

УДК 621.43.001.2

Корытченко К.В., Замана В.М., Кошкарів Ю.Ю.

СПОСОБЫ ОБЛЕГЧЕНИЯ ПУСКА ТАНКОВОГО ДВУХТАКТНОГО ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Одним из важных показателей боевой готовности бронетехники является время подготовки двигателей боевых машин к принятию полной нагрузки. Общее время выхода танкового дизеля на эксплуатационный тепловой режим складывается из времени на предпусковую подготовку, времени на предпусковое прогревание двигателя от постороннего источника энергии (например, котла-подогревателя), времени непосредственного пуска двигателя и времени прогревания двигателя на холостом ходу до момента выхода на эксплуатационный режим. Сокращение времени подготовки машины к боевому применению достигается многими факторами. Одним из них является использование «холодного» пуска, в котором исключены стадии предпусковой подготовки и прогрева. Но в этом случае существенно ухудшаются условия воспламенения топлива в цилиндрах двигателя, в результате чего не только увеличивается время пуска, но и снижается его надежность. При этом, надежность пуска уменьшается с понижением температуры окружающей среды.

В настоящее время для решения задачи надежного пуска двигателя в силовых установках военных гусеничных машин применяют следующие способы [1]:

1. увеличение степени сжатия в процессе пуска;
2. подогрев воздуха на впуске в двигатель;
3. подача пусковых жидкостей;
4. увеличение цикловой подачи топлива в период пуска;
5. предпусковой подогрев двигателя и систем силовой установки с помощью жидкостных, газо-воздушных подогревателей и вспомогательных двигателей.

Первые два вышеперечисленных способа в комбинации с четвертым позволяют, например, снизить температуру «холодного» пуска двигателя типа 5ТДФ с номинальным состоянием цилиндропоршневой группы до 0 °С температуры окружающей среды, чем обеспечивают повышение боевой готовности бронетехники. Износ цилиндропоршневой группы в процессе эксплуатации машины, снижение эффективности средств пуска, обеспечивающих вращение коленчатого вала в период пуска, например, из-за износа аккумуляторных батарей, или иные причины приводят к тому, что при помощи первых двух способов надежность пуска танкового дизеля достигается при температуре окружающей среды не менее +10 °С и выше. Ограничения в применении пусковых жидкостей связаны со сложностями их хранения и ряда других причин. Таким образом, поиск альтернативных путей и средств, позволяющих решить проблему «холодного» пуска являются актуальными.

Целью данной работы является анализ причин, приводящих к снижению надежности самовоспламенения топливовоздушного заряда в дизельных двигателях при «холодном» пуске, поиск новых средств и способов облегчения пуска. Средства и способы повышения пусковой частоты коленчатого вала двигателя в данной работе не рассматриваются.

Термодинамические условия воспламенения топливовоздушного заряда в дизельном двигателе

Одним из основных критериев, определяющим пуск дизельного двигателя, является достижение температуры в цилиндре двигателя выше температуры самовоспламенения топливовоздушного заряда. После выхода двигателя на эксплуатационный режим температура в конце такта сжатия должна превышать температуру самовоспламенения топлива на 300÷400 К [С.29, 2].

В поршневых двигателях возрастание температуры заряда обеспечивается процессом сжатия, который происходит по закону политропы [3]:

$$p_c = p_a \left(\frac{V_a}{V_c} \right)^n = p_a \varepsilon^n, \quad (1)$$

где p_c – давление в цилиндре в конце такта сжатия, p_a – давление в цилиндре перед началом сжатия, V_c – объем заряда в конце такта сжатия, V_a – объем заряда перед началом сжатия, $\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$ – степень сжатия, n – показатель политропы.

При этом, температура в конце такта сжатия рассчитывается по формуле [3]:

$$T_c = T_a \varepsilon^{n-1}, \quad (2)$$

где T_c – температура в цилиндре в конце такта сжатия, T_a – температура в цилиндре перед началом сжатия.

Из формулы (2) следует, что достижение требуемой температуры заряда в конце такта сжатия может быть обеспечено возрастанием степени сжатия и увеличением показателя политропы.

