

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА НА ТРАНСПОРТЕ

д.т.н. **Фомин В.М.**

Университет машиностроения,  
(915) 211-44-15, mixalichdm@mail.ru

*Анализируются результаты научно-поисковых работ, проводимых на кафедре «Автотракторные двигатели» Университета машиностроения в области альтернативной энергетики, которая повсеместно считается наиболее перспективным направлением в решении проблемы энергетической и экологической безопасности транспортного комплекса. Анализируются причины, сдерживающие массовое применение альтернативных видов топлива в сфере энергопотребления отечественного транспорта, которые в основной своей массе имеют более низкие энергетические и кинетические показатели при сгорании по сравнению с традиционными топливами. Изложен новый подход к решению проблемы повышения химмотологических показателей альтернативных топлив на основе их предварительной термохимической переработки – конверсии на борту транспортного средства. Проведены результаты предварительного аналитического изучения параметров процесса бортовой конверсии для ряда потенциально приемлемых видов альтернативного топлива с целью оценки эффективности этого процесса. Возможность практической реализации предложенного процесса химмотологического преобразования альтернативного топлива с оценкой его эффективности проверялась по результатам опытной апробации в условиях натурных испытаний дизеля. По результатам исследования обосновывается целесообразность использования этого процесса в транспортных технологиях благодаря технической простоте его реализации и эффективности. Реализация бортовой конверсии альтернативного топлива осуществима на любом типе серийного двигателя без изменения его базовой конструкции. Основным компонентом конверсионной системы – термokatалитический реактор представляет собой простейшую конструкцию теплообменного аппарата, массовые и габаритные характеристики которого (в объеме обычного глушителя) обеспечивают удобство его установки в выпускной системе двигателя. Применение газообразных продуктов конверсии способствует улучшению процесса смесеобразования, благодаря тому, что оба компонента горючей смеси: воздух и топливо находятся в одном агрегатном состоянии. Кроме того, в компонентном составе этих продуктов содержатся реакционно активные соединения, способствующие совершенствованию экологических и энергосберегающих показателей процесса сгорания топлива, повышению эффективности рабочего цикла двигателя.*

**Ключевые слова:** альтернативное топливо; дизель, катализатор, конверсия, метанол, реактор, регенерация, химмотологические показатели

## **Введение**

Развитие альтернативной энергетики повсеместно считается наиболее перспективным путем решения проблем энергообеспечения как в сфере постоянно растущего энергопотребления в целом, так и в направлении перспективного развития энергетического баланса транспортного комплекса. Однако рост энергетического использования альтернативных топлив на транспорте сдерживается в ряде случаев несоответствием их химмотологических показателей требованиям эффективной организации рабочего процесса в энергетических установках транспортных средств. В частности, практически все виды топлива биологического происхождения имеют меньшую энергоемкость (теплоту сгорания) по сравнению

с традиционным топливом, пониженные кинетические показатели сгорания и др.

Актуальность обозначенных проблемных задач стимулирует поиск нового системного подхода, который в своей основе был бы направлен на разработку рентабельного (энергетически выгодного) способа совершенствования энергетических и кинетических характеристик сгорания альтернативного топлива.

Методическое обоснование такого подхода строилось на известных положениях энергопреобразования топлива в процессе его сгорания. В рабочем цикле теплового двигателя преобразование химической энергии топлива в работу осуществляется в два этапа: на первом этапе она преобразуется в теплоту, а уже на втором этапе эта теплота реализуется в работу.

В процессе этих преобразований проявляются основные потери располагаемой энергии топлива, снижающие эффективность энергетической установки [1]. Следовательно, для повышения эффективности использования энергии топлива необходимо снизить ее потери как на первом этапе преобразования, так и на втором.

Опираясь на достигнутый уровень исследований в этой области, можно отметить, что до настоящего времени в энергомашиностроении успешно применялся основанный на классических положениях термодинамики весьма эффективный способ уменьшения потерь работоспособности топлива на втором этапе преобразования энергии. Сущность этого способа вытекает из определения термического КПД цикла теплового двигателя, согласно которому эффективность цикла возрастает с повышением средней температуры подвода теплоты к рабочему телу при рассматриваемом уровне средней температуры отвода теплоты.

