

статистического материала и установлению механизма активирования топлива, влияющего на рабочий процесс в ДВС; по формированию позитивного мнения о практической полезности данного направления; о целесообразности ведения постоянного поиска новейших достижений в смежных науках с целью объяснения получаемых результатов, отработки новых подходов и методик проведения лабораторных экспериментов с топливом непосредственно после физического воздействия.

**Список литературы:**

1. Мирзаджанзаде А.Х., Аметов И.М., Басниев К.С., Гриценко А.И., Зайцев Ю.В., Рассохин Г.В., Шаталов А.Т. *Технология добычи природных газов.* - М.: Недра, 1987.-414 с. 2. Классен В.И. *Омагничивание водных систем.* Изд. 2-е, -М.: Химия, 1982, -296с. 3. Давидзон М.И. *Электромагнитная обработка водных систем в текстильной промышленности.* -М.: Легпромбытиздат, 1988. -178с. 4. Горленко Н.П. «Низкоэнергетическая активация цементных и оксидных вяжущих систем электрическими и магнитными полями». Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Томск. 2007. 5. Легасов В.А., Бучаченко А.Л. *Проблемы современной химии. Успехи химии, 1986, 55, N12, с1949-1978.* 6. Бучаченко А.Л. *Химия на рубеже веков: свершения и прогнозы. Успехи химии, 1999, 68, N2, с120-145.* 7. Ефимов Н.А., Звонов В.А., Красносельский А.М. *Исследование влияния электрического поля на поверхностное натяжение бензинов при их истечении.*-В сб.: *Двигатели внутреннего сгорания.*

*Вып.27.-Харьков. Изд-во ХГУ, 1978. с.40-46.* 8. Ефимов Н.А., Звонов В.А., Ефимова Л.Я. *Исследование влияния характера прикладываемого напряжения на истечение бензина.* - *Электронная обработка материалов. 1979,№1, с.45-47.* 9. А, С. 1121476 СССР. МКИ F02M 27/04. *Устройство для обработки топливовоз-душной смеси в карбюраторном двигателя внутреннего сгорания.* Звонов В.А., Ефимов Н.А., Мищенко Н.И. и др.№3610024/25-06; Заявлено 23.06.83. опубликовано 30.10.84. Бюл.№40. 10. *Технико-экономическое обоснование применения устройства обработки топлива (УОТ) на тепловозах с дизельным двигателем типа 16ЧН26/26.* ФГУП ВНИКТИ МПС РОССИИ, 2004. 11. *Official Test Report. 25 January 2002, www.algae-x.net. Emission Testing Services Inc. (ETS) (США, шт. Калифорния).* 12. *Экспертное заключение №99 от 12.04.99. Экспертный совет по средствам снижения токсичности отработавших газов и улучшения топливной экономичности автомобильных двигателей при Правительстве Москвы.* 13. *Техническая справка по испытаниям автомобиля ГАЗ 24-10. Автополигон НАМИ. 20.04.1972.* 14. Бучаченко А.Л. *Химия –это музыка природы.*// *Вестник Российской академии наук., 2001, 71, N6, с544-549.* 15. Бучаченко А.Л. *Второе поколение магнитных эффектов в химических реакциях.* //Успехи химии, 1993, 62, N12, с1139-1149. 16. Герловин И.Л. *Основы единой теории всех взаимодействий в веществе.* –Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отделение, 1990. – 432 с. 17. Бахир В.М. *Электрохимическая активация.* –М., ВНИИМТ, ч.1 1992, 197- 204с. 18. Широнос В.Г. *Физические основы резонансной активации воды.*, //1-ый Международный симпозиум “Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности”, сб. докл.-М; ВНИИМТ АО НПО “Экран”. 1997,220-221с.

