

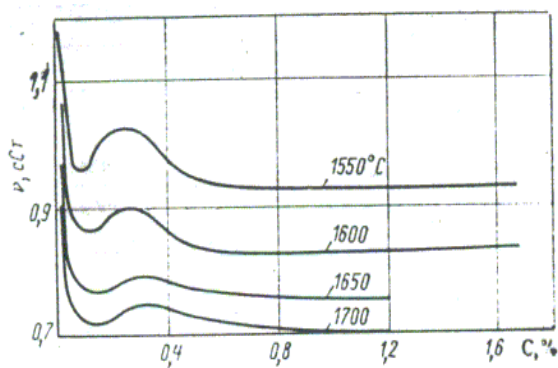


Рис. 5. Изотермы вязкости расплавов Fe-C-O с добавкой 0,3 – 0,5 % Mn [4]

Как следствие уменьшения вязкости и плотности жидкой стали при 0,1 – 0,2 % углерода наблюдается и большая усадка стали при кристаллизации, а в затвердевающих слоях сляба, соответственно, большие внутренние напряжения. Эти напряжения могут вылиться в поверхностные трещины, если прочность корочки окажется меньше внутренних напряжений.

Авторы [1] считают, что стали с содержанием марганца до 2 и более % относятся к классу перлитных и склонны к воздушной подкалке, т.е. к охрупчиванию, и в первую очередь корки слябов. Наблюдается так называемая «синеломкость» стали. В работе [2] проведен анализ качества стали, выплавленной на нескольких заводах и разливаемой в слитки. Выявлено, что у стали с содержанием углерода 0,15 – 0,20 % наблюдается наибольшее количество брака, обнаруженного при прокатке (трещины и др.). В работе [3] отмечается, что при температурах 700 – 800 °С у подобных сталей наблюдается провал пластичности, т.е. происходит охрупчивание металла.

Из вышеизложенного следует, что проявление сетчатых трещин на партии плавок стали St52 не является случайным, а имеет теоретические предпосылки. Неоптимальное соотношение технологиче-

ских параметров разливки и охлаждения отлитых слябов вызвало массовое поражение слябов сетчатыми трещинами.

Выводы:

1. Стали с содержанием углерода 0,10 – 0,20 % и марганца – более 1 % по своим физико-химическим и структурным свойствам склонны к образованию трещин в период перекристаллизации.

2. Существующая в КП ЧерМК технология разливки и охлаждения слябов из низкоуглеродистой с повышенным содержанием марганца стали требует серьезной доработки, так как металл на поверхности сляба не приобретает необходимой прочности.

3. Согласно литературным данным, для отливок из подобных сталей охлаждение со средними скоростями является наиболее опасным. Поэтому скорость охлаждения в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ и продолжительность охлаждения слябов в стопке следует либо снизить, либо увеличить. Выбрать лучший вариант можно только опытным путем.

4. Наиболее вероятным способом предотвращения образования сетчатых трещин можно признать направление слябов в ЛПЦ-2 «горячим всадом», т.е. не допускать охлаждения слябов менее 700 – 800 °С.

Литература

1. Арсеньев, П.П. Металлические расплавы и их свойства / П.П. Арсеньев, Л.А. Коледов. – М., 1976.
2. Еланский, Г.Н. Строение и свойства жидкого металла – технология – качество / Г.Н. Еланский, В.А. Кудрин. – М., 1984.
3. Лютковский, В.М. «Механизм образования “холодных” трещин на поверхности непрерывнолитых слябов из низкоуглеродистых сталей» / [В.М. Лютковский и др.] // Труды VI конгресса сталеплавильщиков (г. Череповец, 17–19 ноября 2000 г.). – М., 2000. – С. 516 – 518.
4. Циммерман, Р. Металлургия и материаловедение / Р. Циммерман, К. Гюнтер. – М., 1982.

УДК 620.9.002.68

В.Ю. Сухарев, В.Р. Анишелес

БЕНЗИНОВО-МЕТАНОЛЬНЫЕ СМЕСИ – ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ И ЭКОЛОГИЧНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье рассматриваются проблемы использования бензиново-метанольных смесей в качестве энергоэффективного и экологичного топлива для автомобилей в условиях северных российских регионов, в частности – Вологодской области. Показано, что наиболее эффективным является применение бензиново-метанольных смесей с содержанием спирта 15 – 30 %.

Бензиново-метанольные смеси, топливо для автомобилей, спирты, охрана окружающей среды.

