

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ проблемы холодного пуска.....	14
1.1 Законодательство и показатели выбросов	14
1.2 Последствия холодного запуска двигателя	15
1.4 Работа каталитического нейтрализатора на холодном запуске	25
1.6 Восприимчивость смазочных материалов к температуре	30
1.7 Выводы	35
2 Потенциальные улучшения производительности при холодном запуске.....	36
2.1 Применение теплообменников совместно с выхлопными газами.....	39
2.2 Использование тепловой энергии от выхлопных газов совместно с термоэлектрическими элементами.....	44
2.3 Активные методы управления системой для улучшения характеристик холодного запуска автомобиля	46
2.4 Предварительно нагретая охлаждающая жидкость.....	46
2.5 Поток охлаждающей жидкости	48
2.6 Stop-Start.....	50
2.8 Выводы	55
3 Предложение концепции для быстрого разогрева двигателя внутреннего сгорания.....	56
4 Результаты исследования	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
Список используемой литературы	66

Введение

Роль двигателя внутреннего сгорания в автомобиле заключается в передаче крутящего момента на ведомые колеса через трансмиссию. Для того чтобы эта задача была выполнена, двигатель должен быть оснащен как системой смазки, так и системой охлаждения. Система смазки предотвращает контакт металла с материалом между движущимися компонентами (тем самым снижая трение и износ), а система охлаждения поддерживает смазочные материалы и материалы компонентов в пределах допустимых рабочих температур. Принято считать, что эффективность сгорания современного двигателя (ДВС) хорошо приспособлена к процессам происходящим во время сжигания топлива, а это, как известно составляет 97% энергии, которая концентрируется в топливе и выделяется при сгорании в ДВС с воспламенением от сжатия. А в двигателях с искровым зажиганием этот процент доходит до 98% [4]. Однако вся полезная энергия, которую вырабатывает силовой агрегат, обычно варьируется от 30 до 40% энергии топлива [4,5]. Энергия, затраченная на привод колес всегда меньше, чем работа тормоза, т.к. большая часть ее расходуется на привод всех вспомогательных агрегатов, таких как масляные и водяные насосы. «Указанная полная тепловая эффективность» такое носит название термин определяющий неспособность преобразовать всю химическую энергию в работу.

$$\text{Эффективность переработки топлива} = \text{Эффективность сгорания} \times \text{Полная указанная тепловая эффективность}$$

Эксплуатация автомобильной техники от обычных пассажирских автомобилей до автотракторной техники навлекает на себя различные воздействия вредных и неблагоприятных климатических факторов. Результат такого воздействия — это ухудшение эксплуатационных материалов и конструкционных свойств. Это ведет к уменьшению надежности автомобиля и снижению эффективного использования.

П.И. Кох ввел термин «техническая жесткость». «Техническая жесткость» - это комплекс различных атмосферных и климатических факторов влияющих на надежность машин и свойств материалов.

П.И. Кох предложил формулу, по которой можно опрежделить техническую жёсткость в баллах:

$$N_k = (0,65t_{\min \text{cp.}} + 0,35t_{\min \text{abc}})(1 + 0,0156) \\ (2 + 0,06V_x)(2 + 0,274_x)(2 + 0,13_{tm})(2 + 0,11\mu_x)$$

где N_k - техническая жесткость, баллы;

$t_{\min.\text{cp}}$ – усредненный параметр минимальных температур воздуха

$t_{\min\text{abc}}$ – усредненное значение температур воздуха

β_x – средняя непериодическая температура суточных колебаний температуры воздуха

V_x – усредненная скорость ветра

μ_x –относительная влажности воздуха (средняя), в долях единицы

t_m –значение относительной влажности воздуха (среднее), в долях единиц

Диапазон данного термина варьируется от 0 до 170 баллов, в зависимости от 6 групп климатических зон:

1. Холодный полюс 160 -180 баллов.
2. Наиболее холодные климатические условия – 120 - 159 баллов
3. Очень жесткие климатические условия – 90 -158 баллов
4. Жесткие климатические условия – 60 – 89 баллов
5. Удовлетворительно жесткие климатические условия – 30 – 59 баллов
6. Нежесткие климатические условия – 0 – 29 баллов



Рисунок 1 – Распределение климатических зон на территории России

Как видно из рассматриваемого рисунка, наиболее холодной зоной является Сибирь, поэтому данное исследование носит особую актуальность для российских транспортных средств, используемых в Сибири и за полярным кругом. Если использовать многолетние наблюдения, то перепад среднемесячной температуры варьируется от $-24,2\text{ C}$ в декабре до $+25\text{ C}$ в середине июля. Если брать усредненно, то общее количество дней в году, когда температура воздуха минус $30\text{ C} - 22$.

Что касается атмосферного давления, то в среднем оно составляет 153 мм.рт.ст. , а среднемесячное находится в пределах $743,9$ до $758,3\text{ мм.рт.ст.}$

Если говорить о показателях влажности воздуха, то они изменяются в больших пределах.

В среднем, в году она составляет 74% .

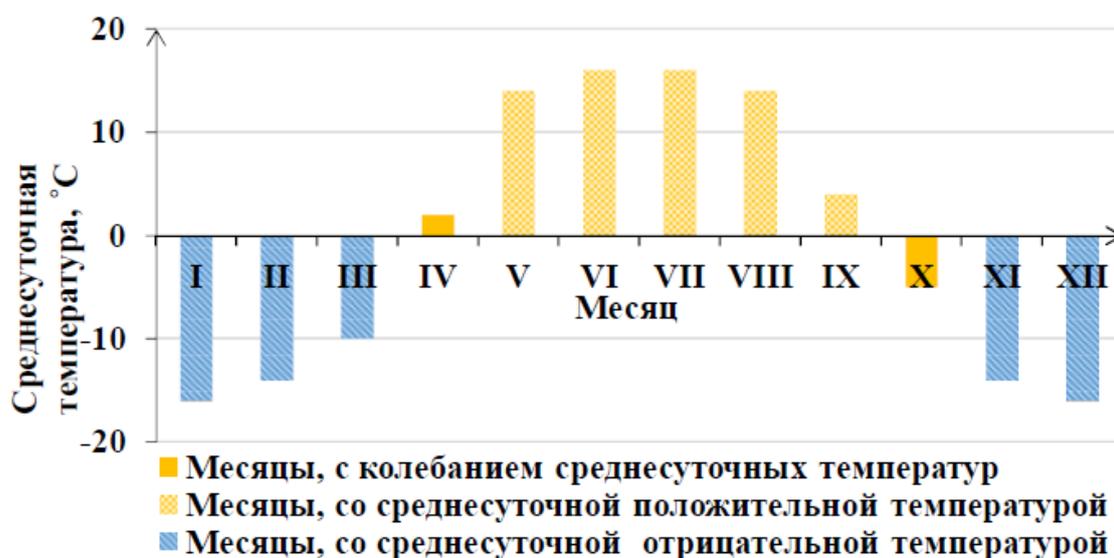


Рисунок 2 – График распределения среднемесячных температур воздуха в Новосибирской области.

Для оценки влияния различных климатических показателей требуется большое количество ресурсов так как это трудноразрешаемая задача т.к. пригодность автотранспортного средства определяется различными организационными и техническими причинами.

Большая часть автомобилей просто не предназначена и не приспособлена к работе при низких температурах окружающей среды.

При встрече железа с холодным климатом происходит выход из строя многих узлов как двигателя, так и автомобиля в целом.

Происходит понижение экономичности, производительности и остальных потребительских свойств машины.

Рассматривая рисунок X, можно наблюдать, что из всех климатических и природных факторов Сибирского округа, самое большое влияние для использования транспорта несет влажность воздуха, скорость ветра и конечно температура воздуха.

Эти три фактора в наибольшей степени несут машине негативное воздействие.

Это связано с тем, что влажность воздуха и скорость ветра препятствуют нормальной интенсивности теплообмена между узлами автомобиля и

окружающей средой, и первое что происходит это резкое уменьшение температурного режима двигателя.

В зависимости от содержания влаги в воздухе меняется и характер отрицательного эффекта на автомобильные компоненты двигателя.

При концентрации влаги более 80% понижаются эксплуатационные свойства материалов. Оказываясь внутри материала, влага образует на поверхности жидкостные пленки.

И наоборот, при малом содержании около 50%, влага начинает испаряться в воздух, что так же ведет к изменению свойств материала (возникновение трещин, появление высокой хрупкости).

Когда влага начинает взаимодействовать с маслами в системе смазки или картерной системе, понижаются антикоррозионные и смазывающие свойства всех видов масел.

Однако можно пренебречь данным показателем для расчета работы системы питания ДВС т.к. в условиях пониженных температур максимальное количество влаги мало влияет на работу двигателя автомобиля.

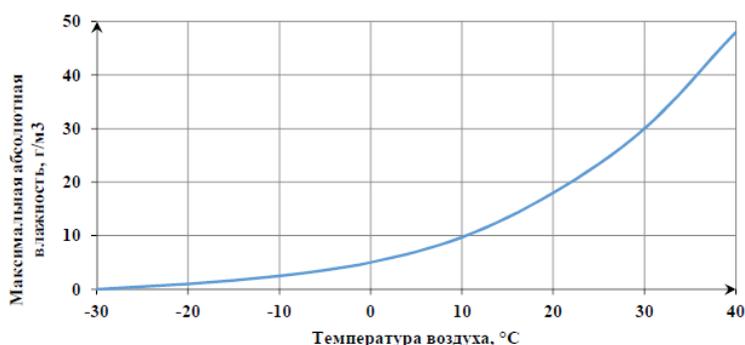


Рисунок 3 – Нелинейная зависимость влажности от температуры воздуха.

Как ранее отмечалось, самым неблагоприятным воздействием на ДВС и автомобиль в целом обладает пониженная температура. При возникновении пониженных температур меняются физические свойства топлива, масла, ОЖ, ухудшается работа всех установок в автомобиле.

Свойства смазочных материалов сильно зависят от температуры, и без исключения смазочные материалы для двигателей рассчитаны на то, чтобы быть наиболее эффективными при установившихся рабочих температурах в диапазоне от 100 до 110 °С [6,7]. Высокая вязкость смазочного материала при более низких температурах приводит к более высоким потерям на трение, что дополнительно снижает указанный тепловой КПД двигателя. Уилл С. [5] составил статистику потерь на трение в ДВС. Конкретно, на начальных стадиях прогрева (когда температура силового агрегата составляет 20 °С) потери на трение в 2,5 раза выше, чем те, которые возникают при прогретой смазочной жидкости. При холодном пуске, когда температура ДВС равна 0 °С расход топлива увеличивается на 13,5%. Такая тенденция не только критична в ходе «Нового европейского ездового цикла», но и оказывает значительное влияние на владельца транспортного средства. Были проведены исследования, по которым составили статистику [10] на основе большинства тенденций стиля вождения, используемых в реальных условиях [10]. Выяснили, что большой процент путешествий на автомобиле, достаточно кратковременны, как с точки зрения расстояния, так и времени. В ходе составления статистики были изучены тенденции вождения 55 автомобильных средств и описано 1840 часов работы транспортного средства. Определено, что 1/3 совершаемых поездок не давала охл. жидкости прогреться больше 70 °С или смазке ДВС превышать 60 °С. На этапе прогрева ДВС есть только 3 тепловые массы, которые взаимодействуют друг с другом: блок цилиндров, охлаждающая жидкость (ОЖ) и смазочный материал. ОЖ нагревается быстрее всего т.к. ее температура тесно связана с газами сгорания [12]. Температуры блока цилиндров и смазки реагируют намного медленнее из-за того, что смазка менее тесно связана с процессом сгорания, а блок имеет большую тепловую инерцию [14]. На ранних этапах прогрева, когда стенки цилиндров холодные, большая часть энергии от сгорания передается стенкам из-за высокой разницы температур между ними и газами сгорания. Имея это в виду, термодинамика указывает на то, что максимальная изоляция процесса сгорания от блока (и, следовательно,

повышение температуры газа) повысит эффективность преобразования энергии сгорания в работу механического тормоза [3,15]. Желаемое повышение температуры смазочного материала во время фазы прогрева является результатом некоторой прямой передачи тепла от стенок цилиндра, но в первую очередь является результатом рассеяния трения в системах двигателя, таких как главные подшипники [7,16,17]. На этапе холодного запуска желательна высокая скорость нагрева смазочного материала до его оптимальной рабочей температуры, что, в свою очередь, указывает на то, что все, что ограничивает скорость нагрева смазочного материала, является нежелательным. Одним из путей достижения этого может быть изоляция смазочного контура от блока цилиндров в областях, где блок цилиндров холоднее, чем смазочный материал. В качестве альтернативы можно попытаться восстановить энергию из других систем, чтобы увеличить скорость разогрева смазки. Однако необходимо обеспечить, чтобы ни одна из этих стратегий не препятствовала поддержанию смазочного материала при оптимальной рабочей температуре после ее достижения (то есть следует избегать перегрева смазочного материала).

Зависимость вязкости масел от температуры окружающей среды определяется по формуле, разработанной Рамайя [94]:

$$\log \eta_m^{Nm} = A + B/T_m$$

где η_m^{Nm} – вязкость масла (динамическая);

T_m – абсолютная вязкость

A и B – константы (коэффициенты) для выбранного масла

Показатели, рассчитанные по данной формуле, несут схожие значения с показателями, определяемые вискозиметром. Это происходит вследствие того, что масляные молекулы, хоть и имеют довольно сложное строение, но

образовывают разного вида структуры, которые зависят от совместного химического состава и молекулярной массы любого вида масла.

Давление так же оказывает влияние на вязкость масла. Было установлено, что дин. Вязкость масла пребывает во временной зависимости от давления и рассчитывается по формуле М.П. Воляровича:

$$\eta_p^{\mu p} = \eta_0^{\mu 0} \alpha^p$$

где η_0 и η_p – вязкость масла при нормальном давлении

α - константа

Прослеживается сложная зависимость вязкости от давления и температуры окружающей среды. Если увеличивается нагрузка на подшипник начинает расти и давление в слоях масла и растет его вязкость. Увеличение вязкости влечет повышение гидродинамических потерь, выделение тепла из-за трения в подшипниках.

В обратном случае, при понижении температуры масла, вязкость начинает уменьшаться пока и вовсе не теряется подвижность слоев масла.

Необходимо оговорить, что наименьшая температура, при которой можно производить пуск двигателя и совершать нагрузку, не принимая во внимание, что можно использовать дополнительные способы тепловой подготовки двигателя внутреннего сгорания, описывается в инструкции по эксплуатации для различных марок автомобилей. Однако и различные виды масел также могут обеспечивать гарантированную работу при более низких температурах, чем заявлено в инструкции.

Согласно последнему ГОСТ Р 54120-2010, ГОСТ Р 53833-2010, номинальная температура охлаждающей жидкости в системе силового агрегата автомобиля, при которой разрешается движение транспортного средства равна 40 °С.

При 65 °С можно наблюдать начало резкого падения механических потерь движущихся частей ДВС.

Г.Р. Рикардо обозначил, что потери на трение увеличиваются на 33%, если температура ОЖ понижается с 60 °С до 30 °С [109].