Если бы сжатие заряда в поршневом двигателе происходило без отвода тепла от заряда в стенки камеры, отсутствовали утечки газа через кольца в картер двигателя, а также газовый заряд соответствовал идеальному газу, то процесс сжатия описывался бы законом адиабаты. При этом, показатель адиабаты определяется исходя из типа используемой смеси. Например, показатель адиабаты воздуха в нормальных условиях соответствует $n = 1,4$. В случае интенсивного отвода тепла от заряда в стенки камеры сгорания таким образом, что температура заряда остается постоянной, процесс сжатия описывается законом изотермы. В этом случае $n = 1$. В реальном двигателе отвод тепла в стенки камеры, потери тепла в результате утечки разогретого заряда и отклонения параметров газа от идеального приводят к тому, что показатель политропы по своей величине лежит в пределах между показателем адиабаты и изотермы. Также, потеря массы заряда в процессе сжатия из-за утечек заряда с точки зрения термодинамических процессов означает уменьшение реальной степени сжатия. Изменение частоты вращения двигателя с соответствующим изменением скорости движения поршня приводит к количественному изменению как утечек, так и количества отводимого тепла. С ростом частоты вращения двигателя данные потери уменьшаются из-за сокращения длительности протекания данных процессов.

Следует отметить, что нелинейность потерь тепла и утечек заряда в процессе движения поршня приводят к тому, что мгновенные значения показателя политропы и степени сжатия также являются нелинейным, то есть изменяются в процессе сжатия.

В работе [С.27, 2] представлена эмпирическая формула для ориентировочного определения среднего показателя политропы в виде:

$$n = 1,41 - \frac{100}{n_1}, \quad (3)$$

где n_1 – частота вращения коленчатого вала двигателя [мин^{-1}].

Авторы указывают, что данная формула применима только для двигателей, имеющих сходные характеристики с рассмотренными в данной работе. Проверим возможность применения данной формулы для расчета процесса сжатия в двигателе 5ТДФ. Запуск двухтактного танкового дизеля осуществляется при частоте вращения коленчатого вала $n_1 \approx 300 \text{ мин}^{-1}$ [4]. Подставляя данное значение частоты в формулу (3), получим показатель адиабаты $n \approx 1,077$. Действительная степень сжатия двигателя 5ТДФ заряда составляет $\varepsilon = 16,5$. На холодном двигателе из-за утечек заряда происходит снижение степени сжатия. Данные экспериментальных исследований, описанные в работе [1] дают возможность утверждать, что условная степень сжатия в период пуска равняется $\varepsilon \approx 11,5$. Рассчитаем температуру в конце такта сжатия в зависимости от начальной температуры заряда ($T_{a1} = 279 \text{ К}$, $T_{a2} = 303 \text{ К}$) по формуле (2) при разных значениях среднего показателя политропы и степени сжатия (рис. 1).

