УДК 621.436.44

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-48-4-135-141

А.В. Неговора, М.М. Разяпов, С.З. Инсафуддинов

СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Ключевые слова: *низкотемпературные условия; комплексная тепловая подготовка; предпусковой подогреватель; генератор горячих газов.*

Введение. Эффективность использования автотранспортной техники (АТТ) в условиях низких температур во многом определяется обеспечением обоснованного поддержания теплового состояния АТТ в межсменное время и последующей тепловой подготовкой перед запуском. При этом требования к оснащению АТТ средствами и агрегатами для тепловой подготовки, а также подход к ним были разработаны ещё во второй половине XX века и обновлялись только путем небольших дополнений. В настоящее время отечественная нормативная и пользовательская документация значительно устарела [1, 2]. Она изначально была направлена на решение проблемы затрудненного запуска только двигателя АТТ при низких температурах. В то же время постоянно растущие цены на топливо и смазочные материалы уже не позволяют оставлять двигатель работающим во время ночных стоянок, обедов и в моменты погрузки-разгрузки. Кроме того, в 1992 году законодательно были приняты ряд мер, запрещающих стоянку автомобилей с работающим двигателем не только в жилых зонах, но и в отдалении от насе-

ленных пунктов. Следует ли упоминать о пожарной безопасности при разжижении моторных масел бензином, трансмиссионного – керосином и паяльной лампой при локальном подогреве, в то время как уже широко используется подогрев лобовых стекол и зеркал, сидений, рулевого колеса и ответственных узлов.

В ГОСТе Р 50992-96 «Безопасность автотранспортных средств при воздействии низких температур внешней среды. Общие технические требования» уже предлагалось поддержание рабочего режима не только двигателя, но и рулевого управления, кабины и деталей электрооборудования. В следующем ГОСТе Р 54120-2010 «Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Технические требования» указано, что при эксплуатации автомобилей в условиях низких температур они должны быть оснащены средствами облегчения запуска только двигателя. Естественно, заводы-производители автомобилей считают предпусковой подогреватель дополнительным оборудованием и не обязаны оснащать им автомобиль в базовой комплектации. При этом не рассматриваются особенности кон-

струкции. Так, тракторная и строительная техника обычно конструктивно сложнее автомобилей и более требовательна к обслуживанию по причине наличия в ее конструкции сложных гидравлических систем [3]. Поэтому нормативы тепловой подготовки в этой отрасли существенно жестче и должны быть проработаны более тщательно.

В настоящее время автомобили, тракторы и строительная техника имеют более сложную конструкцию ввиду использования различных автоматизированных гидросистем и гидроприводов. Это также привело к усложнению требований эксплуатации в условиях низких температур [4] и переоценке конструкции, алгоритма управления и стратегии применения подогревателей. Некоторые производители начали их использовать как основной источник тепла при неработающем двигателе и вспомогательного при работающем [7]. Так, конструкции подогревателей марки 14ТС-10 (производитель ООО «АД-ВЕРС») и 16ЖД 24 (ОАО «Элтра-Термо») при оснащении отдельных моделей автомобилей КамАЗ использовались для подогрева охлаждающей жидкости двигателя, но могут быть использованы для подогрева масла в картере двигателя не только выхлопными газами, но и конвективным теплообменником, вмонтированным в картер других систем. В перспективе использование подогревателей как в предпусковом подогреве, так и в обогреве других агрегатов АТТ [5, 6].

Известны примеры внешнего обогрева коробки передач, раздаточной коробки, аккумулятора и других агрегатов автомобиля [8–11]. Однако применение таких способов без четких и единообразных требований приводит к снижению эффективности этих мероприятий, а иногда и к поломке агрегатов и несчастным случаям.

Таким образом, действующие нормативные документы и отраслевые стандарты, а также Правила эксплуатации полностью не нормируют применение средств тепловой подготовки в условиях низких температур, не содержат четких требований к средствам тепловой подготовки, способам и условиям их применения. Это, конечно, требует концептуально нового подхода к данной проблеме.

Цель исследования – разработка и обоснование концептуально современных требований к комплексной тепловой подготовке АТТ в условиях низких температур.

