

вания первичного топлива на 90...140% выше электроприводных компрессоров), компактность, возможность создания автономных моноблочных установок, отсутствие ограничений на давления всасывания и нагнетания, возможность создания высокотемпературных тепловых насосов.

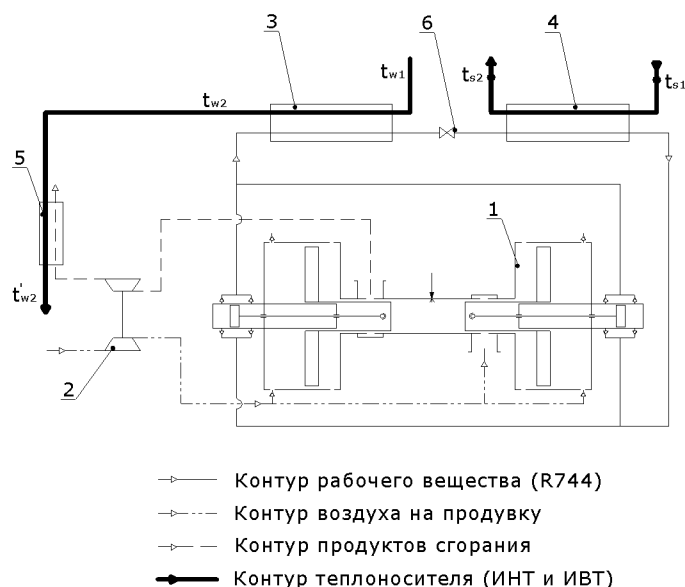


Рисунок 7 – Схема теплонасосной установки на базе свободнопоршневого дизель-компрессора: 1 – свободно-поршневой двигатель, 2 – турбокомпрессор от серийного дизеля, 3 – конденсатор, 4 – испаритель, 5 – котел-утилизатор, 6 – дроссель-вентиль

Аналоги: тепловые насосы на базе центробежных компрессоров мощностью до 30 МВт и максимальной температурой нагрева 75 °С.

Состав проведенных работ: Научно-технический отчет «Свободнопоршневые двигатели в теплонасосных установках», НПФ «ЭКИП», 2010г.

Предложение: разработка дизель-компрессоров приводной мощностью 100 кВт и 900 кВт, разработка тепловых насосов мощностью до 37 МВт на их базе.

Топливный конвертер для двигателя внутреннего сгорания

к.т.н. Гончаров Д.В., к.т.н. доц. Беляевский М.Ю.
Университет машиностроения

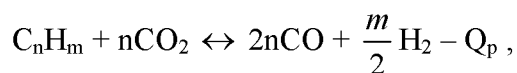
Аннотация. Предложен топливный конвертер, позволяющий экономить топливо, использовать низкооктановый бензин и снизить токсичность отработавших газов до уровня международных стандартов ЕВРО-4

Ключевые слова: топливный конвертер, ДВС.

Для осуществления наиболее полного сгорания углеводородного горючего до конечных продуктов – CO_2 и H_2O необходимо условие, которое гарантировало бы завершение химических реакций с полным тепловыделением в зоне пламени (камере сгорания). Оно выполняется в гомогенных газовых смесях. Нарушение этого условия и есть источник потерь тепла (в основном, выделяющегося в заключительной реакции окисления CO в CO_2) и токсичности продуктов неполного сгорания.

Попытки улучшить и стабилизировать образование топливоздушную смеси, например в карбюраторном двигателе внутреннего сгорания (ДВС), предпринимались многими исследователями. Так, в патенте 1455028 А1 СССР предлагалось производить испарение и нагревание жидкого топлива до температуры 200°С теплотой отработавших газов. Частицы распыленного углеводородного топлива вступают в реакцию с отработавшими газами, кото-

рая протекает по уравнению:



где: Q_p – тепловой эффект реакции, кДж/моль.

Поглощаемая теплота переходит во внутреннюю энергию образующихся СО и H_2 , теплотворная способность которых выше исходного углеводородного топлива.

Таким образом, при сгорании СО и H_2 (совместно с подаваемым в цилиндры основным углеводородным топливом) выделяется и превращается в полезную работу тепла, которое было затрачено в процессе осуществления термохимических реакций.

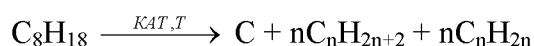
Аналогичный способ подготовки топливовоздушной смеси в ДВС рассмотрен в патенте 2076232 С1 РФ. В данном случае при предварительном испарении жидкого топлива в потоке воздуха часть тяжелых неиспарившихся капель удаляется обратно в испаритель.

