

при которой была полностью переработана конструкция передней подвески. На сегодняшний день такая схема является основной.

Проведенный анализ показал следующее.

Так как гоночный автомобиль серии Формула-3, имеет схожую конструкцию с гоночным автомобилем серии Формула-1, то преемственность подобной формы носовой части позволила бы не только повысить динамические характеристики гоночного автомобиля и показать лучшие результаты, но и так же позволила бы инженерам, работающим в Формуле-3, получить навыки работы с более совершенной конструкцией.

### Литература

1. Allan Staniforth. «Competition car suspension. A practical handbook». Fourth edition. Haynes Publishing, 2008.
2. Вебсайт [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)<http://www.wikipedia.org/>
3. Технический регламент «Формула-3» 2011г. [www.fia.com](http://www.fia.com)

### **Анализ технологий переработки альтернативных источников энергии в моторное топливо**

д.т.н. проф. Фомин В.М., к.т.н. доц. Апельинский Д.В.  
Университет машиностроения  
+ 7(915)2114415, [mixalichDM@mail.ru](mailto:mixalichDM@mail.ru)

*Аннотация.* В статье приводятся результаты сравнительного анализа и опытной апробации эффективности технологических приемов по переработке некоторых видов альтернативных энергоносителей в топливо для транспортных двигателей.

*Ключевые слова:* конверсия, термохимическая переработка, процесс парциального окисления, пиролиз, газификация биомассы.

Неотложное решение социально важных проблем повышения экологической безопасности и сохранения природных ресурсов обуславливает необходимость к переходу на альтернативную, экологически совершенную энергетику и высокоэффективные технологии для ее реализации на транспорте. Отдельные виды потенциальных сырьевых источников энергии являются соединениями, которые могут быть непосредственно использованы в качестве самостоятельного альтернативного вида топлива для двигателей автотранспортных средств (АТС). Однако не все альтернативные энергоносители обладают в полной мере необходимыми свойствами моторных топлив по условию организации эффективного рабочего процесса ДВС. В связи с этим полагают [1, 2], что подобные энергоносители целесообразно подвергнуть предварительному циклу химического (или термохимического) преобразования с целью получения новых видов топлива, более приспособленных к условиям работы двигателя. Из сказанного следует, что при выборе альтернативного энергоносителя для транспортного ДВС в каждом конкретном случае необходимо учитывать целесообразность его применения в том виде, при котором достигается наибольшая степень энергетической и экологической эффективности двигателя, а также наименьший уровень технических затрат на его адаптацию к используемому топливу.

Процессы химического преобразования альтернативного сырьевого источника в высокоэффективный вид топлива сопровождаются затратами энергии и связаны с разработкой соответствующей технологической структуры и поиском приемлемой исходной среды с наиболее емкими энергетическими характеристиками. В настоящее время рентабельное решение этой проблемы, сопряженной с большим объемом исследований, до конца еще не найдено в мировой структуре автотранспортных технологий.

Обоснованию выбора исходного (сырьевого) продукта для его преобразования в высокоэффективное моторное топливо посвящено достаточно много работ [1, 2, 3, 4], в которых определен ряд газообразных и жидких энергетически емких соединений, которые после со-

ответствующего преобразования становятся наиболее приспособленными к условиям работы транспортной энергоустановки.

Традиционно в качестве сырьевой энергетической среды для выработки моторного топлива в транспортной энергетике рассматривают углеводородные продукты. Поэтому в большинстве случаев процесс термохимического преобразования подобного продукта протекает с выходом целевого компонента - свободного водорода. Присутствие водородного компонента в составе синтезированной смеси обуславливает уникальные кинетические и экологические показатели её сгорания, высокую эффективность рабочего цикла ДВС. Этот немаловажный фактор, который наряду с другими необходимо учитывать при выборе исходного сырьевого продукта.