УДК 543.226, 541.123.7, 662.769.21, 662.61

**В.Г. Некрасов, канд. техн. наук, А.Ф. Макаров, инж.,  
А.А. Злыденный, инж., А.Ж. Мурзагалиев, канд. техн. наук**

**ДВИГАТЕЛИ НА АЗОТНОМ ТОПЛИВЕ**

**Введение**

Тенденция роста стоимости жидких углеводородов и прогнозные сокращения объемов добычи нефти в перспективе являются причиной поиска альтернативных топлив [1]. Особо остро стоит вопрос о

замене моторных видов топлива. Производимые в настоящее время альтернативные виды топлива, как биоэтанол и биодизель [2-4] не могут решить проблемы, так как их производство приводит к конфликту «ТОПЛИВО ИЛИ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ».

Кроме того, производство биотоплива имеет ограниченные возможности на уровне замещения 7-10% объема потребляемого в настоящее время углеводородного топлива. Другие виды альтернативных топлив, как природный газ, синтетические жидкие топлива, производимые из угля [5], также имеют ограниченные возможности по условиям стоимости и невозобновляемости сырья. Известны попытки использования в качестве моторного топлива продуктов химического производства, как метанола ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), диметилового эфира ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ) [7], бутанола ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ ). Широкого развития это направление пока не получило.

В ракетно-космической технике используют синтетические энергоносители бинарного типа, в качестве горючего в которых применяются сложные соединения, как амин, гептил, гидразин, диметилгидразин, а в качестве окислителя используется сжиженный кислород, азотная кислота, раствор тетраоксида азота в азотной кислоте и др. Использовать в наземной технике общего назначения такие топлива исключено ввиду токсичности, пожароопасности и взрывоопасности этих веществ.

Все отмеченные выше варианты топлив для получения энергии производят механическую энергию по воздушному (газовому) циклу за счет повышения температуры газов при сгорании горючего и повышения давления газов.

Большой интерес представляют монотоплива (унитарные топлива), в которых горючий компонент и окислитель находятся в связанном виде в смеси, а их реагирование с выделением энергии происходит только после инициирования разрыва связей и реакции взаимодействия за счет создания определенных условий. К таким монотопливам относятся его твердые виды (пороха), применяемые в ракетной технике. Но использовать твердое монотопливо сложно с технологической точки зрения. Все двигатели на твердом топливе (маршевые двигатели кос-

мических ракет, либо маломощные двигатели ориентации космических станций) разового использования.

Большой интерес представляют более технологичные жидкие монотоплива (монерголи). Они известны с 30-х годов XX века (жидкость Дайвера – раствор нитрата аммония в аммиаке, раствор тринитроглицерина в метаноле, динитроглицерин, динитроглицоль, нитрометан и др.) [8, 9]. Но токсичность, взрывоопасность с одной стороны, а также доступность и низкая стоимость нефтяного топлива за счет бурного развития нефтепереработки в 40-50-е годы XX века с другой стороны, послужили причиной того, что это направление синтетических монотоплив для наземной техники общего применения не получило развития и осталось известным только как этап развития ракетных топлив.

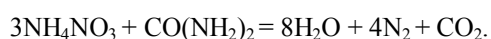
Таким образом, несмотря на активный и многолетний поиск альтернативного топлива актуальность этой проблемы до настоящего времени не уменьшилась.

### Формулирование проблемы

Учитывая положительные особенности синтетических топлив и их недостатки, была поставлена задача найти комбинацию веществ, которая могла бы рассматриваться как унитарное топливо, но удовлетворяла бы ряду требованиям, которые позволили бы использовать их в наземной технике массового применения. Такие требования включают безопасность, технологичность, совместимость с конструкционными материалами, освоенные технологии получения, большие объемы производства, доступность и возобновляемость сырья, низкую стоимость конечного продукта, используемого как топливо.