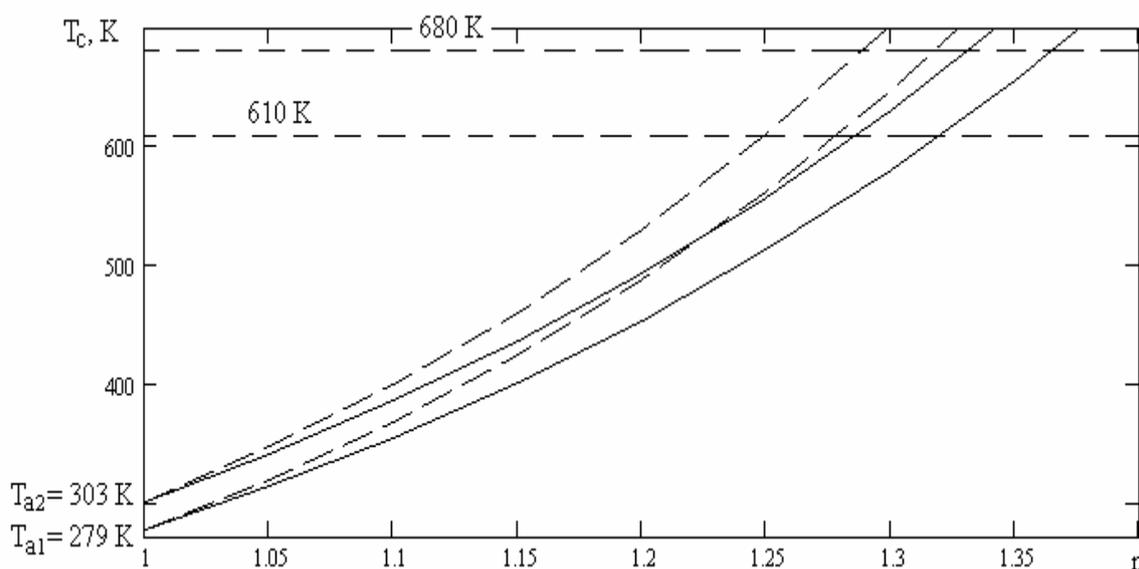


Рисунок 1 - Зависимость температуры в конце такта сжатия от показателя политропы n и степени сжатия (сплошные линии - $\varepsilon_1 = 11,5$; пунктирные линии - $\varepsilon_2 = 16,5$)

По представленным в работе [5] данным, при температуре окружающей среды $T_{a1} = 279 \text{ К}$ температура в конце такта сжатия в двигателе 5ТДФ на частоте вращения 300 мин^{-1} достигает около $T_{c1} \approx 610 \text{ К}$, а при $T_{a2} = 303 \text{ К}$ - $T_{c2} \approx 680 \text{ К}$. Пользуясь представленными расчетными данными (рис. 1), получим, что показатель политропы для данного двигателя на частоте вращения 300 мин^{-1} имеет значения $n = 1,3 \pm 0,02$. При частоте вращения 150 мин^{-1} показатель политропы падает до $n = 1,25 \pm 0,02$. Таким образом, выражение (3) применительно к двигателю 5ТДФ только качественно отражает изменение среднего показателя политропы в зависимости от частоты вращения.

Из экспериментальных данных по температуре самовоспламенения различных топлив следует, что температура воспламенения является функцией давления (рис. 2). Поэтому проверку достижения порога воспламенения смеси необходимо оценивать по формулам (1) и (2).

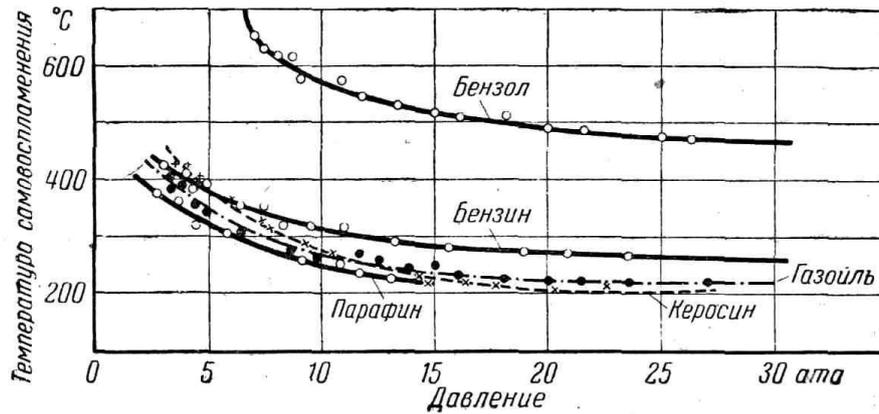


Рисунок 2 - Зависимость температуры самовоспламенения топлива от давления [2]

Оценим температуру самовоспламенения, которую необходимо достичь в двигателе 5ТДФ на основании оценки давления в цилиндре в конце такта сжатия по выражению (1).