В общем виде основными характеристиками сырьевого продукта, определяющими его пригодность для производства водородосодержащей топливной композиции, являются:

- содержание водорода в сырьевом продукте;
- энергетические характеристики продукта;
- сложность и стоимость бортовой переработки сырьевого продукта;
- стоимость сырьевого продукта и наличие его производства;
- наличие в перспективе широкой сырьевой базы, в том числе и возобновляемого сырья;
- характеристики бортовых систем хранения сырьевого продукта с точки зрения возможности их адаптации к условиям энергоустановки АТС.

К исходным сырьевым продуктам могут быть отнесены: природный газ, низшие спирты (метанол, этанол), простейшие эфиры и предельные углеводороды (метан, пропан-бутан, бензин).

Природный газ (метан,  $\text{CH}_4$ ) находит широкое применение в качестве самостоятельного вида топлива на транспорте. Как сырье для получения водородосодержащей топливной композиции, имеет ряд преимуществ:

- крупные запасы газа в нашей стране и его относительная дешевизна;
- наличие инфраструктуры для транспортировки;
- высокое содержание водорода.

Метанол (метиловый спирт,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ) может быть получен из любого сырья, содержащего углерод, например, природного газа, угля или биомассы. В России имеются отлаженные технологии массового производства метанола с удовлетворительными технико-экономическими показателями. Он уже находит самостоятельное применение в качестве основного или частичного заменителя нефтяного топлива для ДВС.

Распространено мнение, что метанол, при его использовании в качестве энергоносителя, более токсичен по сравнению с традиционными видами топлива. В соответствии с действующим в России ПДК относительная агрессивность метанола составляет 5,9 усл.т/т. Для бензина с преобладанием непредельных и ароматических углеводородов этот показатель соответствует 17,5, для дизельного топлива – 2,1. То есть токсичность паров метанола примерно в 3 раза ниже, чем у бензина и примерно в 3 раза выше, чем у дизельного топлива. За рубежом накоплен огромный опыт применения двигателей с питанием метанолом, который показывает, что при соблюдении правил эксплуатации транспортного средства опасность использования метанола не превышает опасности использования традиционных нефтяных топлив.

В нашей стране и за рубежом были проведены оценки риска здоровью человека и безопасности при применении метанола, включающие: взрыв; утечки из топливного бака; характеристики сгорания топлива; токсическое действие топлива на человека при попадании внутрь, вдыхании, попадании на кожу или контакте с глазами. Результаты этой оценки указывают на то, что риск при использовании метанола значительно ниже, чем при применении бензина и несколько выше, чем при использовании дизельного топлива.

Результатами ряда проведенных исследований [1, 2] показана целесообразность использования метанола в транспортной энергетике в качестве сырьевого продукта для получения более эффективного вида топлива, которая обусловлена уникальной его способностью

к конвертированию с утилизацией тепловой энергии ОГ двигателя [2, 3]. Продукты химического преобразования (конверсии) метанола, используемые в качестве моторного топлива, практически не содержат в своем составе инертных компонентов, обладают высокими экологическими и кинетическими характеристиками сгорания, способствующими совершенствованию показателей работы двигателя.

Основными преимуществами метанола, как исходного сырьевого продукта для получения нового вида моторного топлива, являются:

- низкая температура переработки в более эффективный вид топлива;
- простота его хранения на борту автомобиля;
- наличие крупнотоннажного промышленного производства как сырья для химической промышленности;
- наличие возобновляемого сырьевого источника - биомассы;
- относительная дешевизна.

Этанол ( $C_2H_5OH$ ) – одноатомный спирт, производится преимущественно из биомассы (сахарного тростника, кукурузы и др.). В ряде зарубежных стран, смешивая этанол и бензин в определенных пропорциях, производят биотопливо марок E85 (85% этанола и 15% бензина) и E10 (10% этанола и 90% бензина). Однако традиционные автомобильные ДВС не могут работать на E85. Использование биотоплив с большим содержанием спирта требует значительных изменений конструкций серийных двигателей, которые пока не могут быть осуществлены на современном технологическом уровне развития отечественной двигателестроительной отрасли.