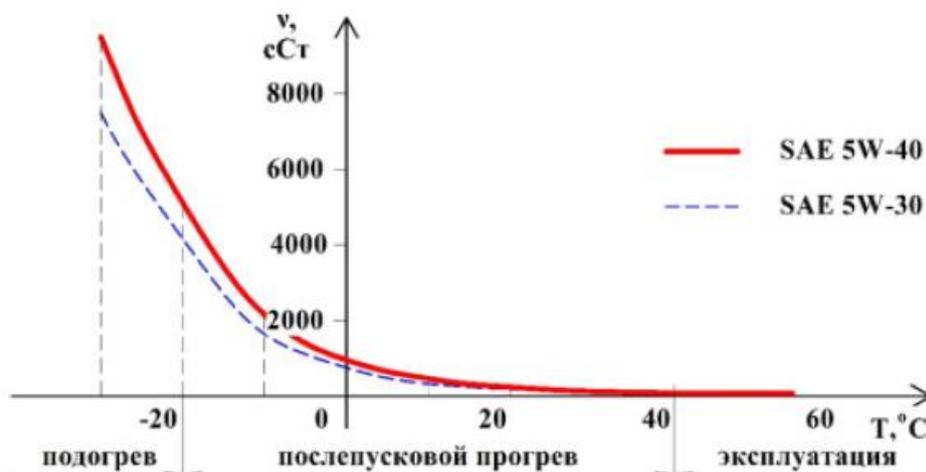


Рисунок 4 – Зависимость вязкости масла от температуры

Цель данной работы - рассмотреть подходы, принятые для улучшения характеристик холодного запуска двигателя, оценить полученные результаты и обсудить вероятную эффективность стратегий, основанных на производительности системы и оптимизации материалов.

Объектами исследований являются дизельные и бензиновые двигатели, каталитические нейтрализаторы отработавших газов, материалы с фазовым переходом, термохимический конвертер.

Предмет исследования: предметом исследования является характеристики ДВС такие как выбросы, ресурс и эффективность при различных климатических факторах и с применением различных методов по улучшения холодного пуска.

Актуальность и научная значимость настоящего исследования:

Автомобильные и транспортные средства на территории Российской Федерации эксплуатируются в разных климатических округах. Все факторы присущие этим округам сказываются на работе и эффективности двигателя внутреннего сгорания. Многие ученые из разных стран проводили

исследования и показали, что выбросы CO и NOx совместно с отработавшими газами (ОГ) при работе транспортного средства в условиях пониженных температур увеличивается в 6-10 раз. Уменьшается эффективность работы двигателя, а также уменьшается его ресурсоспособность. Кроме того, согласно правилам ЕЭК ООН № 83.05 было разработано новое испытание автомобильного средства при -7°C во время первой фазы цикла езды. Так же к этому правилу были применены новые формы на выброс вредных эмиссий.

Все эти изменения потребовали от производителей автомобилей введение новых технических решений, которые смогли бы обеспечивать необходимую эффективность работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

Из всех рассмотренных решений, наиболее удовлетворительной по всем параметрам является добавка к топливовоздушной смеси реактивных веществ

Вышеперечисленные доводы указывают актуальность выбранной темы, которая концентрируется на исследовании всех известных методов повышения эффективности холодного пуска ДВС и предложения собственной концепции.

Научная новизна: в процессе написания работы, была предложена концепция ускоренного метода прогрева двигателя внутреннего сгорания под влиянием отрицательных температур по средству использования системы создания и подачи на впуск реактивных веществ, содержащих водород, которые используются для ускоренного нагрева заряда и для активации (химической) процесса сгорания.

Гипотеза исследования состоит в том, что если применять различные методы по улучшению холодного пуска, будет возможность увеличить такие параметры как:

- количество вредных выбросов;
- ресурс двигателя
- эффективность работы систем ДВС.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выявить резервы и потенциалы энергии двигателя при холодном пуске;

- провести оценку энергоэкономических показателей;
- определить наилучшую стратегию по устранению проблем холодного пуска ДВС.

- представить концепцию новой установки для улучшения холодного пуска основываясь на патентном поиске.

Методы исследования: были использованы теоретические методы, основанные на экспериментальных данных, представленных в научной литературе. По окончании изучения теории, был использован метод сравнения, для выявления положительных и отрицательных сторон каждого способа улучшения холодного пуска ДВС.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в исследовании литературных источников на предмет достоверных и признанных наукой данных, анализ этих данных и заключении результата. Предложение концепции по мероприятиям улучшения холодного пуска

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 4 глав, заключения, содержит 19 рисунков, 2 таблицы, список использованной литературы состоит из 61 источника. Основной текст работы изложен на 70 страницах.

1 Анализ проблемы холодного пуска

1.1 Законодательство и показатели выбросов

При анализе статей и литературных источников, было выявлено, что науке очень хорошо известная зависимость потерь на трение в ДВС от температуры масла и ОЖ в системе силового агрегата.

Согласно последнему ГОСТ Р 54120-2010, ГОСТ Р 53833-2010, номинальная температура охлаждающей жидкости в системе силового агрегата автомобиля, при которой разрешается движение транспортного средства равна 40 градусам Цельсия.

Одним из наиболее важных показателей производительности для определения эффективности ДВС является новый европейский приводной цикл (NEDC). NEDC представляет собой движение равное по времени 1200 с, на котором проходят проверку все новые двигатели. Цикл призван имитировать разнообразные стили вождения от хол. Хода до круиза по автомагистрали. График скорости NEDC представлен на рис. 1 [18].

Во время холодного пуска не только расход топлива является проблемой, так же присутствует повышенное количество вредных выбросов. Законы становятся все жестче и жестче касательно ДВС. Например, можно рассмотреть зону выбросов Лондона, которая облагает штрафами все коммерческие транспортные средства, которые не попадают под законодательство по выбросам твердых частиц в Лондоне. Европейские производители должны обеспечивать, производимых ими тв.частиц, менее $130 \text{ г км}^{-1} (\text{CO}_2)$ [19]. Кроме того, сейчас действует положение, по которому все транспортные средства класса М соответствовали стандартам выбросов Евро-6 [20]. Значения для вредных эмиссий показаны в таблице 1. Следует отметить, что NEDC - не единственный цикл езды, используемый для тестирования и характеристики характеристик автомобиля. В то время как NEDC является критическим тестом производительности на европейском рынке благодаря его использованию в законодательстве о выбросах, другие циклы испытаний включают в себя:

-Тестовый профиль «Artemis», как правило используется в Европе. Он отражает более реальную картину поведения автомобиля, чем NEDC [18].

-Федеральная процедура испытаний (FTP) [18].

И тем не менее, при наличии разнообразных циклов, каждый из них имеет ограничения по времени, и поэтому любые проблемы, связанные с холодным запуском, будут оказывать существенное влияние на показатели производительности.

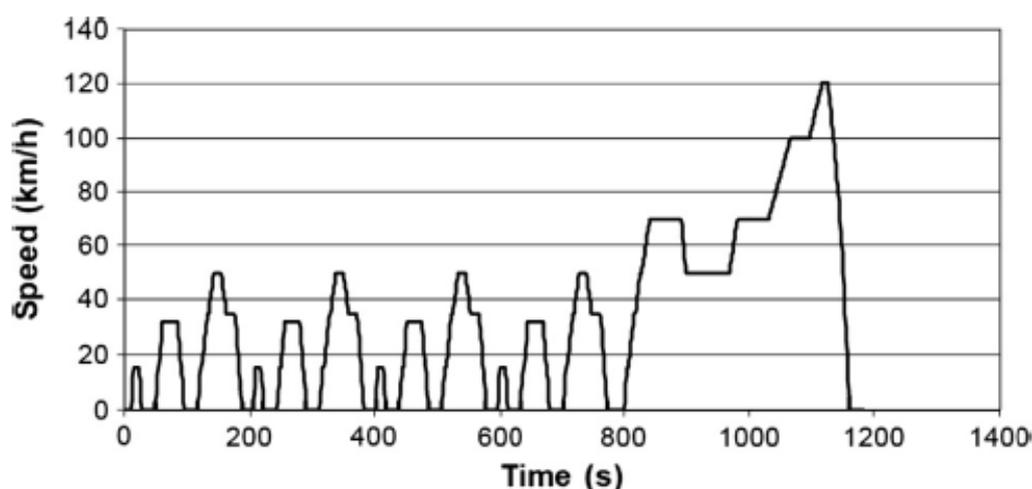


Рисунок 5 - Скорость-время трассировки для NEDC

1.2 Последствия холодного запуска двигателя

В литературе автостроителей приводятся цифры о исследованиях, где показано как влияет холодный пуск на различные узлы силового агрегата.

Так при температуре ОЖ 55 С°, износ колец поршня ДВС возрастает в 4 раза.

-при 40 С° в 12 раз;

-при 30 С° в 20 раз.

Нормальный износ происходит в установившемся тепловом режиме силового агрегата, который равен 85-90 С°.

Приведенные значения Д.И. Высотского и А.И. Нисневича указываются, что при каждом пуске при отрицательных температурах ДВС его износ составляет

такие же значения, как если бы он работал при нормальном тепловом режиме 4,82 ч.

Ю.К. Гончарук и В.В. Петровский приводят цифры, что при холодном пуске износ силового агрегата эквивалентен пробегу 200-250 км.

По исследованиям ГосНИТИ параметр износа цилиндра-поршневой группы за 100 ХП равна 700-900 ч. Обычной работы двигателя при нормальных условиях.

Задачам и проблемам по повышению тепловой эффективности тепловой подготовки автомобильных единиц отводится много времени в научных работах и предоставлены многие концепции и способы по нагреву двигателя внутреннего сгорания, но многие решения еще не приняты касательно послепускового прогрева силового агрегата, методом направленным на снижение эксплуатационных затрат, улучшения режима работы ДВС не используя дополнительных узлов и систем, поэтому данный вопрос требует дальнейшего исследования.

При 65 С° можно наблюдать начало резкого падения механических потерь движущихся частей ДВС.

Г.Р. Рикардо обозначил, что потери на трение увеличиваются на 33%, если температура ОЖ понижается с 60 С° до 30 С°.

В библиотеках есть обширные исследования и официальные публикации по зависимости теплового режима двигателя внутреннего сгорания на индикаторные показатели. Параллельно с этим, можно найти труды, направленные на изучение зависимостей качества образования смеси от температуры ТВС [40,114].

Существует ряд проблем таких как:

- забиваются фильтры кристаллами парафина (для дизельного топлива);
- образование ледяных пробок (образовываются из-за воды в топливопроводах, которые могут попасть в топливный бак при заправке).

Как в случае с маслом и ОЖ с понижением температуры окружающей среды вязкость, коэффициент поверхностного натяжения, плотность

увеличиваются. При увеличении плотности топлива, увеличивается цикловая подача и приводит к повышению мощности ДВС.

Линейная зависимость изменение плотности топлива от температуры описывается формулой:

$$\rho_T = \rho_{293} - 0,693(T_T - 293),$$

где ρ_{293} - плотность топлива при температуре 293К, кг/м³;

T_T - температура, топлива, К.

В нашем случае, мы рассматриваем отрицательные температурные условия, что в свое время приводит к снижению КПД силового агрегата, нарушению процесса сгорания ТВС, а при сгорании ТВС вырабатываются окисляющие и смолистые вещества. Появление таких веществ приводит к появлению коррозии, увеличенному нагару и износу раньше срока цилиндропоршневой группы.

Во время холодного пуска, при отрицательных температурах и последующего прогрева ДВС, в следствии нижеположенного теплового рядима силового агрегата, топливо, которое подается в цилиндр и камеру сгорания, не доходит до момента полного сгорания и испарения, из за чего и возможен его выброс в отработавших газах в виде неполноценных продуктов сгорания и окисления. Эти продукты оседают на холодных стенках цилиндра, убирая необходимые для правильной смазки масла, с зеркала цилиндра, далее они направляются в поддон ДВС и затем в выпускной тракт, тем самым увеличивая коррозионные износы, мощность, механические потери и увеличивают расход топлива.

Во время прогрева, который идет уже после холодного пуска, часовой расход топлива экспоненциально изменяется, то есть : уменьшается по мере прогрева и обретает постоянное значение на установившемся уровне, когда температура масла и ОЖ превышают 65 С°.

Изученные результаты всевозможных исследований подтверждают, что при смене масла SAE 40 на SAE 30 экономичность бензина приближается 1,68%,

- а если заменить SAE 30 на масло вязкости SAE 20W-20, то экономия составит 1,43%;

- замена SAE 20W-20 на SAE 10W составит 1,21%;

-замена SAE 10W на SAE 5W составит 0,6%.

Показатели внутреннего сгорания в установившемся режиме заметно улучшились за эти годы, как с точки зрения расхода топлива, так и качества выбросов. Это может быть связано с рядом событий, включая использование системы Common Rail (впрыск топлива непосредственно в цилиндр), более сложные системы управления двигателем, высококачественные смазки и применение каталитических нейтрализаторов на всех автомобилях. И все равно, даже при таком раскладе остаются проблемы связанные с олодным пуском. Расход топлива имеет линейную зависимость от температуры окружающей среды [22]. Зависимость представлена на рисунке 2 [22]. Расход топлива увеличивается на 18% если движение проходит в городской черте по сравнению с транспортировкой по автомагистрали, когда температура окружающей среды снижается с 28 ° С до 2 ° С. Такая тенденция прослеживается и у 3-цилиндрового ДВС 1 куб. См, 4-цилиндровый двигатель объемом 1400 куб. См и двигатель объемом 1,5 куб. См), как это сделали Гоэтлер. [24] с 3,3 л двигателем с искровым зажиганием. Такие наблюдения имеют решающее значение для производителей транспортных средств, поскольку испытание NEDC необходимо проводить при температуре выдержки от 20 до 31 °С. [11]. При повышении температуры запуска с 25 ° С до 90 ° С расход топлива снижался на 10% при различных сценариях NEDC [14]. Следовательно, хотя транспортное средство может иметь приемлемые характеристики производительности после полного прогрева, плохие характеристики при холодном пуске могут привести к тому, что автомобили, могут не дать нужных показателей по вредных эмиссиях, и будет

прослеживаться высокий расход топлива. Поэтому следует улучшать эти показатели при холодном пуске, особенно потому, что привычки вождения потребителей часто включают поездки на достаточно короткие расстояния, чтобы двигатель никогда не достигал оптимальной рабочей температуры. Геттлер составил статистику, согласно которой, до 70% поездок совершаются менее чем на 15 км, в то время как Жарьер показал, что среднее путешествие в Европе на автомобиле доходит в среднем до 10 км [25]. Более поздняя работа Андре [10] пришла к выводу, что треть автомобильных поездок завершается до того, как двигатель полностью прогревается.

Таблица 1 - Верхние пределы уровней выбросов, разрешенные в соответствии с нормами выбросов Euro 6 для двигателей с искровым зажиганием (S.I.) и двигателей с воспламенением от сжатия (C.I.) [21].

(CO) (mg km ⁻¹)		NOx (mg km ⁻¹)		Количество твердых частиц (mg km ⁻¹)	
S.I.	C.I.	S.I.	C.I.	S.I.	C.I.
1000	5000	60	80	5,0	5,0

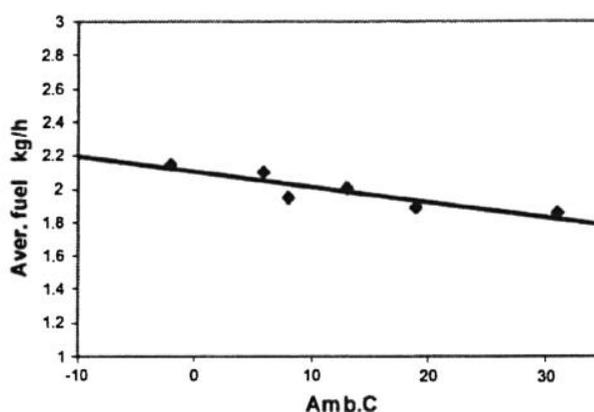


Рисунок 6 - Влияние рабочей температуры окружающей среды на расход топлива в городском цикле езды для двигателя S.I., соответствующего стандарту Euro 1 [22]

Типичный показатель эффективности преобразования топлива современного ДВС - 40% [4,5]. Всего лишь 9% энергии в топливе преобразуется в эффективную работу во время фазы холодного запуска, сокращение составляет примерно 30% [5, 7]. Это снижение эффективности является результатом того, что компоненты и жидкости (более подробно обсуждаемые в разделах 3 и 4) ниже их оптимальной температуры. На рисунке 3 показан энергетический баланс двигателя на этапе прогрева [7]. Левая диаграмма обеспечивает тепловой баланс энергии в камере сгорания, а правая диаграмма показывает 53% энергии, которая передается в виде тепла на стенки цилиндра. Энергия, передаваемая стенкам цилиндра, приводит к нагреву охлаждающей жидкости, металлической конструкции (включая блок и коленчатый вал) и смазки. 52% тепловой энергии не нагревает вспомогательные контуры (охлаждающая жидкость или смазка), а просто уходит в окружающую среду («неиспользованное тепло»). Только 4% уходит на нагрев смазочного материала. Samhaber показал эн. баланс радиатора двигателя с воспламенением от сжатия (предлагая сравнительные данные с данными, представленными в правой части рисунка 3). В данном исследовании определили, что 60% тепловой энергии было использовано для нагрева самого ДВС (блока, головки цилиндров), при этом около 20% отдается охл. жидкости, смазке – 10%. Снова наблюдается малая доля тепла передаваемой смазке.