The article considers the problems of the use of gasoline-methanol mixtures as the energy efficient and environmental friendly fuel for cars in the Northern Russian regions, Vologoda region in particular. It is shown that the use of gasoline - methanol mixtures with the alcohol content of 15 – 30 % is considered to be the most effective.

Gasoline-methanol mixtures, fuel for cars, alcohols, environmental protection.

Эффективность, экологичность и экономичность применения двигателей и эксплуатационные характеристики производственных машин на их основе определяется не только конструктивными особенностями их моторов, но и компонентным составом топлива, применяемым в ходе их эксплуатации. Широко используемые чистые углеводородные топлива (бензины) имеют ряд известных недостатков по сравнению со смесевыми. В качестве таких добавочных компонентов или ближайшими заменителями традиционных топлив признаются метанол, этанол, диметилэфир, некоторые виды биотоплива, также в перспективе – водород. Применение спиртов, например, метанола, получаемых из возобновляемой растительной биомассы (отходов деревопереработки) или синтезируемых из природного газа, имеет ряд конкурентных преимуществ, особенно в условиях Вологодской области, в том числе ее Череповецкого промышленного комплекса [1].

Известно, что спирты имеют меньшую теплотворную способность и более низкую температуру кипения по сравнению с бензином, но обладают более высоким октановым числом. Большая теплота испарения спиртов или их смесей с бензином сопровождается значительным охлаждением топливовоздушного заряда. Не влияет на мощностные и экономические характеристики моторного топлива добавка от 3 до 5 % метанола к бензину, что практически позволяет замещать часть базового топлива и работать на бензине с несколько меньшим октановым числом. Стабилизатор метанольно-бензиновой смеси (например, изобутиловый спирт) в этом случае можно исключить из состава. При этом, конечно, низкая температура кипения спиртов увеличивает риск возникновения паровых пробок в топливопроводах [4]. Так при температуре -20°C доля топлива (метанола) в воздухе составляет 1 %, а при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ достигает 35 %. Для смеси чистого метанола с воздухом практические пределы воспламеняемости составляют от 6,7 до 35 % в пределах температур 9 – 40°C . Это свидетельствует о том, что смесь воздуха со спиртом над поверхностью жидкого топлива в баке находится в пределах воспламеняемости. Экологические свойства спиртов говорят о том, что метиловый спирт наркотически воздействует на центральную нервную систему. Прием его внутрь организма в количестве 5 – 10 мл опасен для жизни, ведет к тяжелому отравлению, а 30 мл приводит к смерти. Использование метанол-бензиновой смеси позволяет избежать летального исхода, так как вызывает сильную рвоту при введении ее внутрь человеческого организма [4].

Метанол можно хранить и транспортировать в емкостях различными способами аналогичными бензину, но этот спирт имеет резкий запах (сходный с этанолом – порог восприятия запаха составляет 30 – 50 мг/дм^3). Применение спиртов в двигателях внутреннего сгорания с принудительным воспламенением более целесообразно в смесях с углеводородным бензином, поскольку использование метанола в качестве топлива приводит к существенному обедне-

нию горючей смеси. Такой бензометанольный состав топливной смеси позволяет применять существующие бензиновые двигатели с минимальной степенью модернизации. Правда, пластмассовые детали двигателя, соприкасающиеся с метанольной смесью, надо заменить на более стойкие элементы. При одновременном увеличении степени сжатия и добавке к бензину 15 % метанола мощность двигателя увеличивается на 8 – 10 %. Экономичность работы двигателя на малых и средних нагрузках можно повысить на 7 и 3 % соответственно, путем улучшения смесеобразования бензина и метанола. Этим же методом возможно уменьшение расхода топлива на 1,5 – 2,0 % на больших нагрузках. Известно, что обеднение горючей смеси до 10 % происходит даже при неизменных дозирующих элементах системы питания. Введение 15 % метанола в такую топливную смесь повышает октановое число на 3 – 8 ед., что позволяет компенсировать ухудшение энергетических показателей за счет повышения степени сжатия [3].