Поэтому в ряде случаев этанол целесообразно использовать в качестве сырьевого продукта для получения эффективного вида топлива для современных транспортных ДВС. Этанол по своим свойствам во многом близок к метанолу и технология его переработки в новый вид моторного топлива достаточно просто адаптируется к существующим системам конверсии. При этом реализуются все рассмотренные выше преимущества, свойственные метанолу.

Бензин. В отличие от метана и спиртов бензин не является моно компонентным соединением и состоит из смеси нескольких предельных углеводородов  $C_nH_{2n+1}$  с длиной углеродной цепочки  $n = 7 \dots 10$ . Ни один из компонентов не имеет преобладающего содержания и для каждого сорта бензина существует гипотетическая химическая формула. Например, бензин марки Аи-95 характеризуется формулой  $C_{7,14}H_{14,28}$ . Композиционный характер бензина, как исходного сырья для получения нового газообразного вида топлива, создает определенные трудности при создании эффективного конверсионного процесса. При использовании смеси углеводородов, очевидно, в принципе, невозможно добиться таких же высоких результатов, как на однородном соединении (метан, метанол, этанол). При этом необходима достаточно сложная очистка от серосодержащих соединений, которые ограничивают применение современных катализаторов. Большое количество дополнительных примесей ( $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH$ ,  $NO_x$ , твердые частицы,  $SO_x$ ) в составе продуктов конверсии бензина обуславливает очевидные кинетические сложности при их сгорании и снижает эффективность энергетических установок АТС. Кроме того, из-за многообразия углеводородов трудно избежать осаждения сажи в конверсионном блоке, что уменьшает ресурс его работы.

Как уже отмечалось выше, многие из известных видов энергоносителей, в том числе и альтернативных, могут быть использованы (с различной степенью эффективности и технологических затрат) в качестве самостоятельного топлива для транспортных средств. Поэтому для обоснованного выбора сырьевого источника энергии изначально необходима предварительная оценка по условию энергетической целесообразности его применения на транспорте в том или ином виде, как моторное топливо. Очевидно, что целесообразность предварительного химического преобразования исходного энергоносителя в новый вид моторного топлива будет определяться свойствами этого топлива, которые потенциально способны повысить эффективные и экологические качества транспортного двигателя по сравнению с исходным энергоносителем. Одним из наиболее важных оценочных факторов, определяющих обоснованный выбор углеводородного соединения в качестве исходного сырьевого продукта, явля-

ется содержание в нем водорода и его удельные энергетические характеристики (таблица 1).

Таблица 1.

Вид энергоносителя	Содержание водорода, % масс.	Удельная массовая энергия, МДж/кг	Удельная объемная энергия, МДж/л
1. Газообразный метан $CH_4$ $p = 35 \text{ МПа}$	25	50	12
2. Жидкий метан $CH_4$ (-160 °С)	25	50	35
3. Пропан-бутан (сжиженный)	15...18	46...49	27...29
4. Метанол $CH_3OH$	12,5	20	16
5. Этанол $C_2H_5OH$	12	27	22
6. Бензин $C_nH_{2n+1}$ $n = 7-10$	14	44	30

Видно, что по сравнению с другими приведенными в табл. 1 углеводородными соединениями сжиженный метан и бензин имеют наиболее высокий уровень по показателям удельного энергосодержания. С учетом этого фактора данные энергоносители могут быть эффективно использованы непосредственно в качестве самостоятельного моторного топлива. Правда, для жидкого метана необходимо предусмотреть криогенные блоки хранения, что связано с соответствующими эксплуатационными проблемами. По комплексу приведенных энергетических характеристик метанол заметно уступает другим видам топлива, и его наиболее предпочтительно использовать в качестве источника нового, более эффективного вида водородосодержащего топлива в энергоустановках АТС. Что касается этанола, то он во многом близок к метанолу и, прежде всего, по фактору адаптации к существующим системам конверсии. Поэтому он может быть эффективно использован в качестве сырьевого продукта для выработки нового моторного топлива. Но, с учетом накопленного в мировой практике опыта по применению данного энергоносителя в качестве экологически чистого вида топлива, он может быть также использован в ДВС транспортных систем в исходном виде. Очевидно, что целесообразность его применения на транспорте в том или ином виде, как моторное топливо, должна оцениваться в каждом конкретном случае с учетом достижения необходимых требований к эффективным и экологическим качествам транспортного двигателя.