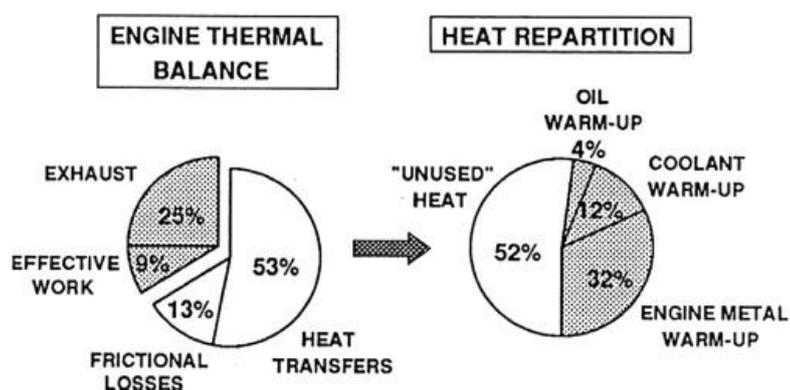


Рисунок 7 - Диаграмма теплового баланса энергии при прогреве 4-цилиндрового 1,7 л двигателя с искровым зажиганием [7].

1.2 Варианты тепловой подготовки автотранспортных средств при холодном хранении в условиях пониженных температур

Как отмечалось ранее, большинство автомобильной техники находится на открытом пространстве, зимой при отрицательных температурах. Это приводит к появлению проблем при запуске двигателя. Появляется приrost времени прогрева силового агрегата и уменьшаются временные рамки охлаждения после того, как автомобиль был остановлен.

Во время холодного пуска, при отрицательных температурах и последующего прогрева ДВС, в следствии нижеположенного теплового рядима силового агрегата, топливо, которое подается в цилиндр и камеру сгорания, не доходит до момента полного сгорания и испарения, из за чего и возможен его выброс в отработавших газах в виде неполноценных продуктов сгорания и окисления. Эти продукты оседают на холодных стенках цилиндра, убирая необходимые для правильной смазки масла, с зеркала цилиндра, далее они направляются в поддон ДВС и затем в выпускной тракт, тем самым увеличивая коррозионные износы, мощность, механические потери и увеличивают расход топлива.

Среднестатистический пуск двигателя происходит по утрам, когда температура окружающей среды не достигает своего пика. Все детали двигателя соответственно имеют такую же температура. При таких климатических условиях неприспособленная техника имеет меньшую надежность и производительность в сравнении с аналогами автотранспортных средств, совершающих работу в теплое время суток [5].

Необходимо прогревать ДВС при холодном пуске и уже предварительно разогретого. Необходимость заключается в том, что нет экономической целесообразности в том, чтобы использовать методы применения предпусковой тепловой подготовки масла и ОЖ до нужной температуры. Так же, температура

главных масс двигателя во время разогрева масла и ОЖ до оптимальной температуры, намного меньше, чем во время работы.

Различают два независимых научных направления по способу подогрева: предпусковой и послепусковой подогрев [27].

Проведя анализ способов подготовки ДВС, можно выделить три группы направлений предпускового прогрева двигателя:

- использование тепла от внешнего источника;
- холодный пуск;
- сохранение тепла от предыдущей работы двигателя.

Самыми широкими в применении при послепусковом прогреве выделяются способы:

- групповой;
- автономный
- самопрогрев двигателем

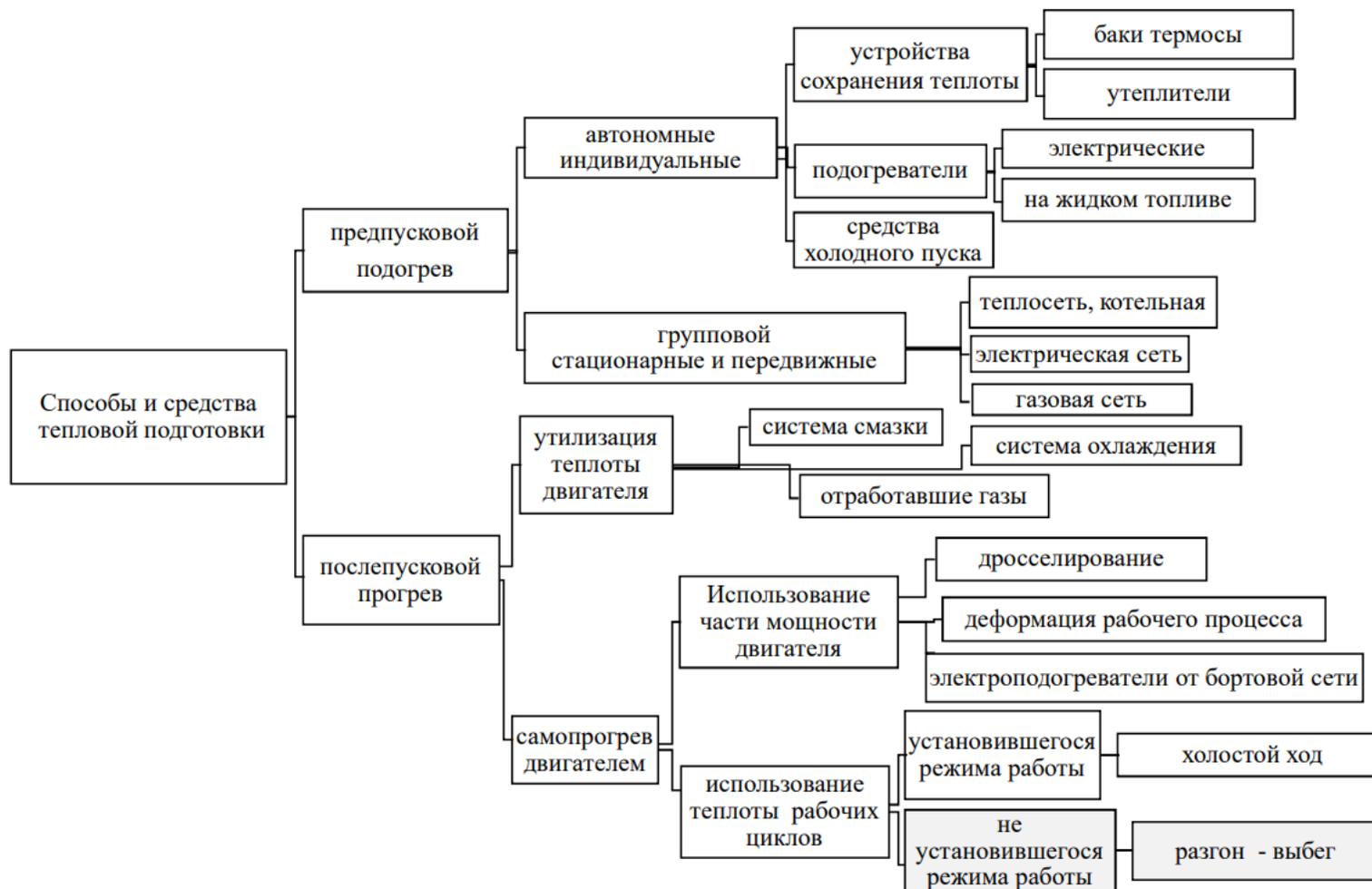


Рисунок 8 - Средства тепловой подготовки двигателя внутреннего сгорания



Рисунок 9 - Средства облегчения пуска дизельного двигателя

При групповом варианте прогрева имеющимися средствами могут быть как стационарные, так и передвижные. Возможно применение электрической и тепловой энергии. Так же может использоваться выработанная энергия газогенератора или энергия сожжённого газа. Теплота, передаваемая от источника используется непосредственно перед началом работы автотранспортного средства.

Преимущественно лучше использовать тепло на стадии подогрева, чем в режиме разогрева. Подогревая автомобиль снижается время простоя в период подготовки к старту работы силового агрегата и автомобиля.

1.4 Работа каталитического нейтрализатора на холодном запуске

Как и при любом другом сценарии желательно наблюдать низкий расход топлива в NEDC. Но в разделе 2 было указано, что европейское законодательство так же контролирует показатели по эмиссии. Большую работу для снижения вредных выбросов совершает каталитический нейтрализатор, который существует для снижения уровня углеводородов (HC), оксидов азота (NOx), и окиси углерода (CO). На рис. 4 [27] показан график эффективности преобразования, типичного каталитического нейтрализатора в зависимости от температуры. Полезная работа, совершаемая каталитическим нейтрализатором (КН) может достигать до 100%, но при холодном пуске он практически не дает преимуществ. Следовательно, система, в которой каталитический нейтрализатор начинает функционировать раньше, вероятно, будет иметь равное значение (если не больше) для производителей, чем усовершенствования системы, которые обеспечивают улучшение расхода топлива. Важно отметить, что любая стратегия, применяемая в транспортном средстве для улучшения расхода топлива, не должна значительно продлевать время, в течение которого каталитический нейтрализатор достигает температуры, при которой КН достигает 50% эффективности преобразования [4].

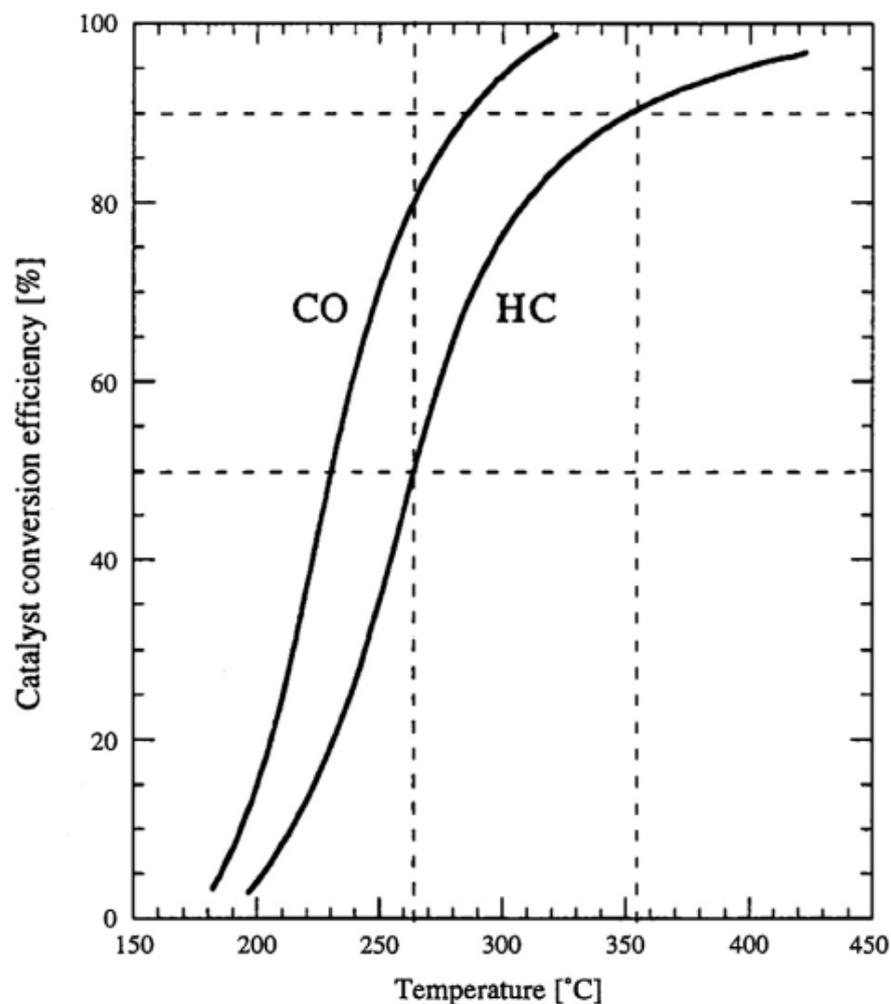


Рисунок 10 - Эффективность каталитического преобразователя [27].

Работа Гумуса была сосредоточена на использовании материала с фазовым переходом для предварительного нагрева двигателя и, следовательно, снижения выбросов, когда каталитический нейтрализатор был неактивен (поскольку основное внимание здесь было уделено использованию материалов с фазовым переходом) [29]. Однако, как часть его исследований, выбросы окиси углерода (CO) и углеводородов (HC) были измерены до и после каталитического преобразователя для двигателя объемом 1,6 л, при этом эти результаты показаны на рисунке 5 [29]. Хотя сравнение данных с предварительным нагревом и без измеряет эффективность стратегии предварительного нагрева. Можно использовать данные, представленные на рисунке 5, для измерения эффективности

преобразования каталитического нейтрализатора, связанного с выбросами углеводородов во времени. (показано на рис. 6). Как видно, КН не начинает улучшать рабочие хар-ки до тех пор, пока время прогрева не достигнет 400 с, и что он достигает максимальной эффективности только примерно через 1000 с. Это серьезная проблема, которую необходимо преодолеть, когда законодательные испытания на выбросы основаны на NEDC, длительность которого составляет 1200 с (это означает, что примерно треть испытания не имеет активного процесса последующей обработки выхлопных газов).

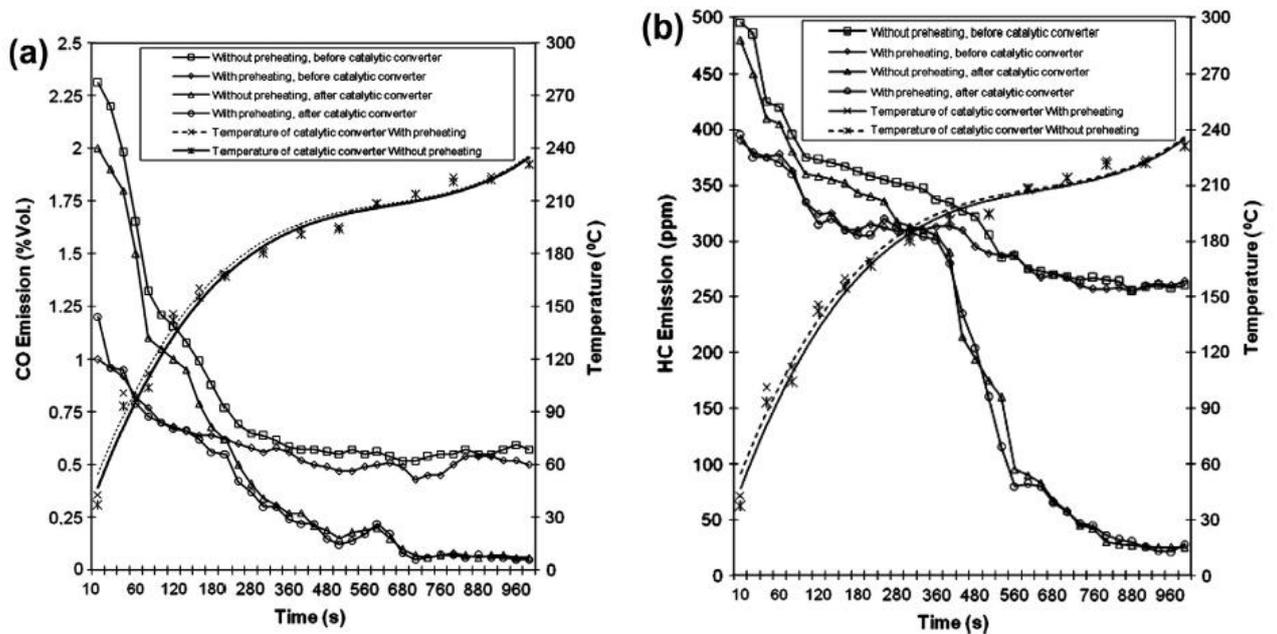


Рисунок 11 - Влияние температуры на эффективность каталитического преобразователя (а) выбросов HC и (б) выбросов CO [29].