Применение метанола улучшает процесс сгорания топлива из-за образования радикалов, активизирующих цепные реакции окисления, что, в свою очередь, уменьшает количество используемого воздуха (как источника кислорода). Добавка метанола сокращает период задержки воспламенения и продолжительность сгорания топлива. Теплоотвод из зоны реакции горения снижается, а предел обеднения смеси расширяется и становится максимальным для чистого метанола. Применение бензо-метанольной смеси БСМ-15, состоящей из 78 % бензина А-76 %, изобутана и 15 % метанола, на автомобиле «Волга» ГАЗ-3110 обеспечивает снижение расхода бензина на 14 % по сравнению с бензиновым вариантом (чистый А-76). Высокая теплота испарения обеспечивает возможность повышения коэффициента наполнения и применение высокой степени сжатия. Антидетонационный эффект добавки метанола в бензин выше по сравнению с простым подмешиванием высокооктанового топлива. Это влияние на работу двигателя можно объяснить легкостью разложения метанола в двигателе при высоких температурах. Мощность двигателя увеличивается на 8 – 10 % при добавлении к бензину 15 % метанола и одновременном увеличении степени сжатия. Содержание СО в этом случае понижается до 40 – 50 %, но при некотором увеличении содержания NO_x [3].

Метанол позволяет применять его в качестве топлива без присадок бензина, например, в гоночных автомобилях. В отличие от бензиново-метанольных смесей при работе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на чистых спиртах расход топлива увеличивается из-за их низкой теплотворной способности (например, на метаноле на 120 %, а на этаноле на 66 %) [6]. Поэтому необходимо увеличить вместимость топливного бака, расширить проходные сечения топливных трубопроводов и размеры поплавковой камеры для сохранения запаса хода автомобиля. Использование метанола сопровождается увеличением эффективного КПД двигателя и его мощности, но ведет к ухудшению топливной экономичности.

При работе двигателя со степенью сжатия равной 8,5 на метаноле мощностные показатели возросли на 4 %, а расход топлива в весовом отношении возрос почти в два раза. Так, весовой расход метанола на автомобиле ГАЗ-33075 при движении с установившейся скоростью 60 км/час в дорожных условиях составил 37,5 л/100 км пути против 25 л/100 км при работе на бензине. В этом случае необходимо увеличить подогрев горючей смеси, улучшить пусковые характеристики холодного двигателя, а также изменить состав смеси. Сравнительные испытания двигателя на бензине, метаноле и их смеси приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная оценка работы ДВС на различных видах топлива [4]

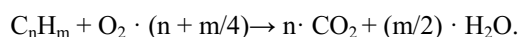
Вид топлива	Вредные примеси, г/км				Расход топлива, л (кг)/100км
	CO	C _m H _n	NO _x	CO ₂	
Бензин	57,0	6,2	6,9	338	15,0/10,8
БСМ-15	50,0	5,6	6,2	318	16,1/12,2
Метанол	35,5	4,2	5,8	246	22,5/18,0

Таким образом, в целом использование метилового спирта (метанола) в качестве компонента к бензину повышает топливную экономичность на 5 – 14 %, уменьшает содержание CO в отходящих газах на 7 – 14 %, понижает температуру отходящих газов на 5 – 10 % и улучшает динамику автомобиля на 57 %. При добавке метанола эффективный КПД двигателя возрастает на величину 35 – 40 %. Устойчивая работа двигателя на бензиново-метанольной смеси, содержащая 20%, имеет место при изменении α от 1,02 до 1,1. Если увеличить содержание метанола до 50 %, то такая смесь станет обедненной, что приводит к перебоям в работе двигателя из-за пропусков воспламенения. Можно обеспечить состав горючей смеси и приблизить рабочий состав к максимальной степени воспламеняемости, изменяя α , но подобного эффекта можно достичь также добавкой в состав таких смесей воды 5 – 8 % и метанола 10 – 12 %. Октановое число топлива в этом случае повышается на 3 пункта. Кроме того на 3 – 5 % обеспечивается улучшение топливной экономичности работы бензинового двигателя простой добавкой воднометанольной смеси.

Как показали испытания, содержание метанола в смеси в пределах 4 – 5 % по объему не требует вообще проведения конструктивных мероприятий, но путем коррекции регулировок элементов систем питания можно добиться, чтобы добавка метанола в количестве 10 – 15 % стала оптимальной величиной. Еще более высоких результатов возможно добиться, используя смесь бензина, содержащей 15 % метанола и 7 % изобутилового спирта, добавляемого в качестве стабилизатора. Эта топливная смесь обеспечивает большую (на 3 – 5 %) мощность двигателя, меньший выброс NO_x и C_mH_n на 30 – 35 % и 20 % соот-