Другим немаловажным фактором, определяющим целесообразность применения на транспорте сырьевого источника энергии для выработки моторного топлива, является показатель полезного использования первичной энергии этого источника на конечной стадии потребления с учетом энергетических затрат на организацию процесса его термохимического преобразования (конверсии) в водородосодержащую топливную композицию.

Для получения такой композиции (синтез – газа) может использоваться как сухая и паровая конверсия исходного углеводородного соединения, так и его парциальное окисление. Наиболее простым технологическим циклом переработки обладает метанол, а наиболее сложным – бензин.

Для различных сырьевых продуктов суммарные энергетические затраты на их преобразование в водородосодержащий вид топлива могут быть установлены по нескольким частным параметрам этого процесса с учетом эффективности каждого из них и возможности адаптации к условиям энергоустановки транспортного средства, а именно:

- температура реакции конверсии;
- содержание водорода в продуктах конверсии;
- содержание в продуктах конверсии горючих компонентов;
- энергетические затраты на нагрев реагентов;
- энергетические затраты на организацию конверсионного процесса.

Сравнительная оценка по перечисленным параметрам для природного газа (метана), спиртов и бензина приведена в таблице 2.

Из таблицы видно, что для получения нового вида топлива (синтез – газа) энергетически выгодно использовать конверсию исходного углеводородного соединения. Наиболее

энергозатратным является процесс его высокотемпературного парциального окисления, что создает очевидные сложности при реализации этого процесса в условиях АТС.

Таблица 2.

Вид сырьевого продукта	Метан		Бензин	Метанол		Этанол
	Паровая конверсия	Парциальное окисление	Паровая конверсия	Парциальное окисление	Паровая конверсия	Паровая конверсия
Способ организации процесса преобразования сырьевого продукта в водородосодержащий газ	Паровая конверсия	Парциальное окисление	Паровая конверсия	Парциальное окисление	Паровая конверсия	Паровая конверсия
Температура реакции, °С	700	1200	800	1500	300	700
Выход $H_2$ , %(об.)	55-75	45	60-70	35	60-65	60-65
Суммарное содержание горючих газов, %(об.)	86	65	90	60	65	66
Энергозатраты на реакцию, кДж/моль $H_2$	76	- 17	90	- 94	56	60
Энергозатраты на нагрев компонентов, кДж/моль $H_2$	208	313	209	435	236	230
Суммарные энергозатраты, кДж/моль $H_2$	284	296	299	341	292	290

С точки зрения суммарных энергетических затрат на выработку водородосодержащего топлива выгоднее всего использовать парогазовую конверсию природного газа, протекающей, однако, при относительно высокой температуре 700°С, что вызывает необходимость в дополнительной разработке высокотемпературного источника теплоты. Наихудшим вариантом с этой точки зрения является использование паровой конверсии бензина.

Предпочтение при этом следует отдать паровой конверсии метанола, идущей при относительно невысокой температуре, что позволяет снизить затраты энергии для организации конверсионного процесса и использовать для его конструкции более дешевые материалы. Кроме того, промышленная технология синтеза метанола практически исключает присутствие в нем серосодержащих соединений, отравляющих катализаторы. Возможность применения современных высокоэффективных катализаторов обуславливает условия для организации конверсии метанола с использованием низко потенциальной отходящей энергии – теплоты ОГ двигателя, без использования внешнего источника теплоты. Энергосберегающий эффект от утилизации «бесплатной» энергии ОГ позволяет существенно снизить суммарные энергозатраты на организацию конверсионного процесса, повысить эффективность энергетической установки в целом [2, 3].