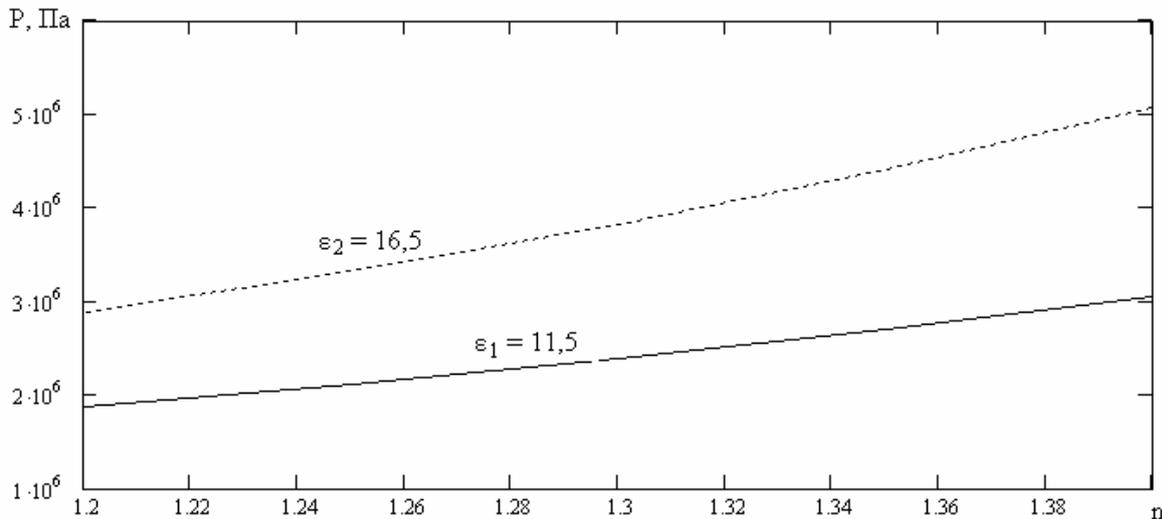


Рисунок 3 - Зависимость давления в цилиндре в конце такта сжатия от показателя политропы n и степени сжатия ε

Анализ результатов приведенной зависимости показывают (рис. 3), что в период пуска холодного двигателя 5ТДФ при изменении показателя политропы от 1,25 до 1,3 давление в цилиндре в конце такта сжатия превышает 2 МПа (20 атм). Отсюда, а также на основании анализа зависимости (рис. 2), сделаем вывод, что самовоспламенение дизельного топлива (газойль) будет происходить при достижении температуры около 493 К (220 °С).

Достижение температуры в цилиндре двигателя выше температуры самовоспламенения топливовоздушного заряда является необходимым, но недостаточным условием пуска двигателя. Разгон коленчатого вала до оборотов холостого хода и, соответственно, надежный пуск дизеля, происходит в случае, если индикаторная работа превышает момент сопротивления [5]. То есть необходимо создать условия, чтобы топливный заряд не только воспламенился, но и за период рабочего хода поршня за счет сгорания выделилась энергия, достаточная для поддержания оборотов холостого хода дви-

гателя.

Подача топлива у двухтактных двигателей осуществляется с углом опережения 14...17 град поворота коленчатого вала до внутренней мертвой точки. В первой фазе подачи топлива, составляющей на двигателе 5ТДФ до 30 % цикловой подачи, при наличии температуры воздушного заряда выше температуры воспламенения, происходят физико-химические процессы подготовки топлива к самовоспламенению – испарение, смешивание с воздухом, разогревание мелкодисперсных капель топлива и предпламенные реакции. Данный промежуток времени называют периодом задержки воспламенения. Последующее воспламенение и сгорание топлива в следующих фазах процесса сгорания обеспечивают рост индикаторной работы. Таким образом, выделение энергии происходит не мгновенно. Известно, что сокращение длительности периода задержки воспламенения и сгорания достигается, в том числе, увеличением температуры заряда. Отсюда следует, что температура воздушного заряда должна превышать температуру воспламенения топлива за 14...17 град поворота коленчатого вала до внутренней мертвой точки. Так как встречно движущиеся поршни двигателя имеют ход 120 мм, закрытие впускных и выпускных окон происходит на 69 град после НМТ, то при расчете степени сжатия, достигаемой за 14...17 град до ВМТ, без учета потерь заряда получим значение $\epsilon_{оп} \approx 10 \div 11$. Пользуясь данными по температуре воспламенения и результатами расчета (рис. 3), получим что без использования средств облегчения пуска двигателя при температуре окружающей среды 6 °С (279 К) и оборотах двигателя 150 мин⁻¹ условия воспламенения реализуется практически на пределе.

Из анализа термодинамических условий воспламенения топливовоздушного заряда в дизельном двигателе можно сделать вывод, что средства облегчения пуска реализуются на основе решения задач:

- увеличения показателя политропы (например, уменьшения потерь тепла за счет роста пусковых оборотов двигателя);
- увеличения степени сжатия;
- повышения начальной температуры воздушного заряда;
- снижения температуры воспламенения заряда.

Кроме этого, воспламенение топливного заряда может быть обеспечено другими физическими принципами, например, принудительное зажигание искровым разрядом.

