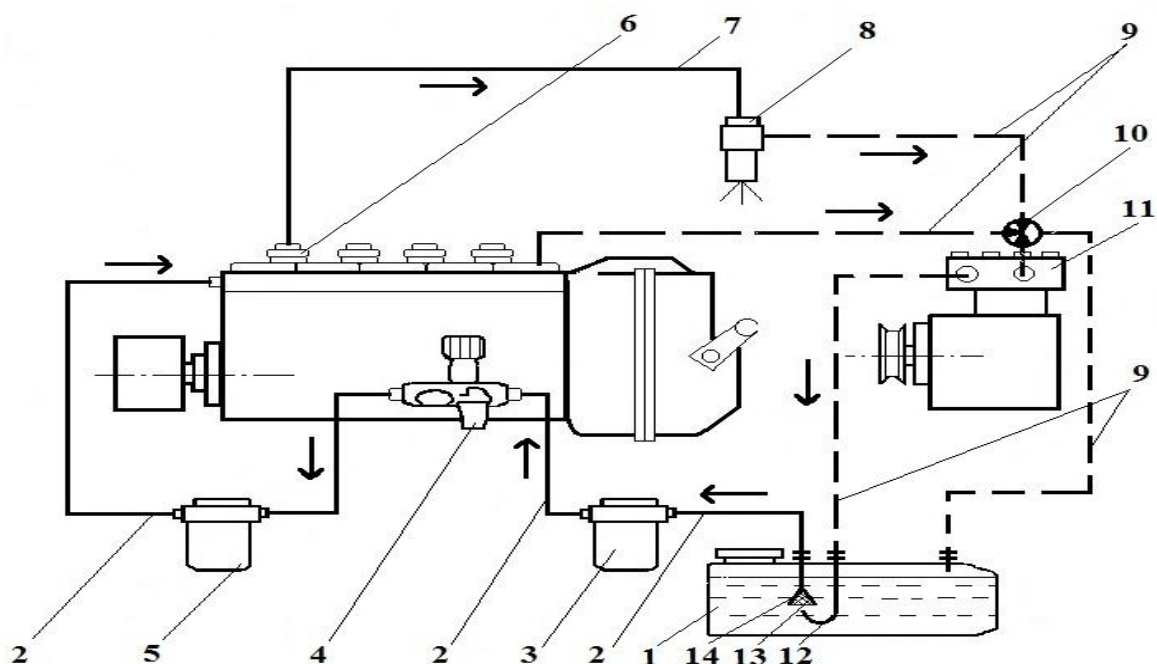


Рисунок 1. Одна из возможных схем реализации предложенного способа повышения адаптации системы питания топливом транспортного дизеля к низким температурам (положение переключателя-трехходового крана и направление циркуляции топлива согласно стрелкам соответствует работе системы в низкотемпературных условиях):

1 – топливный бак; 2 – топливопроводы низкого давления; 3 – фильтр грубой очистки топлива; 4 – топливоподкачивающие насосы; 5 – фильтр тонкой очистки топлива; 6 – топливный насос высокого давления (ТНВД); 7 – топливные магистрали высокого давления; 8 – комплект форсунок; 9 – топливопроводы для перепуска слива излишков топлива из ТНВД и форсунок в топливный бак; 10 – переключающее устройство (трехходовой кран) с двумя положениями: «зима» и «лето»; 11 – компрессор рабочей тормозной системы базового шасси с рубашкой жидкостного охлаждения; 12 – «зимний» сливной топливопровод; 13 – сетка-фильтр предварительной очистки топлива; 14 – топливозаборный патрубок

Таким образом, оба потока излишков топлива, ранее нагретых в функционирующих ТНВД и форсунках и предназначенных для дренажа в бак ПА, дополнительно интенсивно подогреваются от работающего компрессора рабочей тормозной системы базового шасси за счет теплоты, выделяющейся при его работе, и только потом сливаются в бак, тем самым передают теплоту запасу топлива в нем.

Перед пуском дизеля после длительной стоянки ПА водитель, посредством насоса ручной подкачки 4, заполняет систему питания топливом из бака 1 через сетку-фильтр предварительной очистки

топлива 13 и топливозаборный патрубок 14, топливопроводы низкого давления 2, фильтр грубой очистки топлива 3, фильтр тонкой очистки топлива 5, топливный насос высокого давления 6, а также удаляет воздух из системы.