Важным фактором с точки зрения возможности адаптации того или иного сырьевого продукта к условиям энергоустановки АТС являются массогабаритные характеристики систем, используемых для бортового преобразования продукта в водородосодержащий вид топлива. В таблице 3 представлено предварительное сравнение массогабаритных характеристик некоторых систем конверсии, предназначенных для использования в энергетических установках АТС с полезной мощностью 30 кВт.

Таблица 3.

Тип конверсионной системы	Масса, кг	Объем, л
Система конверсии бензина	74	70
Система конверсии метанола	77	90
Система конверсии природного газа: криогенная / газобаллонная	145/165	130/190

По предварительной оценке системы конверсии с использованием жидких носителей энергии – бензина и метанола имеют наиболее приемлемые массогабаритные характеристики, благодаря более простым и компактным конструкциям конверторов и емкостей для их хранения. Системы конверсии природного газа даже в случае криогенного хранения существенно проигрывают по массогабаритным характеристикам системам с жидкими носителями

ми (таблица 3). Даже находясь под давлением 20 МПа, сжатый природный газ занимает в 2 раза больший объем, чем такое же (по энергетическому эквиваленту) количество жидкого энергоносителя. Для хранения компримированного газа на транспортном средстве требуются большие, тяжелые баллоны, которые обеспечивают запас хода всего 200...250 км.

В сфере энергообеспечения отечественного транспорта особое место следует отвести альтернативным энергоносителям, полученным из растительных продуктов (биомассы) – неисчерпаемого (ежегодно возобновляемого) сырьевого продукта. При этом следует отметить, что использование в энергетических установках топлив, получаемых из биомассы, обеспечивает поддержание баланса в атмосфере диоксида углерода  $\text{CO}_2$ , так как его выбросы с продуктами сгорания практически полностью компенсируются в процессах фотосинтеза при выращивании биологического сырья. Это способствует решению одной из важнейших мировых проблем – уменьшению парникового эффекта в биосфере.

Наиболее экономически оправдано осуществлять перевод транспортных энергетических установок, потребляющих нефтяное топливо, на работу на альтернативном топливе, производимом из местных сырьевых источников. Целесообразность такого подхода обусловлена, прежде всего, тем, что он позволяет для каждого региона, отдаленного от традиционных мест добычи и переработки нефти, создать устойчивую топливно-энергетическую базу, практически не зависящую от привозного традиционного топлива. Для большинства регионов России практически неограниченными (возобновляемыми) сырьевыми источниками для местного производства моторного топлива являются разнообразные виды твердой пищевой биомассы (древесина, другие растительные продукты и отходы от их переработки).

Пиролиз твердой биомассы. Пиролиз представляет собой процесс термического разложения биомассы без доступа кислорода. Технологии пиролиза твердой биомассы, в первую очередь, древесины для получения жидкого топлива начали активно развиваться с конца 70-х годов. Было разработано и исследовано большое количество реакторов и процессов различного типа, в результате чего сегодня пиролиз утвердился как жизнеспособная и экономичная технология для получения жидкого топлива (пиротоплива) из биомассы [4]. Наряду с другими технологиями пиролиз является эффективным методом термохимической переработки биомассы, и одновременно одной из наименее развитых технологий ее энергетического использования. На сегодняшний день имеется определенный опыт использования пиротоплив в котлах, стационарных дизельных и газотурбинных двигателях. Распространения на автомобильном транспорте данный вид топлива пока не получил.

В перспективе для условий России представляется экономически целесообразным получение жидкого пиротоплива в составе мобильных (передвижных) установок. Подобная технология производства моторного топлива является практически единственной возможной для использования на транспорте, поскольку технологии прямого сжигания не имеют потребителя на произведенное тепло непосредственно в местах сбора и выращивания биомассы. Использование передвижных установок позволит также значительно снизить себестоимость энергии, произведенной из твердой пищевой биомассы, вследствие отсутствия капитальных и эксплуатационных затрат на её хранение и транспортирование. Наиболее перспективными для России эти технологии представляются для реализации в составе передвижных установок производительностью 50 – 200 кг сырья/ч.