Танковые двухтактные дизельные двигатели (5ТД, 5ТДФ, 6ТД-1, 6ТД-2) в системе воздухооборота имеют центробежные компрессоры (нагнетатели) комбинированного привода. При выходе двигателя 5ТДФ на частоту вращения коленчатого вала 2800 мин⁻¹ полное давление воздуха на выходе из компрессора достигает 0,276 МПа. Адиабатическое сжатие воздуха в компрессоре при степени повышения давления $\pi_k = 2,67$ позволяет получить температуру воздушного заряда на входе в цилиндры двигателя $T_k \approx 416$ К. Степень повышения давления в компрессоре зависит от частоты вращения компрессора в виде:

$$\pi_k = f(n_k^2), \quad (4)$$

где n_k – частота вращения компрессора.

Квадратичная зависимость степени повышения давления от частоты вращения обуславливает низкую эффективность компрессора для возрастания температуры заряда на пусковых оборотах. То есть, подогревание воздуха на входе в двигатель на пусковых оборотах пренебрежимо мало. Экспериментально установлено, что после осуществления пуска двигателя 5ТДФ при частоте вращения 1000—1100 мин⁻¹ (16,6—17,3 с⁻¹) на режиме холостого хода воздух в нагнетателе подогревается на 20 К, что обеспечивает устойчивую работу двигателя после пуска при низкой температуре окружающего

воздуха [1]. Это позволяет прогревать двигатель после пуска на холостом ходу без использования средств облегчения пуска.

Способы и средства облегчения пуска за счет увеличения степени сжатия

Увеличение степени сжатия на период пуска двигателя реализуется механическими способами или способом впрыска масла в цилиндры двигателя перед пуском. Среди механических в работе [1] выделяют способ применения специальных камер в головке цилиндра с изменяющимся объемом, и способ перемещением поршня относительно шатуна. Примером реализации камеры в головке цилиндра с изменяющимся объемом служит конструкция вихревой камеры, автоматически регулирующей объем, фирмы «Испано-Сюиза» (Франция). Такая камера используется на двигателе Н5-110, устанавливаемом в танках АМХ-30 [1]. Регулирование степени сжатия перемещением поршня относительно шатуна реализовано, например, в дизеле АУСР-1360 фирмы «Континенталь», который устанавливался на опытных образцах танка М-1. В работе [1] отмечается, что ограничения в широком применении механических систем вызваны сложностями таких конструкций и недостаточной их надежностью.

На танковых двухтактных дизельных двигателях (5ТД, 5ТДФ, 6ТД-1, 6ТД-2) применяется способ увеличения степени сжатия впрыском масла. Это вызвано тем, что при пусковой частоте вращения в данных типах двигателей имеется существенная утечка воздушного заряда. Впрыск масла не только уменьшает объем камеры сжатия, но и уплотняет зазоры в паре поршень-гильза, что снижает утечку заряда. В результате, достигается увеличение температуры воздуха в конце такта сжатия. В работе [1] приведены результаты экспериментальных исследований средних значений температуры и давления в цилиндре двигателя 5ТДФ в конце такта сжатия при температуре окружающего воздуха +18 °С. В конце такта сжатия без впрыска масла $T_c = 372^\circ\text{C}$ (645 К), $p_c = 2,5$ МПа; с впрыском 20 см³ масла $T_c = 427^\circ\text{C}$ (700 К), $p_c = 3,3$ МПа; 30 см³ – $T_c = 452^\circ\text{C}$ (725 К), $p_c = 3,6$ МПа; 40 см³ – $T_c = 487^\circ\text{C}$ (760 К), $p_c = 3,9$ МПа. Согласно приведенным результатам расчетов, в начальный момент прокрутки условная степень сжатия в двигателе 5ТДФ увеличивается до $\varepsilon \approx 18$, а на дальнейший период пуска условная степень сжатия составляет $\varepsilon \approx 14\div 15$.

На основании приведенных данных можно положить, что уменьшение объема камеры сгорания впрыском масла обеспечивается только в начальный момент прокрутки, когда частота вращения коленчатого вала ещё не достаточна для запуска двигателя. Экспериментально установлено [5], что при температуре окружающей среды $T = 20^\circ\text{C}$ длительность этапа пуска двигателя 5ТДФ, на котором вращение коленчатого вала осуществляется только стартером, и достигается пусковая частота 200 мин⁻¹ составляет около 1 с (рис. 4). За этот промежуток времени коленчатый вал совершает практически 2 полных оборота и часть масла выдувается из цилиндра. После выхода двигателя на пусковую частоту остатки впрыснутого масла обеспечивают уплотнение зазора в паре поршень-гильза, чем и достигается повышение условной степени сжатия практически до значения действительной степени.