ветственно, повышение на 6 % динамических качеств автомобиля при одновременной экономии бензина до 14 %. Подтвердилось мнение [4], что наиболее пригодна бензометанольная смесь с содержанием 15 и 30 % (БМС-15 и БМС-30) к бензину АИ-95, но увеличить степень сжатия до 12 – 14 ед. позволяет только перевод двигателей на чистые спирты. Применение спиртов обеспечивает высокую детонационную стойкость во всем диапазоне рабочих смесей, но при добавке метанола до 35 – 40 % эффективный КПД возрастает. Уменьшение КПД на 6 – 7 % замечено при повышении неравномерности распределения горючей смеси, но величина 5 % неравномерности не влияет на показатели работы двигателя. Возможно обеспечить улучшение показателей работы ДВС на спиртах путем интенсивного подогрева воздуха, поступающего в карбюратор. Так, при работе на чистом метаноле температура воздуха должна быть 310 – 315 К, а на бензометанольной смеси 320 – 330 К [4].

Очень важным показателем современного автомобильного топлива является выброс отработавших газов, который характеризуется потенциалом к возникновения мирового «парникового эффекта». Для расчета такого эффекта выброс 1 кг CO₂ принимается в качестве единицы измерения. Известно, что в двигателях внутреннего сгорания процесс образования CO₂ происходит по следующему механизму:



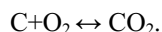
Благоприятное соотношение C/H (углерода к водороду) по сравнению с бензином имеют углеводородные газы (как и биологические виды топлива). Так углеродное число современных газа сжиженного нефтяной (ГСН) и попутного газа (ПГ) составляет 4,9 и 2,99 соответственно, а бензинов – 6,0. Более полное сгорание горючей смеси обеспечивает высокое содержание водорода в топливе. Так, всего 2,8 кг CO₂ выделяется при сжигании 1 кг метана, а при сжигании бензина выделяется 3,1 кг CO₂. Удельные выбросы CO₂ при использовании попутного газа на 30 % меньше по сравнению с базовым топливом. Выброс CO₂ при полном сгорании одного кг различных топлив и потребление кислорода приведено в табл. 2 [6].

Таблица 2

Потребление кислорода и выброс CO₂ при сгорании 1 кг топлива [4]

Топливо	Параметр	
	Потребление O ₂ , кг	Выброс CO ₂ , кг
Водород	7,94	-
Метанол	1,50	1,37
Бензин	3,04	3,1
Дизтопливо	3,34	3,16
Мазут	3,17	3,05
Каменный уголь	2,48	3,0

Требует принципиально новых технических решений тот факт, что с 2012 г. норма выброса парниковых газов CO₂ составляет 135 г/км, а в недалеком будущем может стать 95 г/км. Так как образование CO₂ происходит в соответствии с нижеприведенной известной химической реакцией, то выброс CO₂ пропорционален расходу топлива и содержанию в нем углерода



Поэтому важным условием развития автомобильного транспорта является применение энергоносителей с низким содержания углерода в базовом топливе. Расход жидкого топлива для выполнения норм выброса CO₂ должен составлять 5,3 и 3,4 л/100 км, соответственно, так как известно, что 3,67 кг диоксида углерода выделяется при полном сгорании 1 кг углерода в результате химической реакции. Применение спиртов, содержащих в два раза меньше углерода (например, метанола), заметно снижает выброс CO₂. Использование спиртов целесообразно рассмотреть с учетом складывающейся экологической ситуации, а экологичность применяемого топлива можно оценить с помощью предложенного показателя парникового эффекта топлива:

$$K_{\text{пэт}} = \frac{C_{\text{сп}}}{C_{\text{бт}}},$$

где $K_{\text{пэт}}$ – показатель экологической эффективности топлива; $C_{\text{сп}}$ – концентрация углерода в спирте, %; $C_{\text{бт}}$ – концентрация углерода в базовом топливе, %. Показатель парникового эффекта топлива изменяется в пределах от 0 (водород H₂ – 100 %) до 1,0 (содержание C – 100 %). Применение спиртов в автомобильных смесях целесообразно по следующей причине: спирты представляют собой простейшие органические соединения, содержащие в молекулах на одну или нескольких гидроксильных групп OH на один или несколько атомов углерода. Наиболее эффективно с этой точки зрения использование одноатомного спирта – метанола, особенно в северных регионах страны, например, Вологодской области.