Таким образом, сразу после пуска силового агрегата оба потока излишков дизельного топлива, нагретого в ТНВД 6 и форсунках 8, будут направляться в переключающее устройство – трехходовой кран 10. Затем уже по одному трубопроводу в рубашку охлаждения компрессора 11 для дополнительного подогрева, и только потом на слив через «зимний»

сливной топливопровод 12 в бак 1. В баке, благодаря струйным эффектам, элементарные струйки горячего топлива будут эжектировать молекулы находящегося там холодного топлива, смешиваться между собой в топливозаборном патрубке 14 и далее в топливопроводах низкого давления 2 и, особенно, в фильтре грубой очистки топлива 3. Другими словами, имеет место подпитка потока холодного топлива подогретым и в результате его температура возрастает. Для преодоления значительного гидравлического сопротивления фильтра тонкой очистки топлива 5 в системе питания имеется топливоподкачивающий насос 4. Из фильтра тонкой очистки топлива 5 топливо поступает к ТНВД 6, который, в соответствии с порядком работы цилиндров, распределяет топливо по топливным магистралям высокого давления 7 к форсункам 8. Форсунки 8 распыляют и впрыскивают топливо в камеры сгорания. Избыточное и уже несколько подогретое топливо из ТНВД 6 и форсунок 8 топливопроводами 9 нагнетаются в переключающее устройство 10. Итак, круг замкнулся, дизель работает.

Так в низкотемпературных условиях функционирует адаптированная к низ-

ким температурам система питания топливом дизеля исполнения У, особенно на топливе не в полной мере соответствующем температуре окружающей среды.

Весной, в процессе сезонного технического обслуживания проводятся следующие работы. К рубашке охлаждения компрессора присоединяются трубопроводы подвода/отвода охлаждающей жидкости, а переключающее устройство – трехходовой кран устанавливается в положение «Лето».

Натурные эксперименты по предварительной оценке эффективности предлагаемого технического решения по адаптации топливной системы дизеля к низким температурам были проведены зимой 2018 года в 9-м отряде Государственной противопожарной службы по Республике Бурятия (пожарная часть № 16 г. Селенгинск).

Передвижная лаборатория была создана на пожарной автоцистерне АЦ-8,5-40 (КРАЗ-255 Б) с дизелем ЯМЗ-238М2. Тактико-технические характеристики АЦ-8,5-40 (255Б) приведены в таблице 1.

Таблица 1
Тактико-технические характеристики АЦ-8,5-40 (255 Б)

Базовое шасси	КРАЗ-255 Б
Колесная формула	6×6
Полная масса пожарного автомобиля, кг	11 950
Модель двигателя , тип	ЯМЗ-238М2 дизельный, четырехтактный, восьмицилиндровый, с непосредственным впрыском топлива, V-образный
Рабочий объем, л	14,85
Номинальная мощность при 2100 об/мин, кВт (л.с.)	179 (240)
Максимальная скорость, км/ч	71
Боевой расчет, включая водителя, чел	6
Емкость топливного бака, л	340
Вместимость цистерны, м ³	8,5

Вместимость бака для пенообразователя, л	300
Насос пожарный центробежный	НЦПН-40/100

Перед началом экспериментов автомобиль был подвергнут диагностированию и техническому обслуживанию.

Во время экспериментов автоцистерна была полностью заполнена водой, пожарным оборудованием и укомплектована личным составом расчета. Бак был заправлен зимним дизельным топливом в

количестве 120 л. При этом конструкция бака системы питания дизеля топливом осталась типовой.

Для измерения температуры топлива в баке был применен температурный датчик марки TP-101. Тактико-технические характеристики датчика приведены в таблице 2.