Для достижения больших степеней сжатия в период пуска применяют двойной впрыск масла. В случае такого пуска вторая порция масла попадает в камеру сгорания, когда двигатель вышел на пусковую частоту. На двигателе 5ТДФ это осуществляют одновременным нажатием на кнопки «Стартер» и «Масловпрыск» [6]. Так как имеются задержки в срабатывании системы впрыска масла, то его подача фактически осуществляется через 1÷2 с после выхода коленчатого вала на пусковую частоту.

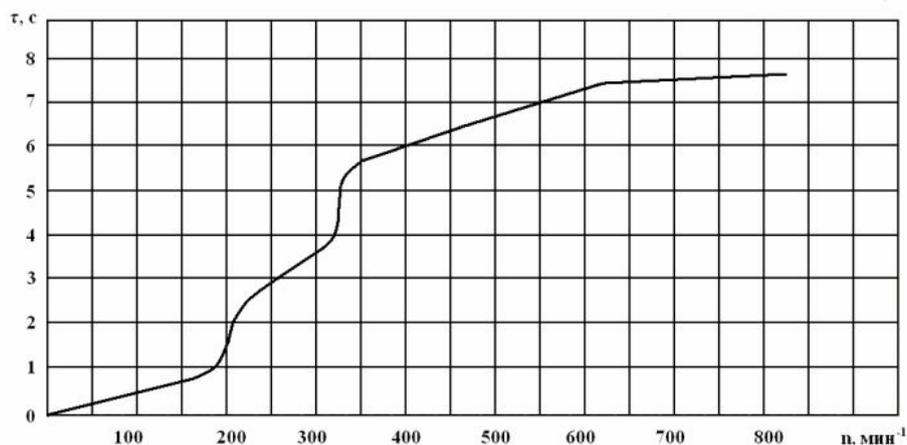


Рисунок 4 - Изменение частоты вращения коленчатого вала двигателя 5ТДФ в процессе пуска при температуре окружающей среды 20 °С [4]

Установлено [5], что применение впрыска масла в цилиндры позволило снизить температурный предел, при котором возможен пуск двигателя, примерно на 25 °С. Так, минимальная температура, при которой возможен пуск двигателя на серийных маслах с применением впрыска масла, составляет 0 .. +5 °С.

Износ цилиндропоршневой группы двигателя, уменьшение максимальной частоты вращения коленчатого вала, развиваемой стартером или воздушной системой приводят к тому, надежный пуск двигателей танков в танковых (механизированных) подразделениях происходит при температуре окружающей среды не менее 10 °С и выше, что существенно снижает боевую готовность парка боевых машин.

Способы и средства облегчения пуска за счет повышения начальной температуры воздушного заряда

Подогрев воздуха на впуске в двигатель, как правило, осуществляется с использованием электрической энергии аккумуляторных батарей или химической энергии, выделяющейся в результате сгорания топлива в специальных подогревательных устройствах. Вариант исполнения нагревательного элемента (рис. 5), в котором применена электрическая спираль накаливания, представлен в работе [С.319, 7]. Температура спирали достигает 1000÷1100 °С. Данное устройство характеризуется простотой в обслуживании и эксплуатации. Так как нагревательный элемент питается от аккумуляторной батареи, то это приводит к ограничению максимальной мощности таких устройств. Обычно мощность составляет от 500 до 1000 Вт. К недостатку накальных электрических средств также относится снижение их мощности в период пуска из-за падения напряжения на стартере двигателя.