Следует отметить, что указанные способы подготовки топливовоздушной смеси недостаточно эффективны. Температура отработавших газов на выходе из камеры сгорания примерно 750°C . Но уже на выхлопном коллекторе температура отработавших газов резко падает до $150 - 200^\circ\text{C}$. Тогда как для полного испарения и частичного разложения жидкого углеводородного топлива необходима температура $350 - 400^\circ\text{C}$. Достижение такой температуры требует дополнительных изменений в системе подготовки топливовоздушной смеси, а также дополнительных энергозатрат.

Американскими исследователями (патенты 3828736, 4147142) были разработаны устройства для подготовки топливовоздушной смеси, обеспечивающие конверсию жидкого углеводородного сырья, а также частичное сжигание жидкого углеводородного топлива с газом, содержащим кислород, в реакционной камере в присутствии катализатора с подачей получаемого потока в цилиндры ДВС.

В некоторых исследованиях предлагалось, что в результате реакции окисления топлива температура повысится. Однако реакция разложения топлива идет с поглощением теплоты и при температуре, превышающей температуру воспламенения смеси (более 850°C), достижение которой упомянутые способы не предусматривают.

Основная проблема, с которой связаны процессы конверсии жидкого углеводородного топлива, прежде всего каталитические процессы, проводимые при повышенных температурах ($t = 600 - 850^\circ\text{C}$), заключается в образовании углеродистых отложений в реакционной камере [19, 23].



Отложения кокса или сажистого углерода на стенках реакционной камеры, а также на поверхности катализатора, находящегося в реакционной камере, снижают теплопередачу, способны вызвать перепады давления и в конечном итоге снижают общую эффективность реакции. Подобным образом, отложения кокса или сажистого углерода на катализаторах снижают их эффективность, что влечет за собой снижение степени превращения (конверсии) жидкого углеводородного топлива или селективности получаемого продукта.

Отложение кокса на катализаторах и стенках реакционной камеры обычно является более значимой проблемой в процессах переработки тяжелого углеводородного сырья. Относительная нелетучесть молекул повышает вероятность конденсации в порах катализатора или на реакторных стенках, а после реакций конденсации, сопровождающихся образованием кокса, такие реакции, как полимеризация и дегидрогенизация, ускоряются. Кроме того, нефтяное топливо содержит относительно большие количества молекул, принадлежащих к ароматическому ряду (бензол, толуол, ксилол и т.д.). Им свойственно низкое соотношение водород/углерод, и они способны действовать в качестве центров кристаллизации при коксовании вследствие реакций полимеризации. Когда углеродистое отложение достигает недопустимого уровня, катализатор полностью выходит из строя, и поэтому срок годности катализатора небольшой.

Необходимо заметить, что стоимость таких катализаторов высокая, при этом расход топлива увеличивается, а наличие воспламенительных устройств в ряде способов подготовки топливовоздушной смеси – опасно.

Добавка отработавших газов к топливовоздушной смеси и использование в системе подготовки их теплоты дают незначительный экономический и экологический эффект.

Наиболее подходящим по технологическим, экономическим и экологическим показателям способ подготовки топливовоздушной смеси – это способ, основанный на термоокислительной конверсии при помощи топливного конвертора (патент 2008495 РФ).

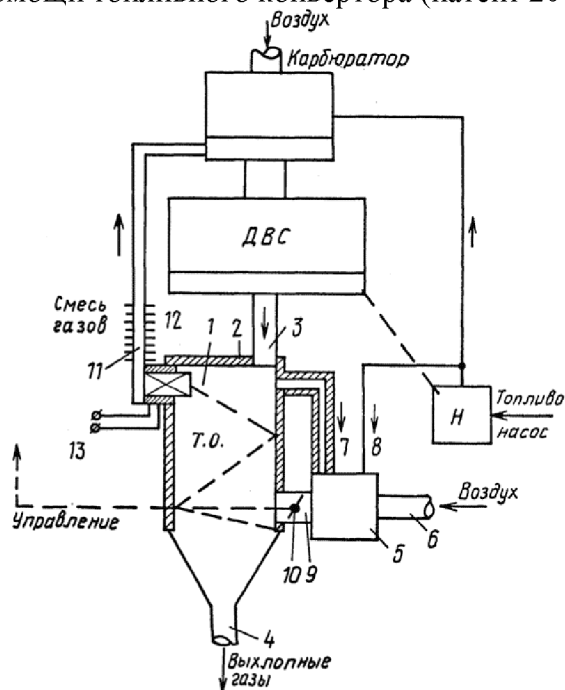


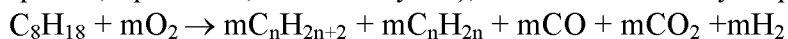
Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Предлагаемый способ не требует использования дорогостоящих катализаторов, воспламенителей, горелок, отработавших газов и т.п. Способ заключается в том, что формируются два потока топливовоздушной смеси, один из которых обогащается в дозаторе-смесителе 7 ниже предела воспламенения, нагревается в многоканальном теплообменнике 1 с теплоизоляцией 2, а затем этот поток проходит через активатор 11 (реакционная зона реактора 12). В реакционной зоне протекают экзотермические реакции термоокислительного разложения обогащенной топливовоздушной смеси, в результате образуются газообразные углеводороды, водород, диоксид и монооксид углерода. Затем этот газообразный поток смешивается со вторым потоком, который прошел по традиционной схеме через карбюратор. Эти два потока образуют «новую» топливовоздушную смесь, которая поступает в камеру сгорания ДВС (рисунок 1).