Однако в современных тепловых двигателях температурный уровень рабочего тела таков, что его дальнейшее повышение обуславливает серьезную проблему обеспечения необходимой термической прочности. Поэтому повышение эффективности использования топлива путем повышения средней верхней термодинамической температуры рабочего тела в цикле зависит от возможностей дальнейшего повышения жаростойкости и жаропрочности конструкционных материалов деталей камеры сгорания. Если учесть, что эти возможности для большинства традиционных материалов уже практически исчерпаны, становится очевидным, что сам способ, предусматривающий повышение температуры рабочего тела, становится малоперспективным.

В этих условиях представляется наиболее актуальной разработка другого подхода к решению данной проблемы, предусматривающего снижение уровня необратимых потерь, возникающих на первом этапе преобразования химической энергии топлива, то есть на этапе преобразования ее в теплоту. Причем, реализация такого подхода, по возможности, не должна быть сопряжена с повышением температурного уровня рабочего тела.

Для успешного осуществления данной идеи по результатам предварительного расчетного анализа предложена концепция нового способа, разработанного на основе положений хи-

мической термодинамики. Исходя из этих положений можно утверждать, что реализация такого способа априори возможна при наличии альтернативных топлив, сжигание которых при одинаковой температуре сопровождалось бы различными уровнями необратимых потерь. При этих условиях топлива, обладающие высоким уровнем необратимых потерь, путем термохимических превращений можно преобразовать в новый вид топлива с более высокими показателями химической энергии, переход которой в теплоту будет сопровождаться уже меньшими необратимыми потерями.

Поскольку в основе предлагаемого способа предусмотрена стадия предварительного термохимического преобразования (конверсии) топлива с использованием отходящей теплоты он был терминологически классифицирован как *способ термохимической регенерации теплоты*. Заметим, что впервые идея использования отходящей теплоты для повышения эффективности сжигания твердого топлива (каменного угля) была предложена проф. В.Г. Носачем [2] применительно к стационарным технологическим системам.

Способ разработан на базе фундаментальных положений термохимии, и его функциональные возможности могут быть реализованы в условиях рабочего цикла любого типа энергетической установки, в том числе и теплового поршневого двигателя.

### **Средства реализация концепции способа**

Как следует из определения способа для его практической реализации в рабочем цикле поршневого двигателя необходимо предусмотреть еще один процесс. Если в обычном цикле химическая энергия топлива преобразуется в теплоту в одну стадию, то здесь – в две. На первой стадии исходное топливо подвергается эндотермическому преобразованию (конверсии) с использованием для этой цели теплоты, отводимой из рабочего цикла двигателя, а уже на второй преобразованное топливо сжигается, при этом высвобождается дополнительная тепловая энергия, «накопленная» в процессе конверсии.

При формировании системы функциональных средств для реализации концепции метода, необходимым условием является обоснованный выбор приемлемого вида альтернативного топлива, которое при известном

температурно-энергетическом состоянии греющего теплоносителя - отработавших газов двигателя обладало бы способностью эффективной конверсии. К таким видам топлива могут быть отнесены: ряд легких гомологов предельных углеводородов (алканов), низшие спирты, простые эфиры и др. Выбор конкретного топлива для его последующего энергетического преобразования на основе конверсии является компромиссом, учитывающим энергетическую ценность топлива, температурные условия конверсионного процесса, спектр образующихся при этом газообразных продуктов и стоимость.

Проведено предварительное аналитическое изучение параметров процесса каталитической конверсии для ряда потенциально приемлемых видов альтернативного топлива с целью оценки эффективности этого процесса и состава продуктов термохимического преобразования. Анализом установлено, что к числу наиболее пригодных энергетических продуктов, из числа изученных, для организации конверсии следует отнести простейшие спирты, в первую очередь, метиловый спирт (метанол), целевыми продуктами конверсии которого являются водород (~ 65% об.) и оксид углерода. Метанол, который уже относительно давно применяют в качестве заменителя традиционных моторных топлив, имеет крупнотоннажное производство, стоимость, соизмеримую с традиционными нефтяными топливами, а технологические аспекты его конверсии детально отработаны. Он может быть произведен из возобновляемых природных ресурсов, например, древесины, то есть существует обширная сырьевая база для увеличения его производства и значительно более широкого энергетического использования на транспорте.