Таблица 2

Основные тактико-технические характеристики датчика температуры TP-101

Параметр	Значение
Точность измерения	± 1 °C
Диапазон измеряемых температур	от -50 до $+300$ °C
Градация дисплея	$0,1$ °C
Длительность теста	2–3 секунды
Питание	1 батарейка AG13
Длительность работы от одной батареи	5 000 часов
Нормальная температура окружающей среды	от -30 °C до $+50$ °C
Габариты прибора	$230 \times 20 \times 20$ мм
Габариты щупа	$145 \times 3 \times 3$ мм
Вес	18 г
Материал щупа	нержавеющая сталь

Перед началом экспериментов датчик подвергался тарировке с помощью образцового термометра. Тарировочные графики – линейные.

Температура воздуха в депо составляла $+15$ °C.

Температура окружающей среды в экспериментах по прогреву топлива на стоянке ПА вне пожарного депо соответствовала -22 °C. При этом за счет экранирования зданием подразделения для ПА создавался режим практически полного штиля.

Кроме того, были проведены эксперименты по прогреву дизельного топлива в процессе следования ПА по вызову. Для обеспечения безопасности при следовании ПА соблюдались основные требования ПДД РФ.

Величины температур топлива измерялись и протоколировались. На осно-

вании полученных экспериментальных данных были построены соответствующие графики.

Результаты измерения температур в баке системы питания топливом типового исполнения при стоянке пожарного автомобиля

На рис. 2 приведен график (линия 1) изменения температуры топлива в баке типового исполнения топливной системы двигателя АЦ-8,5-40 (255 Б) при несении службы в режиме ожидания в депо, при работе дизеля на холостом ходу с частотой 900 мин^{-1} в течение 20 минут.

Из графика следует, что температура дизельного топлива в баке типового исполнения за весь период прогрева практически не изменилась и соответствовала $7,2$ °C.

Кроме того, была зафиксирована динамика охлаждения топлива в баке ПА

типового исполнения при его стоянке вне депо подразделения. Силовой агрегат также работал на холостом ходу – (линия 2) графика. Очевидно, что за 20 минут температура топлива снизилась с исход-

ной $7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ до значения $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом, средняя скорость охлаждения топлива в баке ПА составила $(7,2+1,2)/20 = 0,42\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

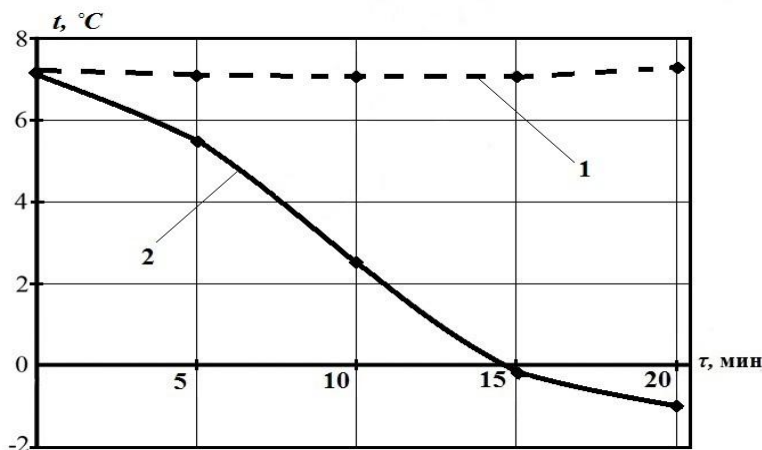


Рисунок 2. Результаты измерения температуры дизельного топлива в баке типового исполнения пожарного автомобиля АЦ-8,0-40 (255 Б) при работе дизеля на холостом ходу с частотой 900 мин^{-1} :

1 – температура топлива при несении службы ПА в депо в режиме ожидания при температуре окружающего воздуха $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$; 2 – при стоянке вне депо подразделения (температура окружающего воздуха $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Измерения температур топлива в баке при следовании пожарного автомобиля по вызову

В ходе сравнительных дорожных испытаний в режиме следования АЦ-8,5-40 (255 Б) по вызову при температуре окружающего воздуха $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ были зарегистрированы следующие величины температур дизельного топлива в баке (рис. 3).

Дизельное топливо в баке с типовой системой питания за 20 минут движения ПА остыло с температуры $+15$ до $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Следовательно, скорость охлаждения топлива в баке АЦ-8,0-40 (КРАЗ-255 Б) при следовании по вызову составила $(15+4)/20=0,95\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Это более чем вдвое превышает аналогичную величину работающего на холостом ходу двигателя при стоянке ПА вне депо.