Результаты исследования. Для достижения поставленной цели, на наш взгляд, необходимо внести некоторые изменения в действующие Технические регламенты и ГОСТы. Самое основное – закрепить понятие «Комплексной

тепловой подготовки АТТ к принятию нагрузки в условиях низких температур». По существу, это комплекс мероприятий по привлечению средств и способов, позволяющих в условиях низких температур повысить надежность АТТ и готовность к запуску и принятию нагрузки, приблизив их к показателям при нормальных условиях эксплуатации. Эти требования должны распространяться не только на двигатель и штатные агрегаты АТТ, но и на его навесные агрегаты и охватывать три взаимосвязанных направления: стратегию реализации «Комплексной тепловой подготовки АТТ», конструкцию обеспечивающих ее средств и технологию сохранения оптимальной вязкости всех используемых масел независимо от температуры внешней среды.

Под комплексной тепловой подготовкой понимается комплекс мероприятий по обеспечению работоспособности всех агрегатов и систем АТТ к принятию нагрузки в условиях низких температур, который включает в себя:

1. Тепловую подготовку двигателя АТТ к приему нагрузки с обязательным сокращением вредных примесей в ОГ и снижением пусковых износов при работе в режиме прогрева двигателя.

2. Тепловую подготовку агрегатов трансмиссии и навесных агрегатов АТТ к приему нагрузки.

3. Тепловую подготовку гидроусилителя руля.

4. Обеспечение длительного поддержания заданного теплового состояния неработающего двигателя, кабины, систем и навесных агрегатов, в т. ч. и системы нейтрализации отработавших газов в межсменное время.

5. Поддержание оптимальной температуры охлаждающей жидкости (ОЖ) работающего двигателя в случае её снижения ниже 55 °С (режим «догрева»).

6. Подогрев аккумуляторной батареи при снижении температур ниже допустимой.

Для обеспечения подобной комплексной тепловой подготовки необходимы источники тепловой энергии, позволяющие провести эту подготовку без ущерба для обогреваемого агрегата и с наименьшими затратами времени. При разработке таких подогревателей учитывался ряд обязательных требований: жидкостный подогреватель может быть автономным и располагаться на АТТ; камера сгорания испарительного типа; конструкция и алгоритм управления подогревателя обеспечивают необходимую и достаточную тепловую мощность для предпускового подогрева охлаждающей жидкости двигателя до 70 °С в установленное ГОСТом время 30 мин при температуре до минус 45 °С, и 45 минут при

температуре от минус 46 до 60 °С, а также агрегатов АТТ согласно установленным значениям.

Минимальная температура, до которой подогревались агрегаты АТТ, существенно различается, поэтому она устанавливалась теоретическим путем с экспериментальным подтверждением. Например, согласно нашим исследованиям [12, 13], для безаварийного начала эксплуатации коробки передач ZF 16S 1820 температура масла в ее картере, заправленном рекомендованным заводом-изготовителем маслом, должна быть не ниже минус 8 °С. Экономичность потребления энергии АКБ при автоматическом поддержании заданной температуры ОЖ, агрегатов АТТ, навесных агрегатов, кабины на длительных стоянках или в межсменное время с неработающим двигателем зависит от возможности автономного подключения каждого потребителя. При этом режим регулирования процесса тепловой подготовки должен быть плавным.

При разработке средств тепловой подготовки была предусмотрена возможность дополнительного снижения потребляемой агрегатом мощности на переходных режимах за счёт пропорционального снижения производительности циркуляционного насоса. Одним из экономичных источников являются выхлопные газы подогревателя, которые были применены для обогрева моторного масла в картере двигателя и

трансмиссионного в картере коробки передач в режиме как предпускового подогрева, так и поддержания их теплового состояния на длительных стоянках. Нами испытывался переносной генератор горячих газов – обогреватель воздушный типа ТермМикс-15. Его конструкция позволяет осуществить регулирование температуры и мобильный доступ к отдельным агрегатам АТТ, таким, как ведущие мосты, раздаточная коробка, гидроусилитель руля, агрегаты тормозной системы, отсек АКБ, узла топливной аппаратуры (фильтр, насос низкого и высокого давления и других) и т. д. Обогревателем обеспечивался предпусковой подогрев цилиндров двигателей с воздушным охлаждением. В базовом исполнении температура горячих газов на выходе из воздушного обогревателя может достигать 700 °С. Поэтому для снижения температуры горячих газов нами использовалось дополнительное устройство – эжектор с целью снижения риска термических повреждений отдельных деталей узлов. На рисунке 1 представлен генератор горячих газов с установленным эжектором [14]. Принцип работы эжектора заключается в том, что во время работы генератора горячих газов температура движущегося с большой скоростью потока горячих газов снижается холодным воздухом, увлекаемым через прямоугольные отверстия в стенках эжектора.