При разработке системы приемлемых технологических средств, реализующих концепцию метода, использованы хорошо зарекомендовавшие в исследовательской практике уже известные технологии конверсии метанола на борту транспортного средства [3–6].

В общем случае, энергетическая эффективность термохимического преобразования альтернативного топлива зависит от типа двигателя, способа организации в нем рабочего процесса, а также от химической природы топлива (эндотермического эффекта системы реакций его конверсии).

### **Оценка эффективности реализации способа**

Принципиальная возможность реализации предлагаемого способа и ее эффективность могут быть установлены уже на основе простого сравнения теплоты сгорания исходного топлива и продуктов его конверсии. Например, известно, что теплота сгорания метанола равна  $19670 \text{ кДж/кг}$ , а теплота сгорания газообразных продуктов конверсии метанола (ПКМ) –  $23870 \text{ кДж/кг}$ . Таким образом, при сгорании в двигателе  $1 \text{ кг}$  ПКМ, полученных из такой же массы жидкого метанола, высвобождается дополнительная тепловая энергия, накопленная в процессе конверсии спиртового топлива, равная  $4200 \text{ кДж/кг}$ . Следовательно,  $21,4\%$  располагаемой энергии отработавших газов, используемой (утилизируемой) для организации эндотермического этапа конверсии метанола, «возвращается» в рабочий цикл двигателя, работающего на ПКМ. По этой причине подобный цикл может быть отнесен к виду классических регенеративных циклов, но реализуемый на основе новых технологических средств.

Термохимическая сущность способа повышения энергетических характеристик топлива на основе процесса регенерации отходящей теплоты отражает основные положения химической термодинамики, в частности, закон Гесса [7]. Это можно показать на основе сравнительного анализа тепловых эффектов от сгорания метанола, осуществляемого по двум сценариям (маршрутам). По первому сценарию метанол окисляется (сжигается) в кислороде непосредственно с тепловым экзотермическим эффектом, равным  $629440 \text{ кДж}$ . По второму, двухступенчатому сценарию он предварительно подвергается конверсии и разлагается с образованием оксида углерода  $CO$  и водорода  $H_2$  с эндотермическим тепловым эффектом –  $Q_m$ , которые затем сжигаются в кислороде с суммарным экзотермическим тепловым эффектом  $764090 \text{ кДж}$ .

Как в первом, так и во втором сценариях окисления метанола целевыми, конечными продуктами реакций являются пары воды и двуокись углерода, то есть начальное и конечное состояния системы одинаковы. Тогда, в соответствии с законом Гесса суммарные тепловые эффекты этих маршрутов должны совпадать:  $629440 = -Q_m + 764090 \text{ кДж}$ . Отсюда:

$Q_m = 134650$  кДж. Теплота  $Q_m$  соответствует эндотермическому тепловому эффекту реакции разложения метанола.

Проведенный анализ показывает, что тепловой эффект от сжигания полученной газообразной смеси  $CO$  и  $H_2$  превышает эффект от сжигания того же количества жидкого метанола на величину  $Q_m = 134650$  кДж (т.е. на 21,4%), что соответствует затраченной при разложении спирта тепловой энергии. В условиях рабочего цикла двигателя эти энергетические затраты компенсируются за счет тепловой энергии, отводимой из цикла, например, с отработавшими газами.

Из изложенного выше следует, что применение систем предварительного химического преобразования топлива с использованием для этой цели отходящей теплоты позволяет повысить эффективность его сжигания в рабочем цикле двигателя, но при определенных термодинамических ограничениях. Например, для двигателей с принудительным воспламенением термодинамический цикл (цикл Отто) с регенерацией отходящей теплоты может быть представлен  $T$ - $S$ -диаграммой (ось абсцисс – энтропия  $S$ , ось ординат – температура  $T$ ), изображенной на рис. 1.