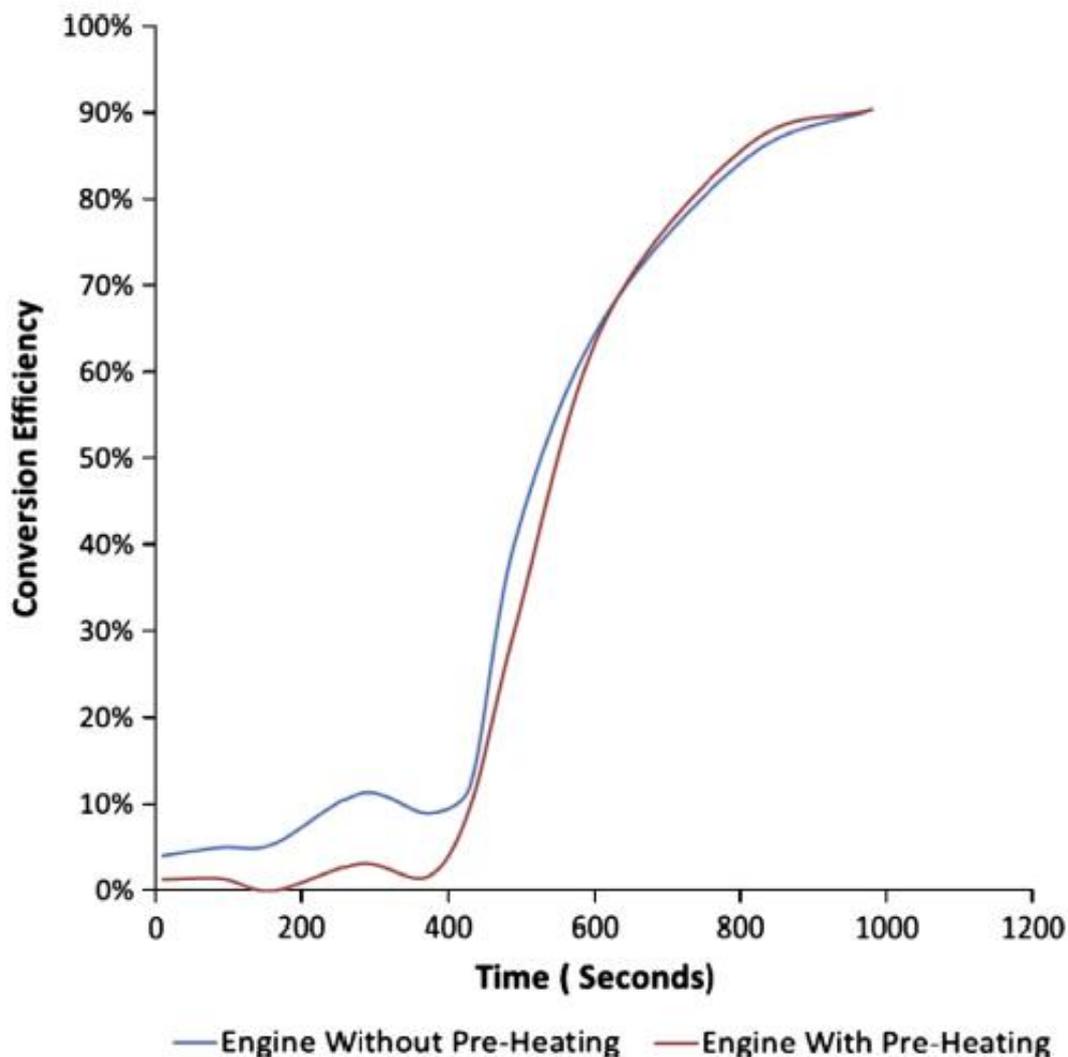


Рисунок 12 - График зависимости эффективности преобразования НС от времени для каталитического нейтрализатора во время прогрева как с устройством накопления энергии материала с фазовым переходом, так и без него, подключенным к контуру смазки двигателя, используя данные работы[29].

1.5 Влияние температуры смазки и охлаждающей жидкости на неэффективность холодного запуска двигателя

Как стало известно, термический КПД во время холодного пуска сильно уменьшается, и совсем небольшая часть тепловой энергии может быть преобразована в полезную работу. На рисунке 7 показан температурный профиль охлаждающей жидкости и смазки для ДВС с

рабочим объемом 1,6 л при работе при 10 Нм и 2000 об / мин [7]. По графику видно, что по мере прогрева двигателя (7 минут) температура охл. жидкости приобретает пиковое значение и это приводит к открытию термостата. Система начинает отводить тепло в окружающую среду через радиатор. В это время, можно наблюдать, что смазочный материал, все еще не находится в оптимальном состоянии даже через 15 минут [13],[14],[22].

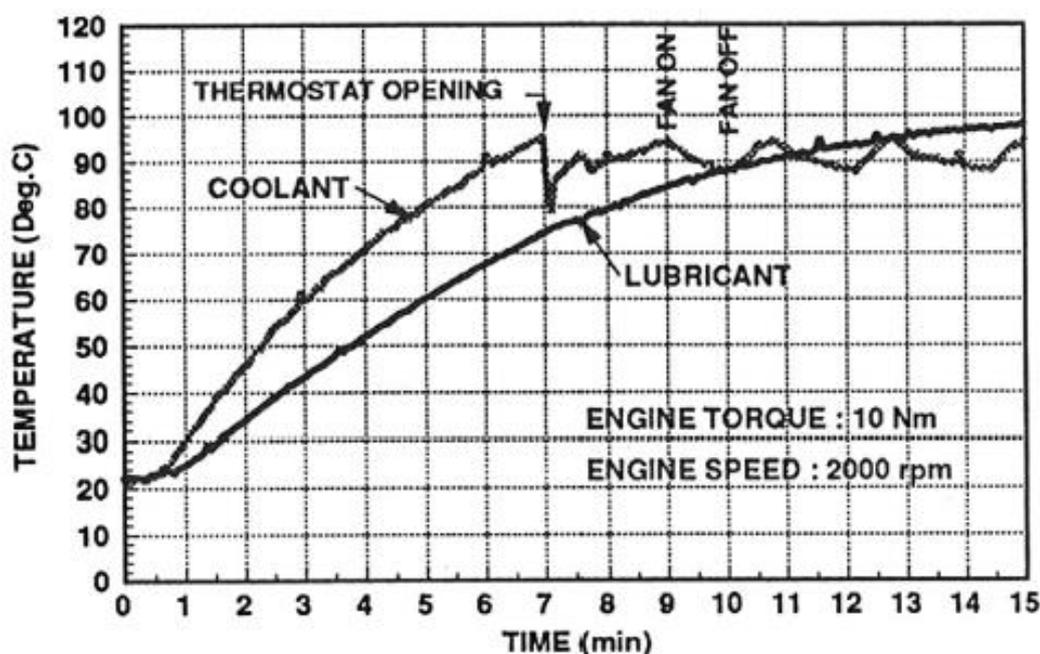


Рисунок 13 - График зависимости температуры смазки и охлаждающей жидкости [7].

Были проведены сравнения всех двигателей, разработанных за последние 20 лет, и было обнаружено, что на протяжении всего периода скорость прогрева смазочного материала составляла $0,1 \text{ }^\circ\text{C s}^{-1}$, о которых сообщалось. В то время как, скорость прогрева ОЖ, варьировалась 0,3 до $0,4 \text{ }^\circ\text{C s}^{-1}$. Эндрю в своей работе утверждает, что увеличение скорости прогрева смазкт имеет самое весомое значение для повышения эффективности холодного запуска. Было показано, что температура гильзы цилиндров сильно влияет на работу трения пары поршень-гильза [12].

Таким образом, во время холодного пуска необходим интенсивный нагрев охлаждающей жидкости, поскольку он снижает трение и улучшает качество сгорания. Эндрю изолировал воздействие низкой вязкости смазки на расходные характеристики ДВС от влияния низкой температуры ОЖ. Стоит подчеркнуть частоту, с которой двигатель подвергается такому циклу прогрева; средняя продолжительность поездки в их выборке составляла 11 минут, и что 67% поездок не превышали эту продолжительность. Таким образом, можно утверждать, что смазочный материал проводит большую часть своего времени, работая при неоптимальных температурах. Действительно, если взять работу Андре и объединить ее с рис. 7, можно увидеть, что при двух третях работы двигателя смазка не будет нагреваться до нужной температуры [10, 22].

1.6 Восприимчивость смазочных материалов к температуре

Высокая температура стенок цилиндра является одним из главных показателей для эффективной работы ДВС. Смазка необходима для снижения трения в двигателе. При сильно вязкой смазке увеличиваются потери на трение, что приводит к увеличению вредных выбросов и расхода топлива. В ДВС есть ряд систем производительность которых напрямую зависит от качества смазывания. Подшипники коленчатого вала затрагивают 1/3 от общих потерь на трение во время разогрева двигателя. Механические потери из-за трения зависят от взаимодействия между трущимися поверхностями вместе со смазкой. Штрейбека наглядно показывает, как ведет себя смазка, показанной на рисунке 8 [36]. Коэффициент трения принят равным 1. Число Зоммерфельда определяется

как: $S_o = \frac{ZN}{P}$ где,

Z = динамическая вязкость смазочного материала ($H \cdot c \cdot m^{-2}$)

N = относительная скорость двух поверхностей ($m \cdot c^{-1}$)

P = приложенная нагрузка на единицу ширины подшипника ($H \cdot m^{-1}$).

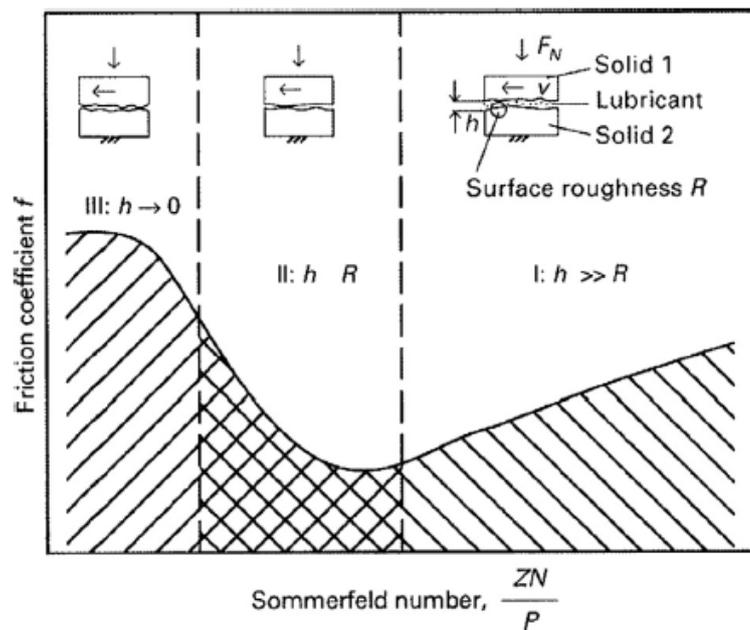


Рисунок 14 - Кривая Штрейбека,

где Z - динамическая вязкость смазки, N - частота вращения подшипника, а P - нагрузка на подшипник [36].

На графике изображены три режима разделенные вертикальными линиями: граничный, смешанный и гидродинамический (слева направо). Наименьшие потери на трение происходят при переходе от смешанного к гидродинамическому режиму. Для двигателя необходима минимизация трения. Для этого необходимо обеспечить подачу смазки с соответствующим значениям. Для низких температур необходимо подбирать такую смазку, при которой вязкость не сильно высока, чтобы трение увеличивалось в гидродинамическом режиме (обычно это проблема при низких температурах), Но при высоких температурах вязкость смазки не становилась настолько низкой, чтобы смазочная пленка начала разрушаться.

Шейлер использовал среднее эффективное давление механических потерь (FMER), чтобы охарактеризовать влияние вязкости смазочного материала при использовании ряда смазочных материалов различных марок на 2,4-литровом дизельном двигателе с непосредственным

впрыском. Некоторые результаты работы, показанные на рисунке 9 [37], указывают на увеличение FMEP связанного с вязкостью смазки. Зависимость вязкости смазочного материала от температуры показана на рисунке 9б. На графике можно наблюдать, что из-за вязкости смазки FMEP силового агрегата может 8 бар, это означает, что происходит 4-х кратное увеличение по сравнению с обыкновенными значениями среднего эффективного давления механических потерь для полностью прогретого ДВС (как правило эти значения варьируются от 1,5 бар до 2 бар [4]). Данное соотношение позволяет оценить влияние не совсем приемлемых вязкостей смазке изолируя все преимущества в эффективности, которые обеспечиваются увеличением температур других основных тепловых масс в ДВС (к примеру, увеличение температуры стенок гильзы). График, показанный на рисунке 9, также дает подтверждение, что для двигателя является доминирующим режим гидродинамической смазки, а не граничной или смешанной смазки. Если обратиться к кривой Штрейбека то можно наблюдать увеличения коэффициента трения только при гидродинамическом режиме из за увеличения вязкости и, следует сказать, что в ДВС преобладают граничная или смешанная смазка. Предполагается, что среднее эффективное давление механических потерь будет увеличиваться с падением вязкости смазки.

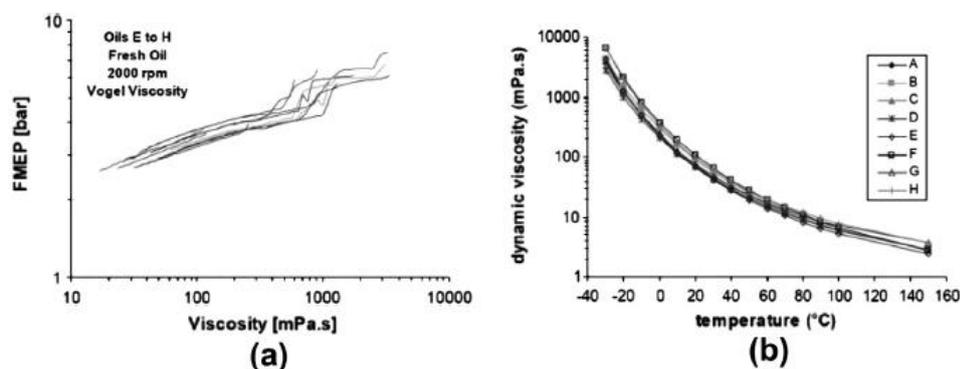


Рисунок 15 - Измерение среднего эффективного давления механических потерь двигателя по динамической вязкости смазочного материала в зависимости от температуры

Эндрю исследовал двигатель Ford CVH. Ford CVH (двигатели с искровым зажиганием), для которых охл. жидкость была заранее нагрета до 95 ° C, однако смазка была нагрета естественными способами. Таким образом можно было наблюдать эффект повышенной вязкости смазочного материала, когда были изолированы эффекты передачи низких температур от стенок цилиндра и ОЖ. В результате эксперимента, можно было увидеть, что расход топлива увеличился на 25% (двигатель имел постоянную нагрузку 6 кВт) в результате повышения вязкости смазки в начале цикла, в сравнении с тем, когда он был полностью прогрет. В данном опыте наблюдалось увеличения расхода топлива в течение 10 минут до полного прогрева силового агрегата. За последние годы проводилась большая работа, в которой принимались различные попытки стабилизировать свойства различных видов смазки (особенно вязкость), все синтетически масла превратились в смеси имеющие свои стабилизаторы вязкости. Стабилизаторы вязкости – полимерные молекулы, их работа происходит за счет того, что они сильнее растворяются при высоких температурах, нежели при низких [39].