Предлагаемая система подготовки топливовоздушной смеси имеет также выходной 3 и входной 4 трубопроводы, трубопроводы для подачи: воздуха 6 и топлива 8. Дозатор – смеситель 7 соединен смесительным патрубком 9 с каналом подогрева топливовоздушной смеси в теплообменнике 1. Устройство имеет орган регулирования количества обрабатываемой смеси 10.

Активатор представляет собой нагревательный элемент с постоянной температурой поверхности.

Высокомолекулярные углеводороды превращаются в низкомолекулярные (метан, этан, этилен, ацетилен, пропан, пропилен, изо- и н-бутан), моно- и диоксид углерода, водород:



Смесь полученных углеводородных газов, имеющая достаточно высокое октановое

число (см. таблицу 1), поступает во впускной коллектор двигателя, где смешивается с обедненной топливовоздушной смесью, питающей ДВС. В результате общее октановое число топливовоздушной смеси значительно повышается.

Таблица 1

Октановые числа индивидуальных веществ, определенные исследовательским способом

| №№ | Наименование | Октановое число |
|----|---|-----------------|
| 1 | Водород (H ₂) | 90 |
| 2 | Метан (CH ₄) | 125 |
| 3 | Этан (C ₂ H ₆) | 125 |
| 4 | Этилен (C ₂ H ₄) | 120 |
| 5 | Ацетилен (C ₂ H ₂) | 115 |
| 6 | Пропан (C ₃ H ₈) | 125 |
| 7 | Пропилен (C ₃ H ₆) | 115 |
| 8 | н-Бутан (n-C ₄ H ₁₀) | 91 |
| 9 | Изобутан (i-C ₄ H ₁₀) | 93 |
| 10 | Изобутилен (i-C ₄ H ₈) | 99 |
| 11 | н-Пентан (n-C ₅ H ₁₂) | 61 |
| 12 | Изопентан (i-C ₅ H ₁₂) | 93 |

В таблице 2 представлены результаты исследований детонационной стойкости автомобильных бензинов разных марок и авиакеросина с применением макетного образца топливного конвертора. Исследования проводились в НИИ-25 МО РФ на установке УИТ-65, предназначенной для определения октановых чисел по ГОСТ 511-82.

Таблица 2

| Топливо | Октановое число, ед. | | |
|--------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | ГОСТ | Работа без конвертора | Работа с конвертором |
| Прямогонный бензин | 59 | 54 | 106 |
| Бензин А-76 | 76 | 69 | ≥105 |
| Бензин АИ-92 | 92 | 85 | ≥110 |
| Авиакеросин ТС-1 | 31.8 | 25 | 52 |

Необходимо отметить, что при испытании ДВС с топливным конвертором на бензине АИ-92 содержание СО и СН в отработавших газах было на порядок ниже (СО – 0,25%, СН – 0,05%), чем при испытании ДВС без конвертора (СО – 2,5%, СН – 1,0%)

Расчетное исследование эффективности использования топливного конвертора для бензиновых автомобильных ДВС показало, что полученная бензовоздушная смесь с октановым числом более 105 позволит форсировать двигатель ВАЗ 2106 по крутящему моменту наддувом до $\pi_k = 1.72$ (приводной центробежный компрессор с охлаждением наддувочного воздуха), увеличит степень сжатия ϵ с 8.5 до 11 единиц, что с одновременным уменьшением угла опережения зажигания позволяет обеспечить бездетонационную работу во всем диапазоне режимов с приростом мощности 56 кВт (90 %) - на максимальном режиме. Удельный эффективный расход топлива при этом уменьшается на 17 г/кВт*ч, т.е. 5-7%. Средняя температура поршня на максимальном режиме превысит уровень безнаддувного варианта на 58°C, а максимальное давление цикла возрастает в 2 раза (до $105 \cdot 10^5$ Па).

Увеличение коэффициента избытка воздуха α свыше 1 вызывает снижение удельного эффективного расхода топлива от 1 до 3 г/кВт*ч на каждую десятую часть единицы (0.1) от увеличения α .

Предлагаемый топливный конвертор позволяет экономить топливо, использовать низкооктановый бензин и снизить токсичность отработавших газов до уровня международных стандартов ЕВРО-4: С_xН_y (0,08%), СО (0,7%) и NO_x (0,07%)