На диаграмме доля теплоты  $WQ_2$ , регенерируемая в цикл, выражена как часть отходящей теплоты  $Q_2$ , то есть степень регенерации равна:

$$W = \frac{Q_p}{Q_2},$$

где  $Q_p = M_2 \mu C_v (T_6 - T_k)$  – количество теплоты, регенерируемой в цикл;

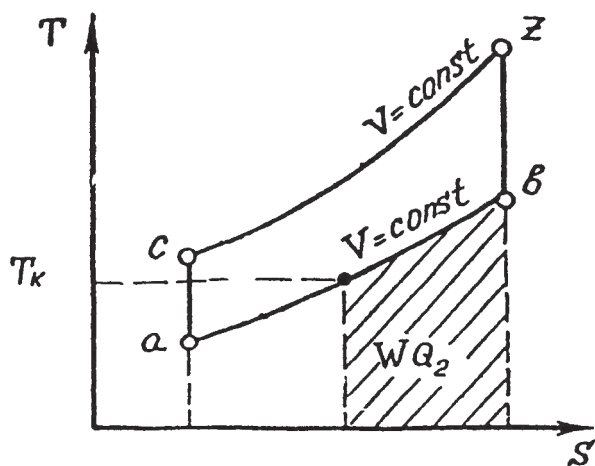


Рис. 1.  $T$ - $S$ -диаграмма цикла Отто с термохимической регенерацией теплоты отработавших газов

$Q_2 = M_2 \mu C_v (T_6 - T_a)$  – теплота, отведенная из цикла;  $M_2$  и  $\mu C_v$  – количество рабочего тела и его средняя молярная теплоемкость при постоянном объеме соответственно;  $T_a$ ,  $T_6$  – температура рабочего тела в характерных точках диаграммы;  $T_k$  – минимально возможная температура конверсии.

Нетрудно видеть, что:

$$W = \frac{T_6 - T_k}{T_6 - T_a}.$$

Как следует из этого выражения, степень регенерации  $W$  зависит от температуры конверсионного процесса  $T_k$  и возрастает с ее уменьшением.

Однако процесс термokatалитической конверсии альтернативного топлива осуществим с использованием катализатора при определенных рабочих температурах, например, для метанола не ниже 280...300°C [3]. Указанное ограничение определяет предельно минимальный уровень температуры отработавших газов двигателя, ниже которого процесс конверсии не реализуется. Поэтому, на сегодняшний день, можно говорить лишь о возможности частичной регенерации теплоты отработавших газов двигателя лишь в ограниченном диапазоне изменения нагрузочных режимов его работы. Решение проблемы более полной утилизации теплоты отработавших газов связано с перспективой разработки высокоэффективных катализаторов, способных инициировать процессы конверсии альтернативных топлив в условиях пониженных рабочих температур.

Таким образом, реализация способа преобразования энергетических характеристик топлива на основе частичной утилизации отходящей теплоты принципиально возможна для любого типа двигателя с учетом упомянутых выше ограничений, то есть только в определенных температурных условиях, зависящих от текущего режима работы двигателя и способа организации его рабочего цикла.

Так, для условий рабочего цикла бензинового двигателя с искровым зажиганием реализация способа возможна в ограниченном, но достаточно широком диапазоне изменения его нагрузочных режимов, благодаря относительно высокому уровню температурно-энергетического потенциала отработавших газов, характерному для данного типа двигателя. При этом газообразные продукты конверсии могут быть использованы как основное топливо для



питания двигателя, способ организации рабочего процесса которого в данном случае практически аналогичен газовому двигателю.

Не исключается принципиальная возможность реализации этого способа в дизелях, в которых, например, предварительно химически преобразованное альтернативное топливо используется совместно с дизельным топливом в качестве компонента топливной смеси. В данном случае, расход конвертируемого топлива через реактор может варьироваться в определенных пределах в соответствии с температурными и энергетическими возможностями теплоносителя (выпускных газов) для каждого конкретного режима работы двигателя по условию обеспечения полного завершения процесса конверсии.