Газификация твердой биомассы. Газификация биомассы представляет собой высокотемпературный процесс, при котором она вступает в реакцию с ограниченным количеством воздуха или кислорода и превращается в горючий (генераторный) газ. Воздух является самым простым и наиболее широко используемым окислителем. Теплота сгорания генераторного газа при этом составляет 4...6 МДж/м<sup>3</sup> (низкокалорийный газ). При применении пара в качестве дополнительного реагента в составе генераторного газа возрастает концентрация водорода и теплота сгорания увеличивается до 10...15 МДж/м<sup>3</sup> (среднекалорийный газ). Очищенный газ может быть непосредственно использован в двигателях АТС в качестве основного топлива. Понятно, что газификационная установка должна быть портативной для её размещения на борту АТС.

Значительный опыт по применению подобных установок накоплен в отечественной исследовательской практике. Работы по газификации твердой непищевой биомассы и по использованию газообразных продуктов в двигателях транспортных средств начались в России еще в двадцатые годы прошлого столетия. При этом были достигнуты очевидные успехи, которые позволили организовать довольно в широких масштабах выпуск транспортных газогенераторов, особенно в годы Второй мировой войны. В дальнейшем опыт по их проектированию и эксплуатации был обобщен в работах ряда предприятий и научно-исследовательских центров. Были созданы опытные образцы газогенераторных систем, которые по результатам испытаний подтвердили возможность организации эффективного процесса газификации древесины и различных растительных отходов. К сожалению, в дальнейшем работы в этом направлении были неоправданно свернуты.

Тем не менее, анализ зарубежного опыта показывает, что газообразные продукты, синтезированные из твердой биомассы, могут эффективно использоваться в современных транспортных двигателях как в качестве основного топлива (аналог газового ДВС), так и в качестве частичного заменителя жидкого нефтяного топлива (двигатели, работающие на двухкомпонентном топливе, например, газодизели).

Подтверждением этому могут служить результаты исследования топливно-экономических и экологических показателей дизеля типа 2Ч 8,5/11 при его работе на дизельном топливе с добавлением к воздушному заряду продуктов газификации древесины [5]. Для проведения исследований был создан опытный образец малогабаритной газогенераторной установки. Для повышения содержания в энергетическом газе водорода, а также для снижения тепловой напряженности конструкции газогенератора использовался дополнительный реагент – вода (водяной пар).

В течение всего цикла испытаний состав генераторного газа по отдельным его компонентам изменялся (в зависимости от режима работы двигателя и производительности реактора) в следующих пределах: CO – 18...20%; N<sub>2</sub> – 12...17%; CH<sub>4</sub> – 2,5...3,0%; O<sub>2</sub> – 0,4...0,6%; CO<sub>2</sub> – 8...12%; N<sub>2</sub> – 55...58%. При этом показатель энергетических качеств (теплота сгорания) генераторного газа варьировался в пределах 5,0...8,3 МДж /м<sup>3</sup>. По результатам опытной апробации выявлено, что на номинальном режиме работы двигателя регистрировалось снижение удельного расхода топлива на 5,5%; уменьшение содержания оксидов азота в ОГ на 15%, сажи – на 40%.

Применение транспортных средств, оснащенных силовыми установками с более совершенными экологическими качествами благодаря использованию малогабаритных и эффективных газификаторов твердой биомассы, расширяет эксплуатационные возможности этих средств, повышая экологическую безопасность их эксплуатации, одновременно частично решая при этом финансово-технологическую проблему заготовки моторного топлива. Поэтому в настоящее время в мировой исследовательской практике наблюдается возрастание интереса к производству моторных топлив, получаемых из твердой непищевой биомассы. При этом задача стоит не только в увеличении объема производства этого вида альтернативного топлива, но и в снижении себестоимости его производства. Решение данной задачи непосредственно связано с применением новых технологических подходов.

### **Заключение по результатам анализа**

Обобщение результатов проведенного в статье анализа технологий по преобразованию потенциальных альтернативных источников энергии в моторное топливо позволяет сделать следующее заключение.