Исследованиями установлено, что некоторые продукты азотной промышленности могут рассматриваться как компоненты новых видов унитарных топлив. Такими веществами является композиция

карбамида ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  – горючий компонент) и аммиачной селитры ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – окислитель). Применение смеси этих веществ в виде водного раствора, т.е. в жидком виде, открывает новые возможности использования свойств этих веществ [10-14]. Концентрированные растворы этих веществ вблизи стехиометрической пропорции (80% аммиачной селитры и 20% карбамида) в условиях повышенной температуры (более  $300^\circ\text{C}$ ) под давлением в присутствии катализаторов реагируют экзотермически с высоким газообразованием и тепловыделением. Процесс энерговыделения азотного топлива происходит по принципу газораспада веществ и последующего окисления горючих компонентов выделившимся кислородом. Азот выделяется в молекулярном виде.



Один килограмм сбалансированной по составу смеси при газораспаде выделяет 900 л парагаза (смеси водяных паров, азота и углекислого газа), кроме этого выделяется 850 ккал тепловой энергии, повышающей температуру газов. По энерговыделению отмеченная композиция веществ близка к пироксилиновому пороху и может быть названа «азотным топливом».

Рассмотрение азотного топлива с точки зрения его производства и процессов, происходящих при энерговыделении, показывает, что оно наиболее полно удовлетворяет принципам, заложенным при поиске нового вида энергоносителя. Оно безопасно, не токсично, технологично, производится из доступного сырья по существующим технологиям на действующих предприятиях, имеет в 2-3 раза меньшую стоимость (в расчете на эквивалентное углеводородному топливу энерговыделение), имеются перспективы организации производства азотного топлива из возобновляемых видов сырья – воды, воздуха, биомассы.

В настоящее время исследования карбамидо-аммиачной смеси в качестве альтернативного энер-

гоносителя проводятся в Кемерово (ИЦ ВостНИИ), Самарском государственном университете, в Федеральном космическом агентстве (ФГУП ИЦ им. акад. М.В. Келдыша).

#### **Турбинные двигатели на азотном топливе**

Поскольку азотное топливо представляет собой монотопливо, для получения рабочего тела, т.е. парагаза под давлением не требуется сжимать и подавать атмосферный воздух, т.е. отпадает необходимость в компрессоре. По этой причине наиболее простым и подготовленным к реализации вариантом двигателя на азотном топливе является турбина. Полученный в камере термолитза парагаз при заданном давлении и температуре, регулируемой впрыском воды, подается на рабочее колесо турбины, которая вырабатывает полезную мощность. Камера термолитза постоянного давления промышленного масштаба выполнена и испытана [15]. Для получения небольших мощностей применимы турбины турбокомпрессоров.

#### **Поршневые двигатели на азотном топливе**

Использование азотного топлива в ДВС связано с некоторыми его особенностями. Так, азотное топливо при определенном соотношении компонентов может использоваться без потребления атмосферного воздуха. Такой режим реализуется в двухтактном цикле [9].

Расчеты показывают, что наибольшая термическая эффективность достигается, если состав топлива будет с некоторым избытком горючей составляющей, а недостающий окислитель будет получен в виде предварительно сжатого воздуха. Это реализуется в типовом двухтактном цикле с продувкой цилиндра воздухом.

Рассмотрим вариант модернизации типового ДВС при переводе его на азотное топливо. Основные конструктивные решения показаны на рис. 1. Отме-

тим только некоторые особенности перевода на азотное топливо. Двигатель переводится на двухтактный режим с выпускными окнами в нижней части цилиндра и поршневым управлением выпуском. Поршень и головка цилиндра защищаются от азотного топлива стальными накладками. На головке устанавливается камера термоллиза по типу предкамеры с установкой в ней нескольких свечей накаливания. Газораспределение (продувка и наполнение) управляется гидравлической системой с возможностью менять фазы газораспределения.