Рисунок 1

Генератор горячих газов ТермМикс 15Д-24 с эжектором:

- 1 – калорифер; 2 – раструб; 3 – направляющая поддона; 4 – поддон картера двигателя; 5 – камера сгорания; 6 – сопло; 7 – теплообменник конвективный; 8 – форсунка; 9 – блок управления; 10 – бак с водой

С целью повышения эффективности теплоотдачи от дымовых газов к стенке картера нами было использовано смешивание теплоносителя с водяным паром. Вода подавалась из бака 10 через теплообменник-преобразователь 7 в парогенераторную форсунку, представляющую собой конструкцию «труба в трубе». Внешняя стенка

трубы малого диаметра и внутренняя стенка трубы большего диаметра этой конструкции образуют сосуд, а по внутренней стороне малой трубы проходят горячие газы. На выходе из форсунки 8 мы получали влажный насыщенный пар с давлением 3,5–5 атм. и регулируемой в пределах от 150 до 300 °С температурой, который да-

лее подавался во внутреннюю полость малой трубы, где смешивался с потоком горячего газа, снижая его температуру. Схема устройства представлена на рисунке 2. Применение парогенераторной форсунки в генераторах горячих га-

зов позволяет без снижения тепловой мощности обогревателя снизить температуру теплоносителя, что определяет эффективность и безопасность тепловой подготовки агрегатов автомобиля.

Рисунок 2

Схема парогенератора на базе ТермМикс-25Д-24:

1 – калорифер, 2 – газозвдушная смесь, 3 – паробразователь, 4 – бак с водой, 5 – теплоноситель смешанный, 6 – теплоноситель отработавший

Одной из проблем, возникающей при прогреве масел в агрегатах АТТ, являлось пригорание масел при воздействии на корпус открытым пламенем с целью снижения вязкости смазывающих жидкостей [15]. Нормативно эта проблема решилась запретом использования открытого пламени и рекомендацией заводов-изготовителей применять только масла, указанные в химмотологических картах. Однако в эксплуатации выполнение последнего практически невозможно вследствие несовпадения сезонного и регламентного сроков замены масла.

Так, для различных конструкций агрегатов сроки регламентной замены масла в зависимости от пробега могут достигать для двигателя – один раз в два года, коробки передач – до четырех лет. Двигатель и коробка передач при сборке на заводе заправляются: двигатель маслом с вязкостью по SAE 15W с нижним температурным пределом минус 17 °С, коробка передач – маслом с вязкостью по SAE 80W с нижним температурным пределом минус 26 °С. При выборе марки масла эксплуатационники зачастую исходят из условий эксплуатации, но даже в средней полосе России, где рекомендовано масло SAE 10W, температура воздуха опускается ниже минус 30–35 °С на несколько дней, а иногда недель, причем суммарно таких «неожиданных» снижений температуры может быть до 23 дней в год [16]. Применение подхода к прогреву, описанного нами, также решает эту задачу.

Условия передачи теплоты дымовыми газами со стенкой агрегата (картера, поддона и

т. д.) удобно представить граничным условием третьего рода:

$$-\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=\delta=0} = \alpha \cdot (T(x=\delta, \tau) - T_{\text{с.в.}}).$$

В этом соотношении приравнены значения плотности теплового потока:

– подводимого внутрь стенки от поверхности посредством теплопроводности и вычисляемого по закону Фурье (левая часть);

– подводимого из окружающей среды и вычисляемого по уравнению Ньютона – Рихмана (правая часть).

При этом коэффициент теплоотдачи α в уравнении изменялся повышением количества водяного пара в дымовых газах.

На рисунке 3 приведены кривые времени разогрева масла в картере до нормируемой в настоящее время отраслевыми стандартами температуры масла 40 °С и выше в зависимости от коэффициента теплоотдачи дымовых газов.

По рисунку видно, что в интервале до 130 Вт/(мК) происходит рост температур теплоносителя и повышается эффективность прогрева. Затем эффективность несколько падает, что объясняется, возможно, повышенными потерями теплоты на испарение воды.