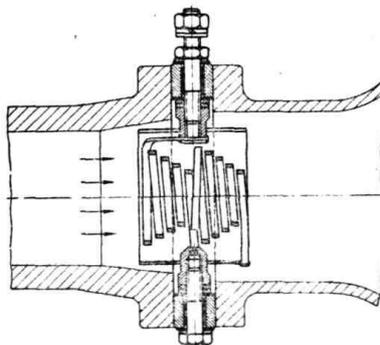


Рисунок 5 - Электрический нагревательный элемент для подогрева воздуха на впуске в двигатель [7]

Для двухтактных турбопоршневых дизельных двигателей характерен повышенный расход воздуха по сравнению с четырехтактными двигателями. Проведем расчет мощности подогревателя, необходимого для увеличения температуры воздуха на входе двигателя типа 5ТДФ на $\Delta T = 100 \text{ K}$ в период его пуска. Рабочий объем данного типа двигателя без потери хода на газообмен составляет 9209 см^3 (9,2 л). На пусковой частоте $3,3 \text{ с}^{-1}$ (200 мин^{-1}) в первом приближении расход воздуха составит $Q \approx 0,03 \text{ м}^3/\text{с}$ (30 л/с). Удельная изобарная теплоёмкость воздуха при нормальных условиях составляет $C_p \approx 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$. Плотность воздуха в этих условиях равняется $\rho_{\text{в}} = 1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$. С ростом температуры на 100 K плотность воздуха уменьшится до $0,96 \text{ кг}/\text{м}^3$. На основании этих данных, мощность подогревателя определим по выражению:

$$P = \frac{C_p \cdot \Delta T \cdot Q}{\rho_{\text{ср}}}, \quad (5)$$

где $\rho_{\text{ср}}$ - средняя плотность воздуха в данном диапазоне температур.

Отсюда, требуемая мощность подогревателя для двигателя типа 5ТДФ без учета теплообмена на пусковой частоте $3,3 \text{ с}^{-1}$ составит $P_{\text{тр}} \approx 2,6 \text{ кВт}$. Для сравнения, номинальная мощность стартер-генератора СГ-18 в стартерном режиме достигает 21 кВт. Поэтому, применение электрического подогревателя на таком двигателе привело бы к дополнительному отбору более 12 % мощности аккумуляторных батарей, что является недопустимым.

Наиболее эффективным средством подогрева воздуха на впуске в танковый двигатель является факельный подогреватель. В таком устройстве сгорание топлива осуществляется в камере сгорания подогревателя с последующим перемешиванием горячих продуктов химической реакции с холодным воздухом, поступающим в двигатель. Воспламенение и стабилизацию сгорания топлива в таких подогревателях осуществляют калильными элементами или высоковольтными искровыми разрядами. На двухтактных танковых дизелях применен подогреватель (рис. 6), в котором подача воздуха для горения в камеру сгорания осуществляется от внешнего источника (воздушных баллонов), а не с использованием впускного воздуха. Данный подогреватель назван автономным факельным подогревателем (АФП). В АФП осуществляется воспламенение топлива искровым разрядом.

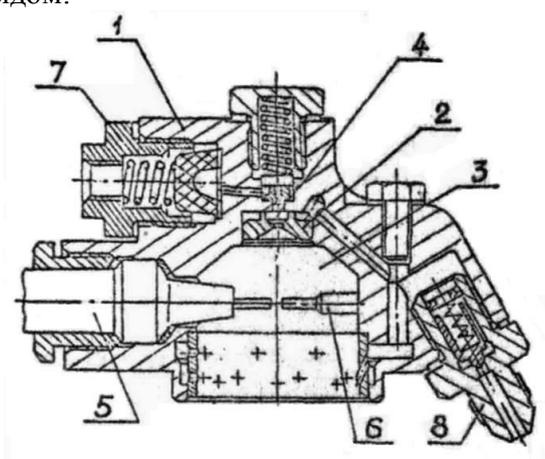


Рисунок 6 - Схема устройства АФП двигателя 5ТДФ [С.216, 5]. Принятые обозначения:
1 – корпус, 2 – завихритель, 3 – первичная камера сгорания, 4 – камера смешения, 5 – свеча, 6 – боковой электрод, 7 – штуцер подвода топлива, 8 – штуцер подвода воздуха

Устройство и работа данной системы, обеспечивающей подогрев впускного воздуха, описывается в работах [1, 5]. Применение АФП повышает температуру воздуха во впускном коллекторе вблизи впускных окон цилиндров двигателя на $100 \div 160$ К, что позволяет снизить температуру «холодного» пуска двигателя 5ТДФ до 0°C температуры окружающей среды [С.215, 5].