Теоретические основы повышения энергетических характеристик альтернативного топлива за счет его химического преобразования в современной исследовательской практике остаются малоизученными. Однако они представляют определенный научный интерес в первую очередь с точки зрения достижения потенциально возможного уровня эффективности рабочего цикла двигателя за счет регенерации отходящей теплоты. Рассмотрим в общем виде некоторые аспекты этой проблемы.

Основным показателем для теоретической оценки эффективности рабочего цикла поршневого двигателя служит термический КПД термодинамического (идеального) цикла [1]. Автором проведен математический анализ влияния процесса термохимической регенерации на эффективность использования энергии топлива применительно к термодинамическому циклу со смешанным подводом теплоты (теоретический цикл двигателя с воспламенением от сжатия – дизеля). По результатам проведенного анализа получена зависимость для определения показателя эффективности использования энергии топлива  $\eta_{ТХР}$  для цикла дизеля, реализованного с термохимической регенерацией теплоты, отводимой из цикла, то есть с повышением эффективности первого этапа преобразования химической энергии топлива в теплоту:

$$\eta_{ТХР} = 1 - \frac{(1-w)}{\varepsilon^{k-1}} \times \frac{(\lambda \cdot \rho^k - 1)}{[(\lambda - 1) + k \cdot \lambda \cdot (\rho - 1)] - w \cdot (\lambda \cdot \rho^k - 1)},$$

где  $\lambda$  – степень изохорного повышения давления;  $\rho$  – степень изобарного расширения;  $\varepsilon$  – степень сжатия;  $k$  – показатель адиабаты рабочего тела;  $w$  – степень регенерации.

Следует заметить, что словосочетание «показатель эффективности использования энергии топлива» как определение или термин ранее не использовалось в исследовательской практике, автор не претендует на его терминологическую корректность, допуская возможность его последующего уточнения. Этот показатель характеризует степень повышения общей эффективности цикла как регенеративного за счет снижения уровня необратимых потерь на первом этапе преобразования энергии конвертированного топлива – преобразования его химической энергии в теплоту.

Для сравнения отметим, что термический КПД  $\eta_t$  теоретического цикла дизеля, который характеризует эффективность второго этапа преобразования химической энергии топлива, то есть перехода теплоты в работу, определяется зависимостью [1]:

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda \cdot \rho^k - 1}{\varepsilon^{k-1} \cdot [(\lambda - 1) + k \cdot \lambda \cdot (\rho - 1)]}.$$

Для цикла ДВС с искровым зажиганием (цикл Отто,  $\rho = 1$ ) с термохимической регенерацией отходящей теплоты показатель эффективности использования энергии топлива приобретает вид:

$$\eta^{ТХР} = 1 - \frac{1-w}{\varepsilon^{k-1} - w}.$$

Термический КПД, как известно [1], для этого цикла:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}.$$

Из полученных выражений видно, что эффективность использования энергии топлива в рабочих циклах двигателей может быть повышена с помощью термохимической регенерации при постоянных параметрах цикла, то есть без повышения начальных параметров рабочего тела, в том числе и без увеличения температуры и тепловой напряженности двигателя. Из этих же выражений следует, что показатель энергетического преобразования топлива существенно зависит от степени термохимической регенерации отводимой из цикла теплоты. В связи с этим целесообразно рассмотреть условия эффективного осуществления процес-

са регенерации, а также термодинамические ограничения его реализации в реальных условиях рабочего цикла двигателя.

Выше отмечалось, что количество теплоты, которое может быть дополнительно использовано в цикле двигателя за счет термохимической регенерации, соответствует разности теплоты сгорания конвертированного и исходного топлив. В то же время уровень этого различия адекватен количеству тепловой энергии теплоносителя (выпускных газов), которая расходуется на компенсацию эндотермического эффекта реакции конверсии исходного топлива. Этот эффект различен для отдельных видов альтернативного топлива и определяется их химической природой. Например, для метанола, как было показано выше, он равен 4200 кДж/кг.