При температуре –15 °С время тепловой подготовки всех агрегатов составит 25 мин. Т. о., для умеренной климатической зоны данная конструкция подогревателя является оптимальным вариантом.

Для оптимального варианта исполнения необходимо ограничение подачи водяного пара

(в данном случае отношение количества тепла, необходимого для разогрева масла от исходной до конечной температуры, к количеству тепла, подведенному для превращения воды в пар),

позволяющее оценить эффективность предлагаемой конструкции на разных режимах работы обогревателя.

Рисунок 3

Экспериментальные зависимости времени разогрева масел в системах трактора Cat 428 D в зависимости от коэффициента теплоотдачи (при постоянной тепловой мощности обогревателя 9 кВт, начиная от температуры окружающей среды $t = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Решение поставленной цели достигается путем поддержания оптимальной температуры смазывающих масел, причем разной для разных агрегатов одного автомобиля.

Выводы. Существующий алгоритм применения предпусковых подогревателей не обеспечивает проведение необходимой тепловой подготовки автотракторной техники. Подогреватель, который греет только ОЖ двигателя, не может прогреть масло и обеспечить его заданную вязкость, поэтому необходимо применять другие средства тепловой подготовки. При выборе масла необходимо выбирать его не по температуре застывания, а по вязкости, что позволяет наиболее полно оценить пригодность масла в конкретных условиях, особенно для гидравлических систем с разветвленной сетью.

В современных условиях эксплуатации требуется особый подход к обеспечению прогрева узлов и агрегатов АТТ, работающих в условиях низких температур.

Предложенная концепция объединяет комплексную тепловую подготовку не только двигателя, но и отдельных агрегатов автотракторной техники в условиях низких температур, необходимую для обеспечения надежности техники и ее готовности к запуску и принятию нагрузки.

Большинство из предложенных мероприятий в эксплуатации уже применяются, однако из-за нечетких нормативных требований или их отсутствия их реализация неэффективна или небезопасна.

Внедрение предложенной концепции возможно без существенных затрат и основано на введении единообразных требований по комплексной тепловой подготовке, существенно повышающей надежность функционирования систем и узлов автотракторной техники, тем самым снижающей затраты на ремонт и амортизацию при работе в условиях низких температур.

Библиографический список

1. Бородин, Д.М. Экспериментальное исследование системы тепловой подготовки гидропривода строительно-дорожных машин [Текст] / Д.М. Бородин, Е.В. Половников, В.В. Конев, Ш.М. Мерданов // Современные проблемы раз-

вития фундаментальных и прикладных наук. 2016. С. 111–115.

2. Габитов, И.И. Современные тенденции технического сервиса топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых дизелей [Текст] /

И.И. Габитов, А.В. Неговора // Труды ГОСНИТИ. 2008. Т. 101. С. 38–44.

3. Гулевич, Д.В. Анализ способов предпусковой тепловой подготовки ДВС автомобилей [Текст] / Д.В. Гулевич, Н.С. Айснер, А.Ф. Курносов // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: материалы VIII региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов, посвященной 80-летию НГАУ – НСХИ. Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2016. С. 179–182.

4. Гусев, Д.А. Оптимизация параметров теплоносителя смешанного типа [Текст] / Д.А. Гусев, М.М. Разяпов // Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Уфа: Башкирский ГАУ, 2014. С. 24–28.

5. Габитов, И.И. Повышение эффективности ремонта электрогидравлических форсунок аккумуляторных топливных систем автотракторных и комбайновых дизельных двигателей [Текст] / И.И. Габитов, А.Р. Валиев // Техника и оборудование для села. 2013. № 1. С. 38–41.

6. Денисов, Р.В. Оценка экологической эффективности применения системы комплексной тепловой подготовки агрегатов спецтехники на примере трактора ДТ-75МЛ [Текст] / Р.В. Денисов, М.Ю. Петухов // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. 2014. № 1. С. 271–276.

7. Жуков, Л.В. Методика расчёта нагревательного элемента устройства тепловой подготовки ДВС спецтехники [Текст] / Л.В. Жуков // Строительные и дорожные машины. 2015. № 12. С. 19–21.