Оценим мощность данного подогревателя исходя из расхода топлива. Согласно [С.215, 5], наименьший по времени процесс пуска двигателя 5ТДФ при использовании АФП, достигается при расходе топлива на работу последнего около $0,3$ г/с. Как известно, удельная теплота сгорания дизельного топлива составляет 42700 кДж/кг [3], откуда полагая что обеспечивается полное сгорание топлива, получим мощность $P_{\text{АФП}} = 12,8$ кВт. Сопоставление данных по максимально возможной мощности АФП $P_{\text{АФП}}$, и требуемой мощности подогревателя $P_{\text{тр}}$ для пуска двигателя 5ТДФ показывает, что режим работы системы подогрева впускного воздуха двигателя 5ТДФ не обеспечивает полного сгорания топлива. Объясняется это тем, что разработчиками АФП в первую очередь выполнялось условие обеспечения надежного воспламенения топлива слаботочным искровым разрядом, которое было достигнуто путем создания коэффициента избытка топлива в области работы искровой свечи, равным $0,2$. Однако, с точки зрения всей динамики процесса пуска дизельного двигателя 5ТДФ это приводит к негативным последствиям, так как избыток паров несгоревшего топлива после АФП поступает вместе с воздушным зарядом в цилиндры двигателя и переобогащает топливовоздушную смесь, а это в конечном итоге снижает индикаторную мощность.

Повышение мощности искрового разряда, как известно, позволяет воспламенять более бедные топливовоздушные смеси [2]. В связи с этим, усовершенствование АФП путем замены существующей системы искрового воспламенения дизельного топлива на более мощную, позволит увеличить полноту сгорания топлива в системе подогрева, что обеспечит дальнейшее снижение температуры «холодного» пуска без значительных изменений в конструкции двигателя.

Выводы

Применяемые на танках Вооруженных Сил Украины средства облегчения пуска обеспечивают пуск двухтактных дизельных двигателей при температурах окружающей среды до -30°C и ниже. Однако, с понижением температуры длительность процесса пуска двигателей начинает возрастать, что приводит к существенному снижению боевой готовности бронетехники. Сокращение времени пуска может достигаться при использовании «холодного» пуска, который исключает стадии предпусковой подготовки и прогрева двигателя. Существующие средства облегчения пуска обеспечивают «холодный» пуск двухтактных дизельных двигателей при температуре окружающей среды до 0°C . В качестве одного из возможных вариантов дальнейшего снижения температуры «холодного» пуска может рассматриваться направление повышения эффективности сгорания топлива в автономном факельном подогревателе.

Література: 1. Теория и конструкция танка, Т.4 // Под ред. П.П. Исакова. - М.: Машиностроение, 1984. – 348с. 2. Автотракторные двигатели // В.Н. Болтинский. - М.: Сельхозгиз, 1948. - 623с. 3. Справочник по физике // Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. – М.: Наука, 1990. – 622с. 4. Конструкция форсированных двигателей наземных транспортных машин: Учебное пособие. Ч.1. // Н.К. Рязанцев. - К.: ИСДО, 1993. - 252с. 5. Конструкция форсированных двигателей наземных транспортных машин: Учебное пособие. Ч.2. // Н.К. Рязанцев. - Харьков: ХДПУ, 1996. - 388с. 6. Объект 434. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Кн.2 / М.: Военное изд-во, 1986. – 767с. 7. Автомобильный справочник, Т.2 // Р. Бюссиен. - М.: Машгиз, 1960. – 973с.

Коритченко К.В, Замана В.М., Кошкаров Ю.Ю.

ЗАСОБИ ПОЛЕГШЕННЯ ПУСКУ ТАНКОВОГО ДВОТАКТНОГО ДИЗЕЛЬНОГО
ДВИГУНА

Розглянуті термодинамічні умови запалення паливно-повітряного заряду у дизельному двигуні. Здійснено огляд існуючих засобів полегшення пуску дизельних двигунів. Визначено напрямок зниження температури «холодного» пуску шляхом удосконалення процесу згорання паливної суміші у автономному факельному підігрівачі.

Korytchenko K.V., Zamana V.M., Koshkarov Yu.Yu.

METHODS OF FACILITATION OF STARTING OF TANK TWO-STROKE DIESEL
ENGINE

It was considered thermo-dynamical conditions of an ignition of fuel-air charge in a diesel engine. The review of existent means of facilitation of starting of diesel engines is carried out. A way of decline of temperature of the «cold» starting is proposed by the improvement of process of combustion of fuel mixture in an autonomous torch heater.