Модификаторы вязкости бывают:

- Гидрогенизированный полиизопрен (изопрен).
- Полиметакрилаты (метакриловые кислоты и спирты).
- Олефиновые сополимеры (этилен, пропилен и бутилен).
- Стирол-бутадиновые сополимеры (бутадиен-стирол).

Смазка, которая была бы не чувствительна к температуре, еще не разработана, а основные кривые вязкости, зависящие от температуры представлены на рисунке 10 [40]. На данном рисунке можно наблюдать преимущество всесезонных смазок относительно моносортных.

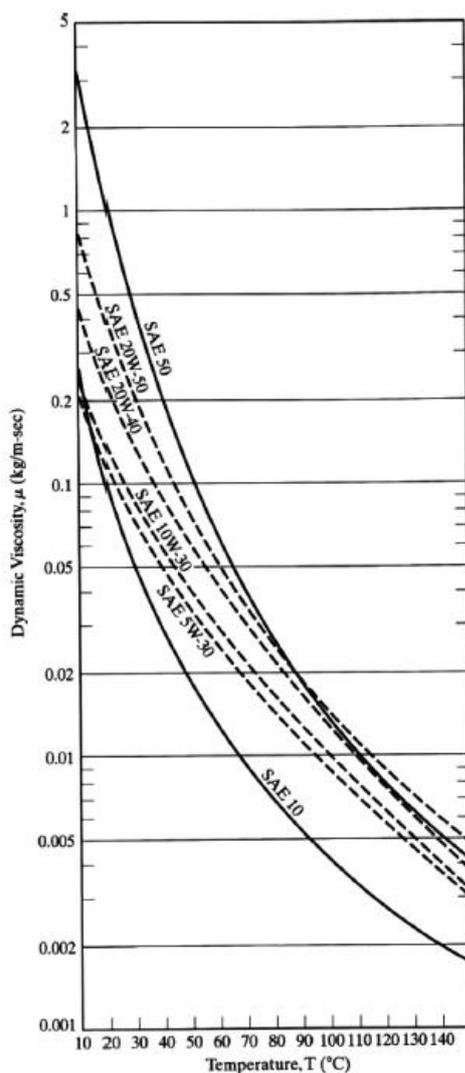


Рисунок 16 - Изменение динамической вязкости в зависимости от температуры для моносортов SAE и всесезонных смазок для двигателей. Всесезонные смазочные материалы показаны пунктирными линиями, а одноосновные смазочные материалы показаны сплошными линиями [40]

1.7 Выводы

Рассматривая вопросы касающиеся климата на территории Российской Федерации, даётся анализ воздействия окружающей среды на характеристики двигателя внутреннего сгорания и определяются самые неблагоприятные условия для эксплуатации автомобиля. Обозначается ряд факторов, которые происходят в следствии эксплуатации транспортного средства в зонах с пониженными температурами и зимних периодов.

Основными задачами затронутыми в первой главе является анализ проблем холодного пуска, рассматриваются законодательные требования по выбросам.

На основании этого анализа проведено заключение о последствиях, которые произойдут при холодном пуске силового агрегата.

Так же существуют варианты тепловой подготовки автотранспортных средств во время стоянки на открытых пространствах при низких температурах.

Оценено влияние каталитического нейтрализатора, температуры смазки и охлаждающей жидкости на неэффективность холодного пуска двигателя. Построены графики, которые наглядно показывают характер поведения вязкости масла под действием различных температур.

В контексте всех изученных работ были сформированы основные направления, в которых следует углубляться, чтобы избежать всех возможных негативных эффектов, которые оказываются на силовой агрегат во время запуска и эксплуатации в условиях пониженных температур.

2 Потенциальные улучшения производительности при холодном запуске

Этот раздел описывает стратегии, которые были предложены для улучшения проблем, связанных с холодным стартом. Таким образом, есть три основных эффекта холодного запуска двигателя, а именно:

-Смазка слишком вязкая, что приводит к высоким потерям на трение.

-Слишком холодные стенки цилиндра двигателя приводят к плохому сгоранию и повышенному трению поршня / гильзы.

-Каталитический нейтрализатор слишком холодный, чтобы обеспечить удовлетворительную эффективность преобразования выхлопных газов.

На рисунке 11 показана принципиальная схема различных проблем с характеристиками холодного запуска двигателя и их взаимосвязей. На протяжении всего времени существования автомобилестроения были применены различные методы для улучшения характеристик. В последующих главах о них будет рассказано более подробно. Взаимосвязи между различными системами двигателя и транспортного средства являются сложными, и поэтому попытка решить одну проблему может привести к ухудшению другого показателя эффективности. Относительные преимущества различных стратегий также зависят от серьезности холодного старта. Если рассматривать ситуацию, когда ДВС испытывает холодный пуск (т.е. вся система ДВС испытывает температуру, близкой к температуре окружающей среды), есть необходимость принять определенную стратегию для дальнейшего функционирования, которая обеспечивает ускоренный прогрев без использования дополнительного теплового потока. Также есть сценарий активации двигателя - «теплого запуска», (ДВС ниже рабочей температуры, но все равно находится в спектре температур выше окружающей среды, поскольку он работал незадолго до этого. В таких обстоятельствах способы накопления энергии могут быть эффективными для того, чтобы немного отложить время

охлаждения, если выполняется условие, что кратковременный интервал времени между повторными запусками ДВС не означает, что достаточно для полной разрядки устройства накопления энергии. За этим происходит нагрев все массы двигателя внутреннего сгорания, которая, может может увеличить фазу прогрева ДВС относительно обычного равномерного холодного пуска. Поэтому следует что, все ранее принятые решения либо пытаются уменьшить холодный пуск двигателя, то есть пытаться сохранить двигатель нагретым, пока он не работает, либо улучшить баланс энергии (на рис.11) более современным и эффективным способом для прогрева ДВС занимающего меньшее время. Как мы знаем, что, из энергии, передаваемой всей тепловой массы двигателя от сгорания, в смазке остается только 4%, что означает, что ДВС будет прогреваться медленно; в то же время 32% тепла, все еще остается в блоке цилиндров. В этом нет никаких преимуществ за исключением одного — это будет нагревать гильзу цилиндра. Тем не менее, оставшиеся 52% энергии, выделяемой при сгорании, выделяется из системы в виде отработанного тепла. Можно разглядеть возможность повышения КПД двигателя во время его прогрева – перераспределить энергию, например, использовать это тепло для разогрева смазочной жидкости. Принято считать, что от 15 до 40% [25,44–46] энергии, выделяющейся при сгорании, выделяется в окружающую среду через выхлопные газы. В таблице 2 приводится сводная информация о стратегиях, используемых для повышения эффективности холодного запуска, и об ощущаемом эффекте, который каждая стратегия оказывает на разные подсистемы, в то время как различные стратегии более подробно обсуждаются в последующих разделах.

Таблица 2 - Сводная таблица потенциальных решений проблем
холодного запуска двигателя.

	Прогрев смазочной жидкости	Улучшение интенсивности сгорания	Функциональность кат. н-ора	Внедрение в системы автомобиля	Влияние на расходные хар-ки ДВС	Эмиссия
Восстановление энергии выхлопных газов (Раздел 6.1)	X	X	-	-	X	
Использование теплозащитного покрытия (раздел 6.2)		X	X	X	X	X
Стандартная изоляция (раздел 6.3)	X	X	X	-	X	X
Предварительно подогретая охлаждающая жидкость (раздел 6.4.1)	X	X	X	-	X	X
Контроль потока охлаждающей жидкости (Раздел 6.4.2)	-	X	X	X	X	X
Отвод потока смазки (Раздел 6.4.3)	X			X	X	X

Продолжение таблицы 2

Стоп старт технологии (Раздел 6.4.4)	-	-	-	X	X	
Материал с изменением фазы (Раздел 6.5)	-	-	-	X		

-	Негативный эффект
	Нейтральный эффект
X	Позитивный эффект

2.1 Применение теплообменников совместно с выхлопными газами

Выхлопные газы были и остаются одним из интересных направлений для рециркуляции тепловой энергии, известно, что от 15 до 40% энергии топлива, поступающей в двигатель, содержится в выхлопных газах [25,47]. Газы, при выходе из ДВС, имеют температуру, достигающую до 900 °С [4,48]. Если применять данные газы в системе прогрева ДВС, то можно добиться ускоренного результата во время холодного запуска. Однако, существует вероятность, что отвод тепловой энергии из выхлопных газов может увеличить время отключения каталитического катализатора из-за чего начнется повышение вредных выбросов (рис. 11).

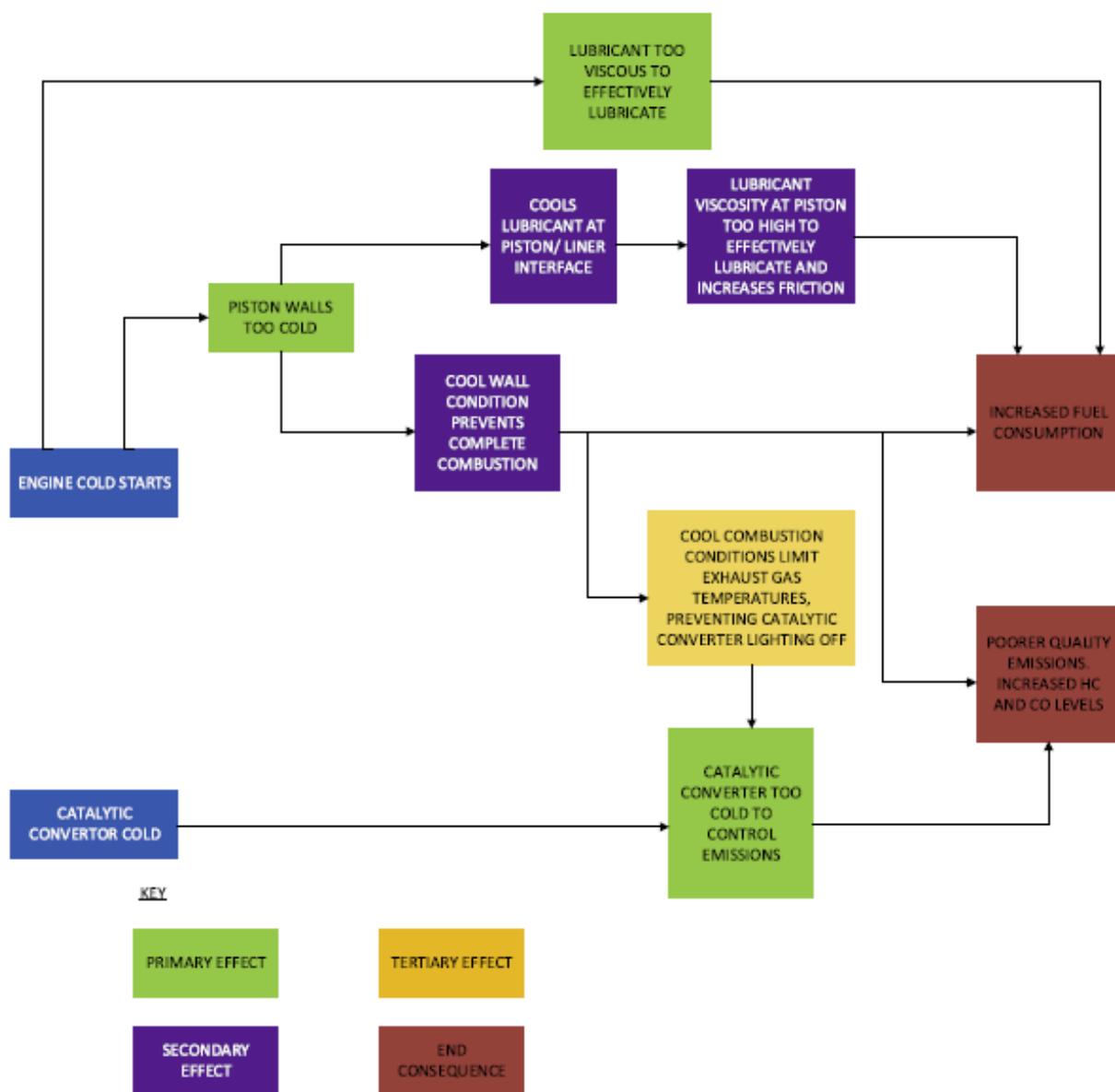


Рисунок 17 – Потенциальные проблемы при холодном пуске

Во время разогрева системы смазки ДВС плохим сценарием называется уровень, когда отключается каталитический нейтрализатор для регулирования выбросов. Для решения данной проблемы, необходимо улавливать газы за каталитическим нейтрализатором. Средняя длина от выпускного коллектора до КН обычно составляет около 100 см [28]. Во время экспериментов данные показали, что уменьшение температуры на 200 ° происходит только сзади КН на длине 1 м. Так же, при установке системы улавливание тепловоей энергии из выхлопных газов влечет за

собой увеличения массы автомобиля, что приведет к большему расходу топлива.

Научные статьи по рекуперации тепловой энергии из выхлопных газов были написаны давно и собрали вместе большую историю. Первые исследования по нагреву охл. Жидкости ДВС по средством теплообменника и потока газов были проведены более 40 лет назад. В данной работе рассматриваются старые методы и их результаты, но следует помнить, что с того момента развитие технологий не останавливалось. Т.к. автомобиль был старый на нем не было установлено КН, следовательно, не было необходимости учитывать какое-либо негативное влияние на производительность каталитического нейтрализатора. В сообщенных работах был установлен теплообменник охлаждающей жидкости к отработавшему газу, который был направлен на сокращение времени прогрева и, следовательно, на снижение расхода топлива двигателя объемом 3,3 л. В рамках этой работы автомобиль двигался как по высокоскоростной двухполосной дороге (что, привело к высокой нагрузке на двигатель), также и в центральном районе города, трафик в котором состоял из низких нагрузок на ДВС.

Все данные подтверждают, что при использовании теплообменников повышается эффективность прогрева ДВС. 85 ° С была самая высокая температура этого силового агрегата. Так же было установлено, что применение теплообменника наиболее эффективно в условиях высоких нагрузок на двигатель. Как известно, время прогрева охл. жидкости напрямую зависит от температуры окружающей среды, но в условиях высоких нагрузок на ДВС время прогрева достигало и 5 и 5,5 минут, но это время можно было изменить до 1 минуты за счет использования теплообменника. В рассматриваемой работе не было сведений об уровнях выбросов вредных эмиссий, но применение теплообменника показало, что снижения расхода топлива снизилось на 2,2% на высоких и низких нагрузках. Обычно температура охлаждающей жидкости стремится к

температуре смазки. Передача тепла от в. газов тепловой массе ДВС очень неэффективно. Боретти и Уилл [5] подсчитали, что передача тепла от в. газов к смазке передает около 0,8% доступной тепловой энергии. Отсюда следует, что экономия топлива, достигалась в результате уменьшения трения поршня, а не резкого увеличения температуры смазочной жидкости.

Данная работа ясно отражает обоснование внедрения технологии. Испытатели сосредоточились на стиле вождения скоростной автомагистрали. Маршрут имел длину 12,4 км и был пройден за 9 мин 45 с (средняя скорость 76 км с^{-1}). Было доказано, что ДВС, оснащенный теплообменником потреблял на 40 мл меньше топлива, чем обычный тип ДВС. Испытатели предположили, что машина в среднем совершает два ХП каждый день. Когда документ был написан, авторы сочли, что представленная экономия представляет собой незначительный случай того, оправдывает ли предложенная экономия топлива расходы на такой аппарат. Но если учитывать рост цен на топливо, то можно увидеть экономическое обоснование применения данной технологии.