Напротив, в модернизированной топливной системе температура в баке выросла с исходной $+15$ до $+21\text{ }^{\circ}\text{C}$. Скорость прогрева топлива в баке составила $(21-15)/20=0,3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

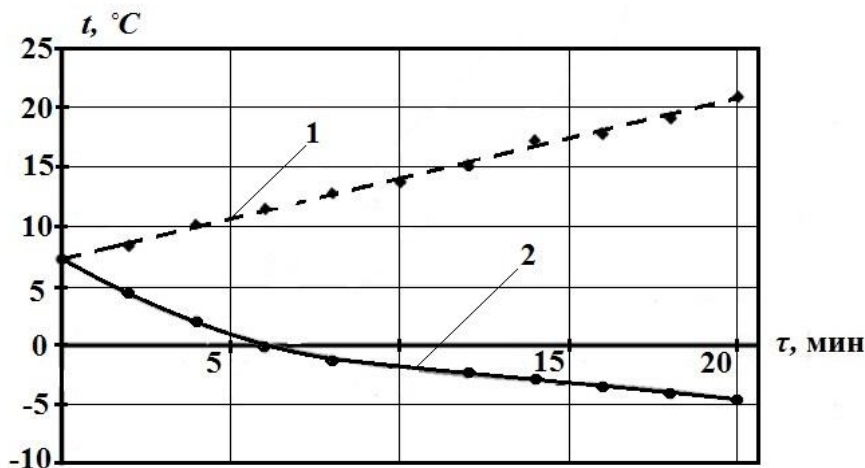


Рисунок 3. Динамика изменения температуры дизельного топлива в баке пожарного автомобиля АЦ-8,0-40 (255 Б) при следовании по вызову при температуре окружающего воздуха -22°C :

1 – температура топлива в баке с модернизированной топливной системой;
2 – температура топлива в баке типового исполнения

Таким образом, очевидно, что предлагаемое техническое решение по адаптации к низким температурам топливной системы дизеля эффективно и позволяет обеспечить дополнительный подогрев топлива в баке, а пожарная автоцистерна АЦ-8,5-40 (255 Б) исполнения У стала приспособлена к суровым условиям по температурному режиму топливного бака гораздо лучше, чем при серийном исполнении системы.

Применение предложенного способа повышения адаптации системы питания топливом транспортного дизеля к низкотемпературным условиям достигаемой утилизацией теплоты, выделяющейся при работе компрессора рабочей тормозной системы базового шасси, изменяет тепловой баланс бака, позволяет интенсивнее подогревать топливо в нем. Такой 2-ступенчатый подогрев топлива в баке является аддитивным процессом и обеспечивает эффективную подпитку потока горячим топливом и его лучшую подачу в ТНВД, позволяет уменьшить износ деталей и узлов силового агрегата, повысить уровень тягово-скоростных свойств мобильной техники, ее производительности, экономичности и долговечности. Кроме

того, по результатам экспериментов имеются основания полагать, что это решение позволит в холодный период года применять марки дизельного топлива, не в полной мере соответствующие температуре окружающей среды, в частности более дешевое летнее топливо, при условии содержания мобильной техники в отапливаемом гараже либо пуска ее силового агрегата от дополнительного бака, заправленного топливом, адекватным температуре наружного воздуха.

Все это в целом повышает надежность и эффективность эксплуатации дизельных ПА исполнения У в низкотемпературных условиях при обеспечении предлагаемой системой питания топливом их двигателей.

Предложенное техническое решение легко может быть реализовано как на вновь разрабатываемых дизельных силовых агрегатах, так и на дизелях, освоенных производством или находящихся в эксплуатации.

Результаты предварительных испытаний требуют продолжить исследования активных способов повышения приспособленности топливных систем двигателей оперативной техники исполнения У

к низким температурам на различных моделях ПА и эксплуатационных режимах, а также условий внешней среды.