8. Габитов, И.И. Обеспечение работоспособности топливopодающих систем дизелей путем индивидуальной корректировки базовых характеристик управления топливopодачей [Текст] / И.И. Габитов, А.В. Неговора // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 4. С. 84–88.

9. Ковриков, И.Т. Оценка эффективности средства тепловой подготовки автомобильного двигателя к холодному пуску [Текст] / И.Т. Ковриков, Р.Ф. Калимуллин, А.В. Казаков // Автомобильная промышленность. 2018. № 1. С. 28–30.

10. Габитов, И.И. Упрочнение клапанных узлов электрогидравлических форсунок дизелей при ремонте [Текст] / И.И. Габитов, Р.Н. Сайфуллин, А.Р. Валиев // Упрочняющие технологии и покрытия. Т13. 2017. № 7. С. 328–325.

11. Неговора, А.В. Предпусковая подготовка двигателя и агрегатов трансмиссии автомобиля к принятию нагрузки [Текст] / А.В. Неговора, М.М. Разяпов, Ю.К. Филиппов // Известия Международной академии аграрного образования. 2012. Т. 1. № 14. С. 266–270.

12. Неговора, А.В. Обоснование конструктивно-режимных параметров предпускового подогревателя [Текст] / А.В. Неговора, Д.А. Гусев // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 125. С. 90–96.

13. Патент № 2478824 F 02N 19/02 на изобретение «Устройство с электронным управлением для парового обогрева масляного картера двигателя внутреннего сгорания, коробки передач, мостов автомобиля» / И.И. Габитов, А.В. Неговора, М.М. Разяпов, Д.А. Гусев. Уфа: Башкирский ГАУ – заявлено 15.04.2011 г., опубликовано 10.04.2013 г. Бюллетень № 10.

14. Половников, Е.В. Устройства тепловой подготовки гидрофицированной техники эксплуатируемой вдали от баз [Электронный ресурс] / Е.В. Половников // Электронный научный журнал. 2017. № 4-1 (19). С. 177–181.

15. Разяпов, М.М. Изучение влияния низких температур на коробку передач автомобиля КАМАЗ ZF 16S 1820TO [Текст] / М.М. Разяпов, А.Х. Жумагулов // Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Башкирский государственный аграрный университет. 2014. С. 29–33.

Сведения об авторах

1. **Неговора Андрей Владимирович**, доктор технических наук, профессор кафедры автомобилей и машинно-тракторных комплексов, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: negovora@bsau.ru.

2. **Разяпов Махмут Магдатович**, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и машинно-тракторных комплексов, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: mahmut.87@mail.ru.

3. **Инсафуддинов Самат Зайтунович**, кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики и физики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: insamat@mail.ru.

Обоснована необходимость корректировки нормативной документации по эксплуатации ав-

тотракторной техники в условиях низких температур и разработки для нее «Комплексной си-

системы тепловой подготовки». Приведено описание основных составляющих системы тепловой подготовки и способов ее осуществления на примере генератора горячих газов. Рассмотрены

способы снижения температуры горячих газов при помощи эжектора и парогенераторной насадки.

A. Negovora, M. Razyapov, S. Insafuddinov

THE MODERN CONCEPT OF THERMAL PREPARATION OF THE AUTOMOTIVE AND TRACTOR TECHNIQUE IN THE CONDITIONS OF LOW TEMPERATURES

Key words: *low-temperature conditions; complex heat treatment; pre-heater; hot gas generator.*

Authors' personal details

1. **Negovora Andrey**, Doctor of Engineering, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya str., 34, e-mail: negovora@bsau.ru.

2. **Razyapov Makhmut**, Candidate of Engineering, senior lecturer of the department «Automobiles machine and tractor complexes», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya str., 34, e-mail: mahmut.87@mail.ru.

3. **Insafutdinov Samat**, Candidate of Engineering, senior lecturer of the department «Heat power engineering and physics», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya str., 34, e-mail: insafutdinov@mail.ru.

Need of updating of standard documentation on operation of the automotive and tractor technique in the conditions of low temperatures and development for it «The complex system of thermal preparation» is proved. The description of the main components of system of thermal preparation and ways

of implementation of thermal preparation on the example of the generator of hot gases is provided. Ways of decrease in temperature of hot gases by means of the ejector and a steam generating nozzle are considered.

© Неговора А.В., Разяпов М.М., Инсафуддинов С.З.