Условия максимально возможной степени регенерации выполняются, если состав продуктов конверсии соответствует условиям термодинамического равновесия (полное завершение конверсионного процесса). Эти условия реализуются, когда эндотермический эффект реакции конверсии соответствует подводу эквивалентного количества теплоты в реакционное пространство от внешнего источника – греющего теплоносителя, то есть в нашем случае – отработавших газов двигателя.

В реальных условиях при организации конверсионного процесса в выпускной системе двигателя отработавшие газы должны располагать потенциально более высоким уровнем тепловой энергии, которая необходима не только для компенсации эндотермического эффекта реакции конверсии, но и для организации «вспомогательных» этапов конверсионного процесса. Дополнительное количество тепловой энергии необходимо для предварительного нагревания исходного топлива до температуры кипения и его последующего испарения, повышения температуры паров до уровня рабочей температуры конверсии.

Например, общие затраты тепловой энергии на организацию полностью завершено процесса конверсии 1 кг метанола достигают 7 МДж [6]. При этом на компенсацию эндотермического эффекта реакции конверсии спирта расходуется 60% от общих энергетических затрат. Значительная их часть (около 25%) расходуется на осуществление энергоемкого процесса парообразования (теплота испарения метанола 1,1 МДж/кг).

Из рассмотренного следует, что максимально возможная степень регенерации достигается при условии, когда располагаемая тепловая энергия греющего теплоносителя (отработавших газов) соответствует общим затратам энергии, необходимым для организации конверсионного процесса. Отметим, что температурно-энергетический потенциал (энтальпия) отработавших газов зависит от их массового расхода и температуры, которые, в свою очередь, обуславливаются показателями скоростного и нагрузочного режимов двигателя.

Следует отметить еще один интересный в научно-практическом смысле аспект применения предлагаемого способа. При соответствующей организации термохимического преобразования топлива появляется уникальная возможность регенерации не только тепловой, но и химической составляющей энергии потока выпускных газов, которой располагают содержащиеся в них продукты неполного сгорания топлива (СО, СН и др.). Такая возможность может быть реализована путем экзотермического доокисления этих продуктов на окислительном катализаторе в дополнительной секции дожигания, размещенной в рабочем пространстве реактора конверсии [8]. Расчетная величина мощности дополнительного теплового эффекта в этом случае может быть определена как:

$$Q_{\text{доп}} = G_{\text{ог}} \cdot \sum (H_{\text{ui}} \cdot m_i),$$

где  $H_{\text{ui}}$  и  $m_i$  – теплота сгорания  $i$ -го компонента неполного сгорания топлива и его относительное массовое содержание в выпускных газах;  $G_{\text{ог}}$  – массовый расход выпускных газов через реактор.

Теплота, выделяющаяся при экзотермическом окислении этих продуктов, может быть использована для повышения эффективности конверсионного процесса и увеличения количества конвертируемого топлива.

### **Опытная апробация**

Возможность практической реализации процесса энергетического преобразования альтернативного топлива (метанола) с оценкой его эффективности проверялась в условиях натуральных испытаний дизеля типа 1Ч 8,5/11 на моторном стенде. Дизель оснащался реактором конверсии метанола, который устанавливался в его выпускной системе. Пройдя цикл хими-

ческого преобразования в реакторе, продукты конверсии в качестве компонента смесового топлива поступали в рабочее пространство дизеля через впускной трубопровод вместе с воздушным зарядом, где они воспламенялись и сгорали при впрыскивании в цилиндр «запальной» порции дизельного топлива (аналог газодизельного цикла).

На номинальном режиме было зарегистрировано повышение КПД дизеля на 8% по сравнению с его исходным аналогом (работа без реактора). Отметим, что повышение эффективности исследуемого дизеля обусловлено совокупным влиянием двух факторов: повышением энергетических характеристик конвертированного топлива и улучшением кинетических показателей процесса сгорания, в основном благодаря активирующим свойствам водорода [5], содержащегося в этом топливе.