Как показано в [2], на территории этой области нет месторождений нефти и газа, и она является энергозависимой от других регионов, как по ресурсам электроэнергии, так и по энергоресурсам, таким как моторное топливо (бензин, дизельное топливо и мазут). И если в качестве топлива для электростанций, промышленных и бытовых котельных может быть использован природный газ, который в больших объемах транспортируется через территорию этой области, то создание собственных производств бензина и дизельного топлива (потребности в авиационном керосине незначительны) является серьезной проблемой. Недавние «бензиновые кризисы» в мае и сентябре 2011 г. показали всю глубину этой проблемы. Получение высококачественных нефтепродуктов с изрядно устаревших нефтеперерабатывающих предприятий с территорий других регионов

очень опасны для экономики области, особенно с учетом прогнозируемого высокого уровня мировых цен на нефть, устарелостью и изношенностью нефтеперерабатывающих предприятий страны (средний возраст – 60 лет).

А.А. Макаров, академик РАН, директор Института энергетических исследований РАН отмечает [5]: в настоящее время «быстрая циклическая перестройка производственной структуры мировой энергетики сменилась медленной эволюцией с уменьшением доли нефти в пользу экологически благоприятных энергоресурсов – природного газа и новых возобновляемых источников энергии», например, углекислого газа и отходов деревопереработки, ресурсы которых в Северо-Западном регионе страны очень велики. Конечно, при таком ресурсозамещении необходима разработка и реализация инновационных процессов по наиболее эффективным схемам. Современное состояние рынка заставило многие фирмы, эксплуатирующие установки по производству аммиака, в связи с необходимостью снижения удельных энергозатрат на производство единицы продукции, рассмотреть возможность и коммерческую целесообразность частичного или полного перепрофилирования агрегатов аммиака на производство метанола.

Так, на «ФосАгро-Череповец» работают два крупнотоннажных агрегата по производству аммиака мощностью 1360 т/сут. Основным сырьем для производства продукции является природный газ. Водород природного газа используется для синтеза аммиака, а углерод в виде CO₂ используется для синтеза карбамида. Однако анализ производств аммиака и карбамида, с учетом создания до 2017 г. нового сверхмощного производства аммиака (760 тыс.т/год), позволяет сделать следующий вывод: производство CO₂ тремя агрегатами аммиака превышает потребность в нем двух уже запущенных установок карбамида, поэтому целесообразно найти способы переработки диоксида углерода в какой-либо продукт, так как на производство этого побочного продукта затрачивается много энергетических ресурсов, он не будет полностью использоваться, а в больших количествах будет сбрасываться в атмосферу.

Одним из способов утилизации CO₂ может стать проект совместного производства аммиака и метанола на одном из существующих производств аммиака [2]. Сущность данного проекта заключается в том, что к действующему агрегату аммиака необходимо пристроить технологическую линию по производству метанола таким образом, чтобы часть оксидов углерода (CO и CO₂) перерабатывать в товарный продукт – метанол. Этот спирт уже широко используется в очистных установках предприятия, имеется емкостное оборудование для его безопасного хранения и использования [2]. Создание мощного производства метанола целесообразно и с точки зрения решения топливных проблем Вологодской области на основе организации производства бензиново-метанольных автомобильных энергоэффективных и экологичных топлив.

Литература

1. *Аншелес, В.Р.* О развитии газохимического комплекса Вологодской области РФ / В.Р. Аншелес, Г.А. Ковшикова // Материалы четвертой научно-практической конференции «Полимеризационные пластмассы – 2013: сырьевая база, производство и переработка» ОАО «Пластполимер» Санкт-Петербург. – 2013. – С. 104 – 105.
2. *Аншелес, В.Р.* Практика управления инвестиционными процессами в Вологодской области России / В.Р. Аншелес, М.А. Жарко // Научно-практическая конференция «Актуальные проблемы менеджмента в России на современном этапе: Развитие новых принципов и методов управления мезоэкономикой и проблемы их внедрения в социально-экономических системах». – СПб., 2009. – С. 55 – 56.
3. Двигатель с искровым зажиганием, работающий на испаренных спиртах. Поршневые и газотурбинные двигатели Экспересс-информ. ВИНТИ. – 1983. – № 44. – С. 7 – 13.
4. *Лукио, В.А.* Пути улучшения показателей карбюраторного двигателя, работающего на метаноле и бензометанольных смесях / В.А. Лукшо, Е.В. Шатров // Автомобильная промышленность. – М., 1983. – № 11. – С. 5 – 11.
5. *Макаров, А.А.* Возможности и стратегические приоритеты инновационного развития энергетики / А.А. Макаров // Инновации. – 2010. – № 12(246). – С. 3 – 6.
6. *Тереньев, Г.А.* Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов / Г.А. Тереньев, В.М. Тюков, Ф.В. Смаль. – М., 1989. – С. 132 – 154.