Как говорилось в работе Геттлера [24] не показала большого влияния на высокую интенсивность нагрева смазочной жидкости т.к. было слабое взаимодействие между ВГ и смазкой [5], [24]. Эндрюс хотел увеличить уровень теплопередачи между смазкой и ВГ, используя нескольких теплообменников [22]. ДВС рабочим объемом 1,4 л с искровым зажиганием был собран по схеме теплообменник смазочной жидкости / теплообменник охлаждающей жидкости для увеличения скорости нагрева смазки до оптимальной температуры, но также параллельно был собран силовой агрегат по схеме теплообменника между ОЖ и потоком выхлопных газов. Бызовый двигатель был сравнен со следующими вариантами компоновок:

-Активирован теплообменник смазочно-охлаждающей жидкости и теплообменник охлаждающей жидкости / выхлопных газов.

-Активен только теплообменник смазочно-охлаждающей жидкости.

По результатам исследования выяснилось, что в сравнении с базовым ДВС один только теплообменник смазка / охлаждающая жидкость приводил к максимальному снижению температуры ОЖ на 10°C . Температура смазки показывала максимальное повышение температуры на 6°C в ходе первой минуты испытания, однако была небольшая разница по сравнению с базовым ДВС в остальной части испытания. Разница была 4. Это привело к к 6%-ному улучшению удельного расхода топлива. Важным моментом для достижения целевых показателей, являлся постоянный контроль ОЖ.

Во время испытаний теплообменника охлаждающей жидкости/отработавших газов, был скачок потребляемой тепловой энергии, но эту энергию компенсировало то, , и температуру охлаждающей жидкости увеличивали максимум на 20°C , и температуру охлаждающей жидкости увеличивали максимум. Данная схема привела к улучшению удельного расхода топлива на 17%. Испытания подтвердили, что обе технологии благоприятно влияют на расход бензина при ХП и что корреляция технологий возможна, предложить улучшенные преимущества и сбалансировать негативные эффекты различных подсистем.

Исследования Эндрю и Уиллом по применению ВГ как аккумулятора энергии повторяли вышеприведенные работы только для двигателей с искровым зажиганием, одновременно с ними шли исследования по дизельным двигателям. Кауранен также так же изучал и применял материалы с фазовым переходом как среду для накопления энергии. Существует разница с работой Геттлера, который публиковал преимущество более быстрого нагрева охлаждающей жидкости от потока ВГ, Уилл и Боретти писали, что ОЖ является недостаточной и малоэффективной средой для обмена тепла от выхлопа к смазке [5]. Их анализ показал, что эффективность при передаче тридцати двух процентов тепла, реализуется только при регенерации теплоты исходящей от

выхлопных газов к самому смазочному материалу, тогда как от эффективности использования контура теплоносителя, который используется как промежуточная система теплопередачи, только 0,8 %. Основное внимание в этой работе уделялось именно на использовании тепла исходящего от выхлопных газов к теплообменнику смазочного материала. Данный опыт показал преимущество в 7% эффективности, в сравнении с установкой без применения теплообменника. Сокращение эмиссий углеводородов составило 2%. Из этого следует, что выбросы NOx сократились на 18%, а выбросы CO сократились на 26%. Для такого сокращения вредных эмиссий, теплообменник необходимо располагать в задней части кат. нейтрализатора. Было подтверждено, что нагретая смазка не только снижает трение, но и ведет к увеличению температуры гильз цилиндров, поршней, а это приводит к улучшенному полному сгоранию ТВС.

2.2 Использование тепловой энергии от выхлопных газов совместно с термоэлектрическими элементами

Подход остался прежним – рассматривалась энергия тепла исходящая от выхлопных газов, но применялся другой метод. Он заключался в применении энергии тепла в выхлопных газах по средством эффекта Зеебека [46]. Эффект Зеебека – выработка напряжения при соприкосновении двух разнородных материалов при разной температуре.

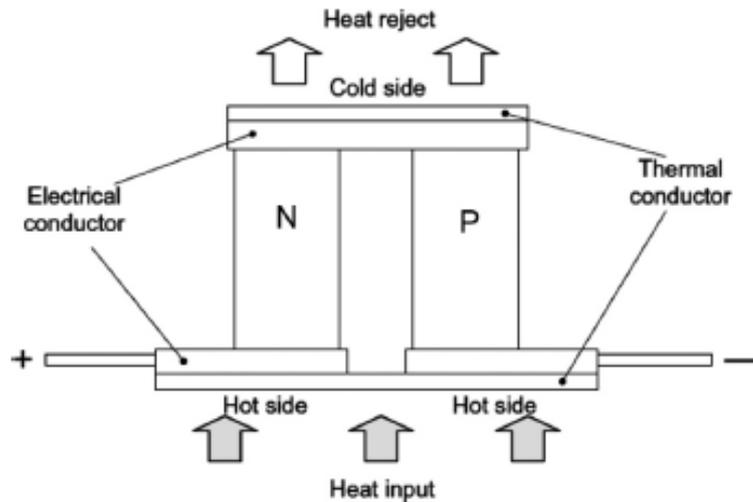


Рисунок 18 – Схема термоэлектрической установки

Основным показателем по выбору материал для использования в ДВС термоэлектрического генератора (ТЭГ) определяется критерием качества, определенным как Z в [46,49]. Таким образом, можно видеть, что для применений ТЭГ материал должен иметь высокий коэффициент Зеебека и низкую теплопроводность и небольшое удельное электрическое сопротивление [46,49].

КПД ТЭГ, как правило, составляет 3% до 5% [49], а Матсубара говорит согласно своим исследованиям, что КПД составляет всего 1%, а в 2013 году, компания BMW полагается на максимальную выходную мощность ТЭГ, равную 1 кВт [46], [50]. Потенциальная причина низкой эффективности преобразования энергии может быть объяснена тем, что падения энергии происходит из-за длины блока ТЭГ. Кумар [48] выяснил, что создаваемая мощность может достигать падения на 80% при длине бока ТЭГ 400 см, в то время как Брито [46] определили, что существует слишком большая зависимость от длины блока и добиться повышения энергии, не уменьшая длины достаточно сложно. Ю и Чау показали, что достижения высокой выходной мощности может быть возможным только

благодаря сложному электрическому оборудованию. Применяя только таких технологий, принесет повышение энергии до 22% (если сравнивать с базовыми комплектациями). Можно сказать опираясь на исследования, что только при хорошо настроенной, оптимизированной системы можно добиться мощности от 552 Вт до 600 Вт [44].

Ограничивающим фактором является максимальная рабочая температура. Рекуперация тепла из ВГ происходит с помощью теплообменника и что температура контролировалась контуром охлаждающей жидкости двигателя. энергетический баланс для ТЭГ показан на рисунке 18. ТЭГ восстанавливает 64% энергии из ВГ, попадающих в него. Но 58,7% входной энергии передается ОЖ из-за ограничений рабочей температуры устройств ТЭГ, что ограничивает электрическое напряжение. Выработка составляет всего 3% от всей энергии выхлопных газов.

2.3 Активные методы управления системой для улучшения характеристик холодного запуска автомобиля

Все вышеупомянутые методы решения были основаны на замене или дополнительным применением материала, который было бы целесообразно применить для холодного запуска двигателя. Современные а/м оснащены совершенно новыми и новаторскими системами управления. Главными достоинствами таких систем заключается в возможности использовать системы во время прогрева ДВС, чтобы сократить время прогрева ДВС до оптимальной температуры, и отключить эти системы, когда двигатель прогрет чтобы избежать перегрева.

2.4 Предварительно нагретая охлаждающая жидкость

Заммит проводил испытания с дизельным двигателем рабочим объемом 2,6 Л. [35]. Испытания заключались в заранее прогретой охл. жидкости. На двигателе применялся узел охладителя масляного фильтра,

который предназначен для передачи тепловой энергии между ОЖ и смазкой. Причина использования данной установки заключалась в том, чтобы обеспечить охлаждение смазки при высокой нагрузке, устойчивом режиме работы и обеспечить нагрев смазочной жидкости во время холодного запуска (когда смазка имеет температуру ниже, чем ОЖ). Заммит использовал для ДВС электронагреватель мощностью 3 кВт и нагревал охлаждающую жидкость до 90 ° С. Прогретая ОЖ поступала в систему охлаждения, когда узел охладителя масляного фильтра был разомкнут, и максимальное напряжение теплопередачи от ОЖ были выше 4 кВт. При достижении всех параметров контур с предварительно прогретой ОЖ был активирован. Испытания показали увеличение температуры смазочного материала в масляной магистрали с 25 ° С до 45 ° С, в то время как, температура смазки в подшипниках увеличилась на 5 ° С. Это испытание показало, что местная температура смазочного материала зависима от температуры массы ДВС. Тем не менее, показатели повышения температуры на 5 ° С с 35 до 40 ° С разогрели смазку и привели к снижению вязкости. В связи с этим уменьшились потери на трение.

Бент также исследовали концепцию использования предварительно нагретой охлаждающей жидкости [11]. Относительно работы Заммита их работа была сосредоточена не только на снижении трения в подшипниках, но была нацелена полностью на силовой агрегат и рассматривались только ДВС с искровым зажиганием. В данном исследовании предварительно нагретую охлаждающую жидкость пускали через блок и головку цилиндров, а не использовали как передатчик тепла. Испытания проводились путем циркуляции охлаждающей жидкости за 20 с до запуска двигателя, хотя также проводилось сравнительное испытание охлаждающей жидкости, циркулирующей только с момента обжига. Из представленных данных не наблюдалось никакой выгоды в предварительной циркуляции охлаждающей жидкости перед запуском по

сравнению с введением предварительно нагретой охлаждающей жидкости только после использования двигателя; однако уровни трения были снижены по сравнению с ситуацией без предварительного нагрева, при этом выгоды от 5% и 9% от FMEP наблюдались для предварительного нагрева блока и головки соответственно.

2.5 Поток охлаждающей жидкости

На рис. 11 можно видеть, что одним из факторов, влекущих уменьшения расхода топлива, выбросов во время холодного запуска, является температура гильзы цилиндра. Существует связь между температурой стенки цилиндра и охл. жидкостью. В то время как прогревается ДВС, ОЖ циркулирует через так называемый «цикл обхода». Во время прогрева термостат не открыт, и тепло не отводится через радиатор. Во время такого циркулирования охл. жидкость проходит через блок и это ведет к охлаждению гильз, хотя и в меньшей степени чем если бы был активен радиатор. Скорость насоса охлаждающей жидкости напрямую зависит от оборотов коленчатого вала. Обычный водяной насос может обеспечивать требуемую скорость потока только для 4% времени работы ДВС, а все остальное время работы силового агрегата система перегревает двигатель. Для этого было проведено исследования охлаждения системы независимо от оборотов коленчатого вала. Данная технология имеет достаточно высокую стоимость и быть реализована на коммерческой основе, Уилл [8] сообщил, что такая стратегия стоит 5 евро за 1% снижения расхода топлива.

Гардинер провели исследования влияния скорости циркуляции охлаждающей жидкости при прогреве двигателя объемом 2,0 л. Как правило, верхняя часть гильзы нагревается в процессе сгорания, а нижняя часть гильзы нагревается вследствие разбрызгивания теплой смазки. Было доказано, что механические потери ДВС связаны с динамической

вязкостью смазочного материала. Это показывает важность температуры самих гильз на фазе холодного пуска для уменьшения трения [12].

Изменение скорости циркуляции охлаждающей жидкости показан на рисунке [12] как для прогрева, так и для работы в стационарном режиме для разных положений по длине гильзы двигателя. Независимо от того, что расход охл. жидкости оказывает значительное влияние на температуру вкладыша, тем не менее ограничение существующим для расхода топлива. Экономия составляет 0,6–1,1%. Это происходит из-за того, что из системы исключается насос охл. жидкости приводимый в движение ремнем, который вместо этого обеспечивается электродвигателем.

Бент проводил исследования 4-цилиндрового ДВС с искровым зажиганием. В данном эксперименте отключали поток охл. жидкости, пока температура на выходе не достигла 60°C , затем подавали поток и не прекращали его останавливать на протяжении 30 с, затем снова отключали на 60 с. Цикл повторялся.

Было обнаружено, что снижение потребления топлива, составило менее 2% и связано с сокращением работы насоса. Были незначительны снижены выбросы НС. Если сравнивать Самхабера, то он разработал тепловую модель с тепловым элементов для имитации прогрева дизельного двигателя с впрыском топлива непосредственно в цилиндр ДВС объемом 2,0 л. [9]. Двигатель был оборудован теплообменником для смазки и охлаждающей жидкости. Было установлено, что при уменьшении скорости потока охл. жидкости на 10%, ее температура снижалась на 6 градусов. Это является прямой связью с уменьшением теплоотдачи из ГБЦ. Из условия, что был установлен теплообменник, температура капельной смазки так же снизилась на 5 градусов. В ходе эксперимента было показано отрицательное влияние данной установки с теплообменником на расход топлива. Расход топлива увеличится на 0,6%. Стоит сказать, что при извлечении теплообменника из системы теплообменника смазочно-охлаждающей жидкости ситуация меняется на

противоположную. Хотя температура охлаждающей жидкости все еще снижается, температура смазки увеличивается на 2°C . Следовательно, расход топлива в результате уменьшения расхода охлаждающей жидкости показывает снижение расхода топлива, при этом прогнозируемый базовый расход топлива составляет $7,86 \text{ л } (100 \text{ км})^{-1}$, а моделирование с уменьшенным расходом охлаждающей жидкости уменьшает его на 0,5%. Такой вывод подчеркивает необходимость рассмотрения индивидуальной комбинации стратегий управления температурным режимом, действующих на отдельном двигателе, для обеспечения того, чтобы сделанные изменения имели положительное влияние.

Работа Брейса уделяла основное внимание использованию насосов охлаждающей жидкости с электроприводом для исследования компромисса между снижением потребления топлива за счет повышения рабочих температур в результате уменьшения расхода охлаждающей жидкости. Был установлен дроссельный патрубок на выходе насоса охлаждающей жидкости. Это было сделано для того, чтобы смоделировать изменение скорости насоса, как если бы использовался дизельный двигатель с рабочим объемом 2,4 л. Во время испытаний, при частоте оборотов равной 2000, температура смазочного материала в главной масляной магистрали кратковременно увеличивается до 15°C . Это привело к увеличению NO_x на 11–16% (эмиссия NO_x при базовой комплектации составляла 2,0 г (кВт · ч). Во время высоких нагрузок расход топлива увеличился на 1,5%, а эмиссия NO_x возросла на 45% [57].

Во время испытаний установили, что температура охл. жидкости и смазки не зависят от изменения скорости теплового потока.

2.6 Stop-Start

На современном рынке утилита Stop-Start является распространенным интегрированным в автомобиль нововведением, но невозможно точно сказать является ли она решением для холодного запуска

ДВС. Технология Stop-Start отключает двигатель, тем самым прекращает вредные выбросы и снижает расход топлива до нуля.

Однако время прогрева двигателя продлевается на холодно пуске.. Отсюда следует, расход бензина будет выше. Еще одной важной особенностью является то, что пока ДВС не работает, выхлопные газы отсутствуют, поэтому кат. нейтрализатору необходимо больше времени для прогрева. Для опыта был взят 4-цилиндровый ДВС с искровым зажиганием, рабочим объемом 1,6 Л. [11]. Для NEDC используется 14 фаз холостого хода общей продолжительностью 340 с; Бент рассчитал, что расход топлива уменьшится на в 42,5 г или 6,9%. Автомобили, согласно статистике, находятся в припаркованном состоянии в среднем в течение 18% времени. Однако существуют некоторые проблемы. При использовании технологии старт-стоп время открытия термостат достигает 177 с. В момент открытия термостата (температура ДВС 88 градусов), охл. жидкость прогрета на 10 градусов меньше, чем при базовой комплектации.