Перспектива массового применения на транспорте технологии по переработке традиционного нефтяного топлива в водородосодержащие топливные композиции весьма проблематична по целому ряду факторов. Накопленный исследовательский опыт в области разработок бортовых систем конверсии (реакторов) традиционных моторных топлив показывает, что уровень их технической и технологической сложности несоизмерим с эколого-экономическим эффектом от применения в энергоустановке АТС. Высокий температурный уровень процесса переработки этих топлив обуславливает необходимость дополнительных

затрат энергии на организацию конверсионного процесса (например, сжигание части топлива на поддержание необходимого теплового режима работы в термохимических реакторах). А присутствие соединений серы в моторном топливе исключает возможность использования высокоэффективных катализаторов. Кроме того, большое относительное содержание инертных (негорючих) компонентов в составе целевых продуктов конверсии создают дополнительные сложности при их сжигании в двигателе.

С учетом современного состояния российского автотранспортного комплекса при выборе сырьевого продукта необходимо, в первую очередь, учитывать технологические возможности отечественной промышленности и перспективы сырьевой базы.

Основным энергетически оправданным направлением исследований по практической реализации технологий выработки высокоэффективного водородосодержащего топлива в составе системы питания двигателя АТС является поиск углеводородных соединений, позволяющих осуществить принципиальную возможность организации процессов предварительной химического преобразования за счет «бесплатной» тепловой энергии ОГ. При этом более предпочтительными из этих соединений являются те, которые обеспечивают наибольший выход главного целевого компонента конверсии – водорода, содержание которого в составе синтезированной топливной композиции в значительной степени определяет кинетические и экологические показатели двигателя при её сгорании в двигателе.

В общем виде, выбор приемлемого альтернативного носителя энергии в качестве сырьевого продукта для производства моторного топлива является компромиссом, учитывающим его энергетическую ценность, температурные условия конверсии, спектр газов, образующихся при конверсии, стоимость, наличие сырьевой базы, возможность адаптации к условиям АТС и др.

По комплексу рассмотренных выше факторов можно сделать заключение о том, что на сегодняшний день метанол является одним из наиболее энергетически выгодных источников дешевого и эффективного водородосодержащего топлива для двигателей АТС. Следует заметить, что в будущем по мере развития технологий и соответствующих сырьевых баз может оказаться экономически оправданным использование и других соединений, которые по своим характеристикам смогут соответствовать энергетически выгодным условиям в технологической структуре реализации бортовой конверсии.

В среде перспективного энергообеспечения отечественного транспорта представляется экономически оправданным развитие производства моторного топлива из твердой непищевой биомассы (древесины и других растительных продуктов), в первую очередь, в регионах, отдаленных от мест добычи и переработки нефти, имеющих неограниченные (возобновляемые) местные запасы данного сырьевого продукта. Это позволит создавать устойчивую топливно-энергетическую базу, практически не зависящую от привозного углеводородного топлива.

### Литература

1. Фомин В.М., Апельинский Д.В., Каменев В.Ф., Хергеледжи М.В. Генерирование водородосодержащего газа на борту транспортного средства // Известия МГТУ «МАМИ». № 1 (15) 2013. т. 1. – С. 204-212.
2. Фомин В.М., Шевченко Д.В. Повышение эффективности использования энергии альтернативного топлива // Транспорт на альтернативном топливе. № 5 (23). 2011. – С. 46-52.
3. Fomin V.M., 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. Vol.43. № 5. 2009.- p.834-840.
4. Bridgwater A.V., Peacocke G.V. Flash pyrolysis for biomass // Renewable and Sustainable Energy Reviews. № 4. 2000.- p. 1-73.
5. Фомин В.М., Маслов Ю.Л. Исследование экологических характеристик дизеля, работающего с добавками к воздушному заряду продуктов синтеза древесины // Совершенствование мощностных, экономических и токсических характеристик ДВС. - Труды VII Международ. науч.-практич. семинара. - Владимир, 1999. – С. 76-79.