Для выявления доли участия в повышении КПД двигателя каждого из названных факторов повторно проводились сравнительные испытания этого же дизеля с использованием аналогичного реактора конверсии метанола с подводом теплоты в его реакционное пространство от автономного электрического подогревателя, то есть при отсутствии регенерации тепловой энергии отработавших газов. При этом на номинальном режиме с адекватным расходом продуктов конверсии было установлено повышение КПД всего лишь на 3,5%. Отсюда можно сделать вывод, что рост КПД за счет повышения энергии топлива соответствовал 4,5%.

Следует отметить, что опытная апробация проводилась на одноцилиндровом мало-мощном двигателе. Вполне очевидно, что показатель повышения энергетических характеристик альтернативного топлива возрастет в условиях работы мощных многоцилиндровых двигателей благодаря более высокому уровню температурно-энергетического потенциала их отработавших газов.

Заметим также, что реакционные свойства газообразного конвертированного топлива проявляются и в улучшении экологических качеств двигателя, что наряду с совершенствованием кинетических показателей сгорания характеризует качественное изменение его рабочего процесса. Снижение содержания сажи и оксидов азота в отработавших газах наблюдалось во всем диапазоне изменения на-

грузочных режимов дизеля. На режиме, соответствующем номинальному, присутствие в горючей смеси химически преобразованного топлива способствует снижению содержания сажи в отработавших газах на 45 %, оксидов азота на 15 %.

### **Заключение**

Обобщая изложенное выше, можно заключить, что применение рассмотренного способа повышения энергетических характеристик альтернативных топлив в транспортных двигателях представляется априори весьма перспективным. Благодаря технической простоте его реализация не требует переоборудования технологии существующего производства двигателей и связанных с этим финансовых вложений. Метод осуществим на любом типе серийно производимого двигателя без изменения его базовой конструкции. Основной компонент системы химического энергопреобразования топлива – термокаталитический реактор представляет собой простейшую конструкцию теплообменного аппарата, массовые и габаритные характеристики которого (в объеме обычного глушителя) обеспечивают удобство его установки в выпускной системе двигателя.

Стимулом дальнейшего развития подобных систем является то, что они обуславливают возможность более эффективного использования альтернативных видов топлива, которые в основной своей массе имеют более низкие химмотологические показатели по сравнению с традиционными топливами. Применение газообразных продуктов конверсии способствует улучшению процесса смесеобразования, благодаря тому, что оба компонента горючей смеси: воздух и топливо находятся в одном агрегатном состоянии. В компонентном составе этих продуктов содержатся реакционно активные соединения (в первую очередь, водород), способствующие совершенствованию экологических и энергосберегающих показателей процесса сгорания топлива.

Наряду с другими направлениями развития исследований предложенный способ может быть отнесен к одному из направлений в области поисковых исследований по созданию конкурентоспособного транспортного двигателя. Его следует рассматривать как один из альтернативных вариантов решения ряда проблемных вопросов в контексте важной проблемы

эффективного использования альтернативных видов топлива в транспортных двигателях. Способ может быть направлен на разработку новых типов рабочего процесса двигателей, а также модификацию уже существующих. Его реализация может быть успешно совмещена с рядом других известных мероприятий по решению наиболее важных проблем – экологической и энергетической безопасности на транспорте – дополняя и усиливая при этом их совокупную эффективность.

### Литература

1. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей // Под ред. А.С. Орлина и М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1983. 372 с.
2. Носач В.Г. Методы повышения эффективности использования топлива в технологических процессах // Теплофизика и теплотехника. 1977. № 37. С. 44–47.
3. Фомин В.М., Апельинский Д.В., Каменев В.Ф., Хергеледжи М.В. Генерирование водородосодержащего газа на борту транспортного средства // Известия МГТУ «МАМИ». 2013. № 1(15). Т.1. С. 22–26.
4. Фомин В.М. Эффективное применение водородных энергоресурсов в структуре энергообеспечения АПК // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. С. 3–7.
5. Фомин В.М. Системы химического воздействия на параметры рабочего цикла дизеля // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2004. № 6. С. 34–38.
6. Fomin V.M. and Makunin A.V. Thermo chemical recovery of heat contained in exhaust gases of internal combustion engines (a general approach to the problem of recovery of heat contained in exhaust gases) // Theoretical foundations of chemical engineering. 2009. Vol. 43. No 5. P. 834–840.
7. Карякин Н.В. Основы химической термодинамики: Учебное пособие для вузов. М.: Academia, 2003. 464 с.
8. Фомин В.М., Каменев В.Ф., Корнилов Г.С. Способ работы двигателя: патент на изобретение №2249807, Российская Федерация. Опубликовано 10.04.2005. Бюл. № 10.