Данная технология пользуется большой популярностью у производителей, но как показал эксперимент это не является решением проблемы на этапе холодного запуска.

2.7 Материалы с фазовым переходом

Материалы с фазовым переходом являются интересным и перспективным направлением для дальнейшего изучения и применения их в машиностроении Однако, прежде чем обсуждать использование РСМ для повышения эффективности холодного запуска автомобилей, необходимо понять их характеристики.

Когда обсуждалось использование стандартных изоляционных материалов, утверждалось, что низкая теплопроводность изолятора (относительно изолированного объекта) препятствовала тепловому потоку

от источника. На примере работы Бургина, когда внешние поверхности двигателя были изолированы, низкая теплопроводность изоляции создавала высокий температурный градиент по всей толщине изоляции, поддерживая тем самым более высокую температуру вблизи внешней поверхности двигателя, чем обычно, и, следовательно, снижение теплового потока [56].

Материалы с фазовым переходом сохраняют тепло за счет изменения собственной фазы (тепло либо аккумулируется, либо уходит из-за материала и за счет этого тепла происходит изменение фазы. Это тепло не приводит к какому-либо изменению температуры и поэтому известно как «скрытое тепло».

Такая характеристика может быть полезна для снижения неэффективности холодного запуска, поскольку дополнительное накопление энергии в материале с фазовым переходом может использоваться для накопления отведенного тепла от двигателя во время работы, которое затем может быть выделено (ограничивая снижение температуры во время изменения фазы) пока двигатель не работает. Такой подход вполне может быть полезным, учитывая тенденцию, показанную Андре, для большого количества коротких поездок, которые должны быть сделаны с относительно коротким интервалом между остановкой двигателя и повторным запуском. Андре обнаружил, что автовладельцы совершают от 4 до 7 поездок. Обычный интервал между поездками составляет 4 ч. Используя данные материалы, планирую избавиться от проблем, связанных при холодном пуске двигателя, посредством повышения температуры при запуске двигателя.

Основным фактором при выборе материала с фазовым переходом для конкретного применения является температура. Для полного использования всех доступных преимуществ материалов с фазовым переходом необходимо чтобы температура фазового перехода совпадала с рабочей температурой ДВС. Выбор материалов с фазовым переходом, так

же необходимо учитывать затраты на монтаж и вытекают из экономических соображений.

Солевые гидраты являются наиболее популярными из за высокой теплопроводности и скрытой теплотворной способности до 280 кДж / кг [60]. Они конкурентоспособны и имеют высокие показатели по сравнению со схожими хим. материалами.

На данный момент известно, что гидраты уменьшают свою теплотворную способность на 73 % после 1000 циклов. $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, а также об ухудшении производительности при использовании $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ только после 2 циклов. В конкретном автомобильном приложении Kaaranen [2], данные были представлены для 11 тепловых циклов без признаков деградации. Очевидно, что срок службы в 1000 циклов вполне соответствует сроку жизнедеятельности обычного легкового транспорта. Тем не менее существует реальный вопрос с решением жизнедеятельности гидрата. Данная проблема возникает не только для гидратов, но также и для материалов на основе парафина. Через 500 циклов происходит снижение скрытой теплоемкости на 19% по сравнению с той, которая была в начале. Это происходит из-за влаги [64]. До того, как материал подвергается термоциклированию, Shukla. [64] сообщил о значительных изменениях свойств материала в зависимости от температуры фазового перехода и скрытой теплоты плавления, особенно с гидратами соли. Такая проблема была связана с наличием примесей в материалах, которые следует ожидать при использовании материалов коммерческого качества.

Есть несколько материально-технических вопросов связанных с материалами с фазовым переходом, которые необходимо решить прежде, чем использовать данную технологию.

Это включает:

- Коррозийные проблемы
- Маленькая теплотворная способность, которая уменьшается с течением времени

- Еще одна общая проблема всех материалов с фазовым переходом - явления суб-переохлаждения и супер-переохлаждения. В частности, переохлаждение нежелательно [60].

2.8 Выводы

Во второй главе подробно описываются и рассматриваются стратегии, которые были взяты на рассмотрение:

- применение теплообменников совместно с выхлопными газами;
- использование тепловой энергии от выхлопных газов;
- использование теплозащитного покрытия;
- активные методы управления системой двигателя с термоэлектрическими элементами;
- предварительно нагретая охлаждающая жидкость;
- контроль потока охлаждающей жидкости;
- система start-stop;
- материалы с фазовым переходом.

На основе изученных методов было установлено, что существует три основных эффекта холодного запуска двигателя:

- Смазка слишком вязкая, что приводит к высоким потерям на трение.
- Слишком холодные стенки цилиндра двигателя приводят к плохому сгоранию и повышенному трению поршня / гильзы.
- Каталитический нейтрализатор слишком холодный, чтобы обеспечить удовлетворительную эффективность преобразования выхлопных газов.

Проанализировав все методы, был составлен список из достоинств и недостатков каждого из них. На основании этого можно полагать, какой метод имеет дальнейшую ценность в углубленном изучении и дальнейшем развитии, а какой метод следует отбросить либо из-за недостаточной неэффективности, либо экономической нецелесообразности и т.д.

3 Предложение концепции для быстрого разогрева двигателя внутреннего сгорания

В данной главе представлен материал по синтезу новой концепции и совокупной системы быстрого прогрева и выхода на режим эффективной работы ДВС и нейтрализатора при условии низких температур после холодного запуска двигателя. Это видение возможно реализовать если взять за основу стратегию использования продукта с высокой реакционной активностью. Реагент должен проявлять свои качества условиях низких температур, без использования дополнительных средств подогрева, особенно энергоемких. Как решением такого вопроса выступают реакционно-активные вещества, применяются продукты конверсии основного топлива (бензина), в составе его компонентов используются водород. Водород является химическим реагентом с высокой реакционной способностью.

Водород как газ имеет плотность энергии 10,050 кДж / м³ при атмосферном давлении и 15 градусов по Цельсию. Под давлением водород может иметь существенно более высокую плотность энергии. Например: при 3000 фунтов на квадратный дюйм его плотность энергии близка к 1 820 000 кДж / м³, а при 10000 фунтов на квадратный дюйм плотность энергии составляет 4 500 000 кДж / м³. Когда водород находится в жидкой форме, он имеет плотность энергии 8 481 000 кДж / м³. Однако, поскольку для жидкого водорода требуется температура (-2500С), использование жидкого водорода не было приемлемым выбором для текущих и подобных проектов. По сравнению с другими видами топлива водород имеет относительно низкую плотность энергии. Например, метан имеет плотность энергии 875 32 560 кДж / м³ при атмосферном давлении, 6 860 300 кДж / м³ при 3000 фунтов на квадратный дюйм и 20 920 400 кДж / м³ в виде жидкость. Пропан имеет плотность энергии 86 670 кДж / м³ при атмосферном давлении и 23 488 800 кДж / м³ в виде жидкости. Среди жидкого топлива плотность бензина составляет 31 150 000 кДж / м³,

плотность дизельного топлива составляет 31 435 800 кДж / м³, а плотность метанола составляет 15 800 100 кДж / м³. Из-за низкой плотности энергии водорода по сравнению с бензином, возможно, придется добавить нагнетатель, чтобы компенсировать низкую плотность энергии, и, в свою очередь, это поможет повысить объемную эффективность. Расчеты показывают, что содержание энергии в одном килограмме водорода эквивалентно одному галлону бензина. (Во время этого проекта не было достоверной и точной информации о стоимости производства килограмма водорода для сравнения затрат с бензином.) Водород обладает высокой диффузионной способностью, которая позволяет водороду рассеиваться в окружающем воздухе быстрее, чем бензин. Он также дает водороду два основных преимущества в качестве топлива: диффузионная способность водорода помогает формированию более однородной смеси топлива и воздуха, а в случае утечки быстро рассеивается, снижая вероятность небезопасных условий пожарной опасности. Водород также имеет относительно высокое октановое число, что позволяет легко воспламеняться при довольно низких температурах, что приводит к лучшему сгоранию. Однако, хотя его характеристика сгорания делает водород отличным топливом для ДВС, он также вызывает такие проблемы, как предгорание, обратный огонь или детонация. Любые горячие точки или горячие газы в цилиндре могут воспламенить водород до завершения такта сжатия, что приведет к детонации, вибрации и потере мощности.

На рисунке 12 представлена схема, изображена принципиальная схема комплексной установки.

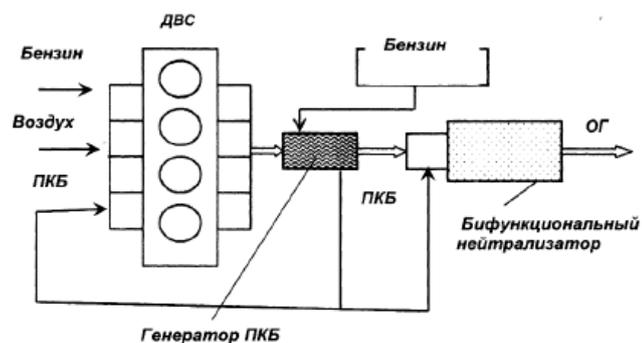


Рисунок 19 – принципиальная схема комплексной установки

Разработанная концепция характеризуется тем, что в момент прогрева ДВС сразу после холодного пуска в направляемую в цилиндры ТВС интегрируются реагенты конверсии бензина, которые создаются в специальном блоке (термохимическом конвертере). Добавка этих продуктов к топливо воздушной смеси заметно увеличивает ее реакционную способность, позволяет расширить концентрацию ограничений воспламенения, дает возможность почти мгновенного перехода на режим горения ТВС при стехиометрическом составе, отсюда следует, нейтрализатор работает в бифункциональном режиме. Главной особенностью описанного метода повышения эффективности системы нейтрализации отработавших газов является то, что первичный прогрев кат. блока реализуется при исключении электронагревателя в следствии большой активности ПКБ. ОГ являют свои свойства реакции при экзотермическом окислении на молекулярной структуре кат. блока нейтрализатора с отделением достаточного большого количества теплоты. Это ведет его быстрому прогреву. Первая стадия прогрева нейтрализатора и кат. блока конвертера происходит с помощи аккумулированной на активной поверхности подложки блока паров бензина. Они образуются в процессе первого пуска ДВС во время прокрутки коленчатого вала; Пары бензина начинают химическую реакцию на поверхности частично прогретого катализатора, температура которого варьируется от 100 до 150 градусов цельсия.

4 Результаты исследования

Учитывая работу всех рассмотренных трудов, статей и патентов, можно сделать вывод, что основной механизм нагрева смазочного материала во время фазы разогрева ДВС происходит от повышенной фрикционной работы в подшипниках. Многие из приведенных авторов показывают, что большая часть этого тепла не сохраняется в смазке, а вместо этого передается через подшипники на остальную часть двигателя. Также было установлено, что низкая эффективность холодного запуска двигателя в основном обусловлена повышенными потерями на трение в подшипниках из-за слишком высокой вязкости смазочных материалов при низких температурах (и, следовательно, обеспечения неоптимальных условий смазки). Поэтому, существует явная необходимость удерживать более высокую долю этой энергии в смазочном материале (что приводит к более быстрому достижению установившейся температуры смазочного материала и оптимальной вязкости). Такая потребность усугубляется сильной тенденцией потребителей использовать транспортные средства для коротких поездок, которые не позволяют двигателю достичь рабочей температуры до выключения.

Из этой работы видно, что проблема эффективности холодного запуска двигателя внутреннего сгорания привлекла к себе большое внимание в течение последних 40 лет. Можно видеть, что существуют заметные улучшения как в расходе топлива, так и в выбросах, что является прямым результатом улучшения характеристик холодного запуска двигателя внутреннего сгорания.

Пытаясь улучшить характеристики холодного запуска двигателя, нужно попытаться улучшить топливную экономичность двигателя и одновременно уменьшить количество выбросов. Во время холодного старта было замечено, что есть три ключевых вопроса, которые необходимо решить. Первый заключается в увеличении скорости прогрева температуры гильзы цилиндра, чтобы улучшить условия сгорания и,

следовательно, улучшить качество выбросов. Такая проблема также снижает уровни трения поршня / гильзы и, следовательно, улучшает расход топлива. Во-вторых, увеличение скорости прогрева смазки желательно для уменьшения потерь на трение в результате того, что смазка находится при неоптимальной температуре. Пытаясь улучшить эти две проблемы, никто не должен отрицательно влиять на каталитический нейтрализатор, производительность которого очень чувствительна к температуре и является критической частью системы в достижении приемлемых уровней выбросов.

Диапазон стратегий по улучшению характеристик холодного запуска двигателя широк, и помимо технических достоинств каждого варианта нельзя игнорировать экономические соображения, касающиеся реализации таких схем. Использование потока выхлопных газов в качестве источника рекуперации энергии доказало свою популярность и эффективность при использовании для ускорения прогрева как смазки, так и охлаждающей жидкости. Однако рекуперация энергии должна осуществляться после каталитического нейтрализатора, чтобы обеспечить эффективную последующую обработку выхлопных газов. В рамках восстановления энергии выхлопных газов также существует потенциал использования устройств ТЭГ для снижения нагрузки генератора. Несмотря на то, что были проведены обширные исследования в этой области, включая использование тепловых труб в качестве теплообменной среды, в литературе доказано, что температурные пределы электрических компонентов затрудняют достижение коэффициента преобразования более 3%. Следовательно, экономическое обоснование для внедрения такой технологии является незначительным, хотя следует подчеркнуть, что даже при такой низкой эффективности сообщалось о пиковых показателях выработки электроэнергии в 600 Вт.

Использование теплозащитного покрытия, как представляется, представляет общую тенденцию к повышению потребления топлива и

сокращению выбросов. Типичное снижение выбросов и расхода топлива до 4,5% заявлено в литературе. Заметной тенденцией стало испытание такой технологии на дизельном топливе в отличие от двигателей с искровым зажиганием. Также было подчеркнуто, что использование теплозащитного покрытия значительно меняет характеристики сгорания, и поэтому необходимо будет повторно оптимизировать двигатель, чтобы извлечь все преимущества из таких стратегий.

Использование стандартного изоляционного материала не дает существенных преимуществ с точки зрения скорости прогрева двигателя. Тем не менее, данные из ряда источников согласны с тем, что это может задержать скорость охлаждения двигателей и связанных с ними вспомогательных систем и, таким образом, может снизить неэффективность холодного запуска при повторном запуске. Учитывая, что было показано, что существует тенденция потребителя совершать несколько коротких поездок в день со средним стационарным периодом 3 ч 45 мин [10], способностью поддерживать температуру смазки на 10 С выше нормальной после 2,25 ч. [11] имеет явное преимущество, особенно учитывая чувствительность смазочного материала к температуре.

Расширенные возможности систем управления на современных двигателях позволили протестировать широкий спектр стратегий активного управления. Все это, как было показано, имеет положительный эффект на уровне прототипа, хотя практичность применения таких подходов на серийных автомобилях остается проблемой, которую необходимо преодолеть. Такой пример - использование предварительно нагретой охлаждающей жидкости и необходимость совмещения времени нагрева с тем, когда будет необходимо транспортное средство. Кроме того, необходимо учитывать совокупный эффект от реализации таких стратегий с работой Самхамбера, в частности, демонстрирующее влияние регулирования скорости потока охлаждающей жидкости на температуру смазочного материала, которая является положительной или

отрицательной в зависимости от наличия теплообменника смазка / охлаждающая жидкость.