Литература

1. Синельников А. Ф., Балабанов В. И. Автомобильные топлива, масла и эксплуатационные жидкости. Краткий справочник. М., 2003. 176 с.
2. Стуканов В. А. Автомобильные эксплуатационные материалы. 2-е изд., перераб. и доп. М., 2009. 304 с.
3. Камалтдинов В. Г., Марков В. А. Исследование процессов подачи и распыления топлива в дизеле с неразделенной камерой сгорания на режимах пуска // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2010. № 3. С. 81–90.
4. Грицюк А. В., Кондратенко В. Г., Щербаков Г. А. Совершенствование конструкции топливной системы автотракторного дизеля для улучшения ее работы в условиях зимней эксплуатации // Двигатели внутреннего сгорания. 2006. № 1. С. 112–117.
5. Вахламов В. К. Автомобили: основы конструкции. 4-е изд., стер. М., 2008. 528 с.
6. Двигатели внутреннего сгорания / А. С. Хачиян и др. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1985. 311 с.
7. Новиков Д. В. Подогрев дизельного топлива при низких температурах от лампочки накаливания в топливных баках пожарных автомобилей // В сборнике материалов «Есть идея!» V11 Международного салона «Комплексная безопасность – 2014», 26 мая 2014 года. М., 2014. С. 78.
8. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. М., 1973. 320 с.
9. Распоряжение Минтранса РФ от 14.03.2008 № АМ-23-р «О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте».
10. Автомобиль ЗИЛ-130 и его модификации. Модель 1970 г. Инструкция по эксплуатации. Изд 8-е, исп. и доп. М., 1971. 224 с.
11. Семидуберский М. С. Насосы, компрессоры, вентиляторы. Изд. 4-е, доп. М., 1974. 232 с.
12. Способ повышения адаптации системы питания топливом транспортного дизеля к низким температурам / М. А. Савин и др. Заявка №2019107245/06(013906) на патент РФ на изобретение.

References

1. Sinelnikov A. F., Balabanov V. I. Avtomobilnye topliva, masla i ekspluatazionnye zhidkosti. Kratkii spravochnik. M., 2003. 176 s.
2. Stukanov V. A. Avtomobilnye ekspluatazionnye materialy. 2-e izd., pererab. i dop. M., 2009. 304 s.
3. Kamaltdinov V. G., Markov V. A. Issledovanie prozessov podachi i raspyleniia topliva v disele s nerasedlennoi kameroi sgoraniia na rezhimakh puska // Vestnik MGTU im. N. E. Baumana. Ser. «Mashinostroenie». 2010. № 3. S. 81–90.
4. Grizuk A. V., Kondratenko V. G., SHCHerbakov G. A. Sovershenstvovanie konstrukzii toplivnoi sistemy diselia dlia ee raboty v usloviiakh zimnei ekspluatazii // Dvigateli vnutrennego sgoraniia. 2006. № 1. S. 112–117.
5. Vakhlamov V. K. Avtomobili: Osnovi konstrukzii. 4-e isd., ster. M., 2008. 528 s.
6. Dvigateli vnutrennego sgoraniia / A. S. Khachiian i dr. 2-e isd., pererab. i dop. M., 1985. 311 s.
7. Novikov D. V. Podogrev dizelnogo topliva pri nizkikh temperaturakh ot lampochki v toplivnikh bakakh pozharnikh avtomobiley // V sbornike materialov «Est ideia!» V11 Mezhdunarodnogo salona «Kompleksnaia besopasnost – 2014», 26 maia 2014 goda. M., 2014. S. 78.
8. Mikheev M. A., Mikheeva I. M. Osnovi teploperedachi. M., 1973. 320 s.
9. Rasporiazhenie Mintransa RF ot 14.03.2008 № АМ-23-р «O vvedenii v deistvie metodicheskikh rekomendazii «Normy rashkoda topliv I smasochnikh materialov na avtomobilnom transporte».
10. Avtomobil ZIL-130 i ego modifikazii. Model 1970 g. Instrukziia po ekspluatazii. Izdanie 8-e, ispr. i dop. M., 1971. 224 s.
11. Semiduberskii M. S. Nasosi, kompressor, ventilatori. Izd. 4-e, pererab. i dop. M., 1974. 232 s.
12. Sposob povisheniia adaptazii sistemi pitaniia toplivom transportnogo diselia k niskim temperaturam / M. A. Savin i dr. Zaiavka №2019107245/06(013906) na patent RF na isobretenie.