### References

1. Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Teoriya porshnevykh i kombinirovannykh dvigateley [Internal combustion engines. Theory of piston and combined engines]. Pod red. A.S. Orlina i M.G. Kruglova. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1983. 372 p.
2. Nosach V.G. Methods to improve fuel efficiency in industrial processes. Teplofizika i teplotekhnika. 1977. No 37, pp. 44–47 (in Russ.).
3. Fomin V.M., Apelinskiy D.V., Kamenev V.F., Khergeledzhi M.V. Generating of hydrogen-containing gas on board of vehicle. Izvestiya MG TU «MAMI». 2013. No 1(15), t.1, pp. 22–26 (in Russ.).
4. Fomin V.M. Effective use of hydrogen energy in the energy structure of agricultural complex. Traktory i sel'khoz mashiny. 2014. No 6, pp. 3–7 (in Russ.).
5. Fomin V.M. Systems of chemical effect on the parameters of a diesel engine operating cycle. Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. 2004. No 6, pp. 34–38 (in Russ.).
6. Fomin V.M. and Makunin A.V. Thermo chemical recovery of heat contained in exhaust gases of internal combustion engines (a general approach to the problem of recovery of heat contained in exhaust gases) // Theoretical foundations of chemical engineering. 2009. Vol. 43. No 5, pp. 834–840.
7. Karyakin N.V. Osnovy khimicheskoy termodinamiki. Uchebnoe posobie dlya vuzov [Basics of chemical thermodynamics: textbook for universities]. Moscow: Academia Publ., 2003. 464 p.
8. Fomin V.M., Kamenev V.F., Kornilov G.S. Sposob raboty dvigatelya [Method of engine operation]. Patent RF na izobretenie No 2249807. 2005. Byul. No 10.



## INCREASE OF EFFICIENCY OF ALTERNATIVE FUELS USE IN TRANSPORT

Dr.Eng. **V.M. Fomin**

Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI)  
+7 915 211-44-15, mixalichdm@mail.ru

*The paper analyzes the results of scientific and research works carried out at the department "Automotive engines" of Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI) in the field of alternative energy, which is widely regarded as the most promising direction in addressing energy and environmental security of the transport complex. The paper analyzes the causes hindering the massive use of alternative fuels in energy consumption of domestic transport, which mostly have lower energy and kinetic performance during combustion compared to conventional fuels. A new approach is stated to solve the problem of increasing chemmotological indicators of alternative fuels on the basis of their preliminary thermochemical conversion - conversion on board of vehicle. Preliminary results show analytical study of the on-board conversion process parameters for a number of potentially suitable alternative fuels with the purpose of process efficiency evaluation. The possibility of practical implementation of the proposed process of chemmotological conversion of alternative fuels with the evaluation of its efficiency was verified by the results of full-scale experimental testing of a diesel engine. The study substantiates the feasibility of using of this process in transport technology due to technical simplicity of its implementation and effectiveness. Implementation of on-board alternative fuel conversion is realizable on any type of serial engine without changing the basic design. The main component of the conversion system, the thermocatalytic reactor, is a simple design heat exchanger, which mass and dimensional characteristics (in the volume of a conventional muffler) provide ease of installation into engine exhaust system. Application of gaseous conversion products improves mixing process because both combustible mixture components, air and fuel, are in the same aggregate state. In addition, the component composition of these products contains reaction active compounds that contribute to improvement of environmental and energy-saving performance of combustion process and efficiency of engine operating cycle.*

**Keywords:** alternative fuels; diesel; catalyst; conversion; methanol; reactor; regeneration; chemmotological indicators.