Типичное снижение трения при использовании предварительно нагретой охлаждающей жидкости составило 8% [35], что согласуется с работой Бента [11], которые наблюдали снижение FMEP на 5–9%. Сравнительно преимущества использования переменного потока охлаждающей жидкости для оптимизации температуры вкладыша дали ограниченные преимущества в улучшении трения и, следовательно, в расходе топлива. Наблюдаемые типичные улучшения в потреблении топлива составляли менее 1%, хотя выбросы HC были снижены до 6%. Необходимо также помнить об увеличении выбросов NOx из-за повышенной температуры стенок цилиндра, особенно когда каталитический нейтрализатор неактивен.

Способность контролировать направление потока смазочного материала показала большой потенциал для снижения расхода топлива в системах, которые обходят масляный картер и повторно вводят фильтр непосредственно из головки цилиндров, прогнозируя 7% -ное снижение расхода топлива [8]. Аналогичным образом, стратегия отдельного охлаждения для головки и блока позволила повысить расход топлива на 4–6% [32]. Было доказано, что разработка новой конструкции картера привела к снижению значений FMEP на 10% в течение первых 2 минут работы благодаря уменьшению эффективного объема масла.

Использование материалов с фазовым переходом в качестве накопителей скрытой теплоты для снижения скорости охлаждения двигателя и увеличения скорости прогрева при повторном запуске обеспечивает значительный потенциал для повышения эффективности использования топлива и качества выбросов. Проблемой таких систем был потенциальный риск того, что они продлят время прогрева системы, если они полностью разрядятся. Основываясь на обсужденных примерах, такая проблема, по-видимому, не возникает, если PCM установлен в точке, где

захваченная энергия обычно будет в любом случае потеряна из системы (например, на внешней поверхности). Тем не менее, следует проявлять осторожность в отношении их использования с точки зрения негативного влияния на эффективность других систем. Кроме того, их долговечность требует тщательного рассмотрения с наиболее экономически и практически жизнеспособными вариантами (а именно, солевыми гидратами), имеющими относительно короткий срок службы, который, как правило, хорошо укладывается в срок службы транспортного средства в зависимости от использования транспортного средства и возможных проблем коррозии.

Трудно оценить экономические преимущества различных стратегий, и они меняются в зависимости от экономического климата. Чтобы новая технология была жизнеспособной, коммерческая выгода для производителя должна быть больше, чем стоимость внедрения. Измерение выгоды может быть трудно измерить количественно и включает в себя избежание каких-либо штрафов со стороны национальных и международных органов (включая правительства и ЕС) и снижение ставок налогообложения на дорогах в результате снижения выбросов. Кроме того, выгода также должна учитывать прогнозируемое увеличение количества продаж в результате снижения эксплуатационных расходов (в результате снижения налогов и расхода топлива), которое оказывается желательным для потребителей. Таким образом, такие оценки являются сложными, и преимущества различных стратегий будут меняться как со временем (и будут особенно чувствительными к стоимости топлива), так и географическим положением и соответствующими правилами. Кроме того, оригинальные методы исследования позволили по-разному количественно оценить преимущества различных стратегий, используя как измерения трения (либо с использованием FMEP, либо работы по трению), так и расход топлива. Тем не менее, обзор литературы в этой области прояснил, как различные методы могут привести к снижению потребления топлива

от 0,5% до 7% и увидеть снижение выбросов на 25–40% в случае выбросов HC и 25–40% в случае выбросов CO.

В заключение, пытаясь улучшить эффективность холодного запуска ДВС, нужно рассматривать проблему в контексте транспортного средства как целой системы. Идеальное решение — это решение, которое улучшает качество выбросов и снижает расход топлива, а также имеет долговечность, приемлемую с точки зрения ожидаемого срока службы транспортного средства, а также экономически выгодную для производителя.

Заключение

Развитие методов проектирования, моделирования и технологий машиностроения значительно уменьшают широкий спектр проблем связанных с решением проблем холодного пуска двигателя внутреннего сгорания. Но данный вопрос остается не закрытым и поэтому носит актуальный характер в современном мире.

С помощью анализа всех входных данных выполнено подробное исследование и описание поднятой проблемы.

В данной работе проведен обзор и оценка различных вариантов решения проблем, связанных с холодным пуском, а именно количеством вредных эмиссий, плохая смазываемость трущихся деталей и повышенным расходом топлива.

Приняты во внимания все достоинства и недостатки рассматриваемых методов для предложения собственного решения возникающих проблем.

Представлены основные результат поставленных задач перед данной исследовательской работы и сделаны следующие выводы:

- не все методы по улучшению холодного пуска являются значимыми для рассмотрения и дальнейшего их изучения. Существует экономическая нецелесообразность и неэффективность применения разработанных технологий. Не многие люди выберут экономичность в ущерб мощности двигателю.;

- выявлены перспективные направления, которые требуют дальнейшей модернизации как со стороны техники, так и со стороны инвестиций;

- представлена концепция, которая вбирает в себя все достоинства рассматриваемых методов.

- выявлены резервы и потенциалы энергии двигателя при холодном пуске.

- проведена оценка энергоэкономических показателей.

Список используемой литературы

1. Агапов Д.С. Оптимальные режимы работы газопоршневых установок. Агапов Д.С. Картошкин А.П. Сельский механизатор. 2015. № 5. С. 32-33.
2. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. — М.: Наука, 2016. — 280 с.
3. Андрукович П.Ф. Новые идеи в планировании эксперимента / П.Ф.Андрукович, Т.И. Голикова, С.Г. Костина. — М.: Наука, 2019. — С. 140-153.
4. Анисимов А.И. Повышение эффективности тепловой подготовки двигателей лесозаготовительных машин: автореф. дис. канд. техн. Наук / А.И Анисимов - Химки., 2015. - 19.
5. Анискин Л.Г. Зимняя эксплуатация автомобилей. - Челябинск, 2016. - С. 50-58.
6. Бакуревич Ю.А. Эксплуатация автомобиля на Севере / Ю.А. Бакуревич, С.С. Толкачев, Ф.Н. Шевелев. — М.: Транспорт, 2016. - 180 с.
7. Бережнов Н.Г. Основы эксплуатации машинно-тракторного парка в зимних условиях / Н.Г. Бережнов. — Барнаул: Алт. СХИ, 2015. — 210.
8. Беркович Е.С. Прибор УПОИ-6 для определения износа цилиндров, поршневых колец и поршневых пальцев / Е. С. Беркович, М. Д. Крацин; Акад. наук СССР. Ин-т машиноведения. Лаборатория износостойкости - Москва: [Изд-во Акал. наук СССР], 2016. - 46 с.
9. Берлинер М.А. Измерения влажности / М.А. Берлинер. — 20-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 2018. — 400 с.
10. Бирюк В.В. Системы охлаждения двигателей летательных аппаратов. [Электронный ресурс]: электрон.учебн. пособие / В.В. Бирюк, А.П. Толстоногов, И.В. Коломин; Минобр-науки России, Самар. Гос.

Аэрокосм. Ун-т им. С.П. Королева (нац. Исслед. Ун-т). -Электрон. Текстовые и граф. Дан. – Самара 2016.

11. Блох А.Г. Основы теплообмена излучением / А.Г. Блох. - М.: Госэнергоиздат, 2016. - С. 19-25.

12. Бобков А.В. Исследование потерь холостого хода в трансмиссиях транспортных машин. // Науч. тр. / ПИИ. - 2015. - №10. - С. 33-35.

13. Болоев П.А. Управление процессами подачи топлива и воздуха в двигателях внутреннего сгорания. Болоев П.А., Очирова Т.1., Шумай Т.А. Вестник ИРГСХА. 2015. № 65. С. 79-83.

14. Бродянский В.М. и др. Эксергстический метод и его приложение. - М.: Энергоатомиздат, 2018. - 288 с.

15. Бугаков Ю.С. Зависимость энергетических потерь в агрегатах силовой передачи тракторов от вязкости масла. // Химия и технология топлив и масел. -2017. - С. 24-26.

16. Булгаков С.А. Исследование процесса прогрева двигателя после пуска в условиях отрицательных температур / Булгаков С.А.,Воронин ДМ. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2016. - №3.

17. Булгаков С.А. Оценка послепусковых износов бензинового двигателя ЗМЗ-4062.10 в условиях низких температур / Инновации в АПК: проблемы и перспективы - 2019. - №2(22).

18. Булгаков С.А., Воронин Д.М. Вертей М.Л. Повышение эффективности послепускового прогрева двигателя динамическим нагружением // АгроЭкоИнфо. 2019. - №1.

19. Васильева Л.С. Краткий справочник по автомобильным Эксплуатационным материалам. -М.: Транспорт, 2018. - 120 с.

20. Вахламов В.К. Влияние технического состояния двигателя на топливную экономичность автомобилей ВАЗ-2104, ВАЗ-2105, ВАЗ-2107 и их модификаций // Грузовик. - 2017. - №10. - С. 35-37.

21. Воронин ДМ. Контроль экономичности работы двигателей (мощность, расход топлива): учебное пособие / ДМ. Воронин. — Новосибирск: НГАУ, 2018. — 60.
22. Воронин Д.М. Обеспечение контроля топливной экономичности МТА в условиях эксплуатации: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.03 / Дмитрий Максимович Воронин. - Новосибирск, 1917. - 30.
23. Воронина Л.В. Климат и экология Новосибирской области: монография / Л.В. Воронина, А.Г. Гриценко.- Новосибирск: СГГА, 2018. - 228 с.
24. Госман А.И. Снижение потерь мощности в коробке передач энерго-насыщенного трактора при эксплуатации в зимних условиях: дис. канд. техн. наук / А.И. Госман. — Новосибирск, 2017.
25. ГОСТ 10150-2014 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Общие технические условия.
26. ГОСТ 1048-2014 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Приемка. Методы испытаний.
27. ГОСТ 23.301-78 Обеспечение износостойкости изделий. Приборы для измерения износа методом вырезанных лунок. Технические требования.
28. ГОСТ 24026-80 Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения.
29. ГОСТ 27860-88 Детали трущихся сопряжений. Методы измерения износа.
30. ГОСТ Р 5420-2010 Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Технические требования.
31. ГОСТ Р 548102011 Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний.
32. Гребенников С.А. Адаптивное управление топливоподачей ДВС по показателям неравномерности вращения коленчатого вала. Гребенников С.А.

Гребенников А.С., Никитин А.В. Вестник Саратовского государственного технического университета. 2017. Т.2. № 2 (71). С. 80-83.

33. Гребенников С.А. Режимы работы и изменение технического состояния ДВС в экстремальных условиях эксплуатации. Гребенников С.А., Фокин В.В. Гребенников А.С. Известия Волгоградского государственного технического университета. 2017. № 8 (81). С. 28-32.

34. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учебник. Изд. 4-е. Под ред. Орлина А.С., Круглова МГ.-М.: машиностроение, 2018. - 372 с.

35. Долгушин А.А. Выбор трансмиссионных масел для зимней эксплуатации автомобилей / А.А. Долгушин, С.П. Шведов [и др.] // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. — 2019. №2. - С. 10-12.

36. Евтесв В.К. Об износе зубчатых передач тракторов при низких температурах. масла / В.К. Евтеев // Материалы второй науч.-техн. конф. «Участие научной и технической молодежи в повышении производительности труда в народном хозяйстве Иркутской области». — Иркутск: Вост.-Сиб. кнгизд-во, 2017.

37. Ерохов В.И. Экономичная эксплуатация. - М.: ДОСААФ, 1986. - 128 с. Ждановский, Н.С. Бестормозные испытания тракторных двигателей / Н.С. Ждановский. — М. — Л.: «Машиностроение», 2016. — 179 с.

38. Конев В.В. Совершенствование системы предпусковой тепловой подготовки двигателя землеройной машины (на примере двигателя экскаватора Э0-4121А): дисс. канд. техн. наук: 05.05.04. - Тюмень, 2015.

39. Копотилов В.И. Межеменное хранение автомобилей в зимнее время: Учебное пособие. - Тюмень.: ТюмИИ, 2015. - 67 с.

40. Кочергин В.И. Исследование совместного влияния параметров топливоподачи и систем автоматического регулирования частоты вращения на внешние характеристики энергетических установок Кочергин В.И. Плотников Д.Л. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2018. №1. С. 114-18.

41. Крохта Г.М. Усатых Н.А. Хомченко Е.Н. Закономерности пусковых и послепусковых износов двигателя 44 11,0/12,5 (Д-240) при безгаражном хранении машин // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т.31. № 5. С. 49- 52.
42. Кухта В.С., Джаналиев Е.М. Техническое состояние транспортных средств и его влияние на безопасность дорожного движения // Молодой ученый. – 2017. - №6. – С. 51-55.
43. Михайлов Н.А. Способ определения эффективной мощности двигателя внутреннего сгорания в процессе разгона и методика его экспериментальной проверки. Михайлов Н.А., Тарасюк А.В., Хабардин С.В., Хабардин В.Н., Актуальные вопросы аграрной науки. 2016. №18. С. 48054.
44. Неговора А.В. Современные проблемы эксплуатации автомобилей в условиях низких температур независимо от климатической зоны / Неговора А.В. Разяшев М.М. Курдин П.Г., Филиппов Ю.К. Токарев В.А. / Журнал автомобильных инженеров. 2017 № 4 (105). С. 36-41.
45. Stouffer SB, Lewis AB, Whitney TJ, Drake ML. Diesel cold start improvement using thermal management techniques. University of Drayton Research Institute; 2018.
46. Kauranen P, Elonen T, Wikström L, Heikkinen J, Laurikko J. Temperature optimisation of a diesel engine using exhaust gas heat recovery and thermal energy storage (diesel engine with thermal energy storage). Appl Therm Eng 2017;30:631–8.
47. Kamo R, Bryzik W, Reid M, Woods M. Coatings for improved engine performance. SAE technical paper 970204; 2017.
48. Heywood J. Internal combustion engine fundamentals. McGraw-Hill; 2015. ISBN 0-07-100499-8.

49. Will F, Boretti A. A new method to warm up lubricating oil to improve the fuel efficiency during cold start. SAE technical paper 2011-01-0318; 2018.
50. Zammit JP, Shayler PJ, Pegg I. Thermal coupling and energy flows between coolant, engine structure and lubricating oil during engine warm-up. Presented at VTMS 10, Coventry, United Kingdom; 2017.
51. Trapy JD, Damiral P. An investigation of lubricating system warm-up for the improvement of cold start efficiency and emissions of SI automotive engines. SAE technical paper 902089; 2016.
52. Will F. Fuel conservation and emission reduction through novel waste heat recovery for internal combustion engines. *Fuel* 2012;247–55.
53. Samhaber C, Wimmer A, Loibner E. Modeling of engine warm-up with integration of vehicle and engine cycle simulation. SAE technical paper 2001-01-1697; 2016.
54. André M. In actual use car testing: 70,000 kilometers and 10,000 trips by 55 French cars under real conditions. SAE technical paper 910039; 2016.
55. Bent E, Shayler P, La Rocca A. The effectiveness of stop–start and thermal management measures to improve fuel economy. Presented at VTMS 11, Coventry; 2018.
56. Gardiner R, Zhao C, Addison J, Shayler PJ. The effects of thermal state changes on friction during the warm up of a spark ignition engine. Presented at VTMS 11, Coventry, UK; 2017.
57. Li H, Andrews GE, Savvidis D, Daham B, Ropkins K, Bell M, et al. Study of thermal characteristics and emissions during cold start using an on-board measuring method for modern SI car real world urban driving. *SAE Int J Engines* 2019;1(1):804–19 [paper no 2008-01-1307].
58. Kunze K, Wolff S, Lade I, Tonhauser J. A systematic analysis of CO₂-reduction by an optimized heat supply during vehicle warm-up. SAE technical paper 2006-01-1450; 2017.
59. Yilmaz _IT, Gumus M, Akçay M. Thermal barrier coatings for diesel engines. Presented at international scientific conference; 2018.

60. Andrews GE, Harris JR, Ounzain A. Transient heating and emissions of an SI engine during the warm-up period. SAE technical paper 880264; 2018.