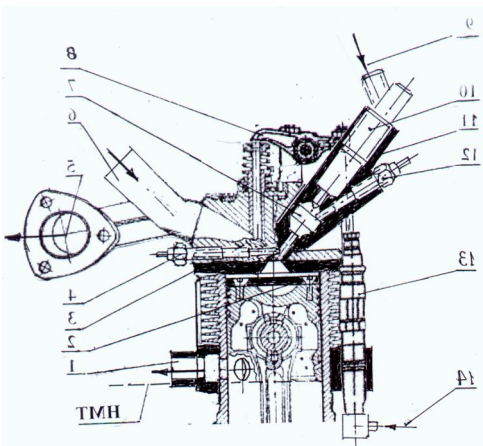


Рис. 1. Конструкция цилиндро-поршневой группы и головки цилиндра поршневого двигателя, модернизируемого для использования азотного топлива

Показанная схема позволяет использовать в поршневом двигателе азотное топливо и испытать его во всех возможных вариантах организации процесса на новом энергоносителе.

### Винтовые двигатели

Особенности азотного топлива позволяют рассматривать перспективные схемы двигателей, в которых реализуются циклы, обладающие рядом преимуществ по сравнению с известными для современных ДВС. Азотное топливо при сбалансированном составе горючего и окислителя не требует использования атмосферного воздуха, процесс можно вести при температуре не более 500-700°C. Это дает основание рассматривать возможность применения по-

точных процессов по типу газовых турбин, но в двигателях объемного типа.

Один из вариантов объемного двигателя поточного принципа действия с вращающимися рабочими элементами - использование в качестве расширительной машины стандартных цилиндрических роторов с винтовой нарезкой, используемых в винтовых компрессорах Уже имеется опыт использования винтовых модулей на паре в качестве двигателей [16, 17] (рис. 2).

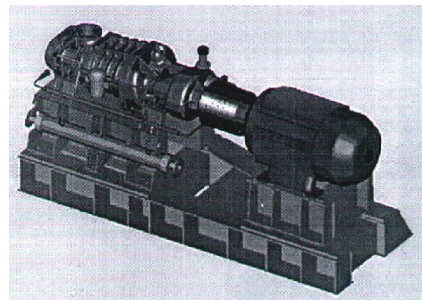


Рис. 2. Электрогенерирующий агрегат мощностью 250 кВт с паровым приводом при использовании винтового двигателя при давлении пара 13 кг/см<sup>2</sup>. Компании «Малая независимая энергетика», Москва

Винтовой элемент с цилиндрическими роторами обеспечивает степень сжатия/расширения около 2,5-4,0. В одноступенчатом винтовом двигателе срабатывается давление от 13 до 5 кг/см<sup>2</sup>. Для получения большей степени расширения на уровне 16 требуется три ступени расширения.

### Винтовые двигатели глубокого расширения

Винтовой двигатель объемного типа с поточным процессом глубокого расширения реализуется при использовании конических роторов с винтовой нарезкой, идея которой изложена в [18] и развита с технологической точки зрения в [19] (рис. 3). В такой расширительной машине за один проход газов обеспечивается степень расширения 18-20, т.е. характерная для поршневого дизельного двигателя.

Расчеты показывают, что мощность 10 кВт при частоте 2000 мин<sup>-1</sup> может быть получена при боль-

шом диаметре конического ротора 100 мм и его длине 230 мм. Мощность 100 кВт при той же частоте вращения обеспечивается при диаметре ротора 200 мм и его длине 500 мм.

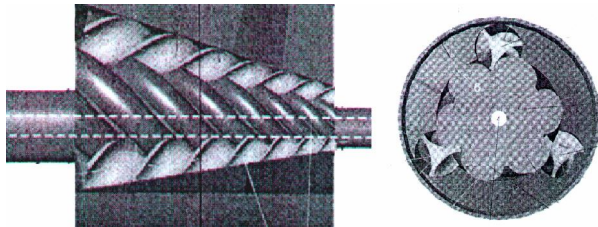


Рис. 3. Схема винтового двигателя, его продольный и поперечный разрез

Термический КПД в таких двигателях ожидается на уровне 60%, т.е. близок к поршневым вариантам. В настоящее время разработана технология изготовления таких сложных пространственных элементов двигателя [20].

Второй вариант ротационного двигателя назван «Роторно-волновым» (рис. 5-7) [21-23].

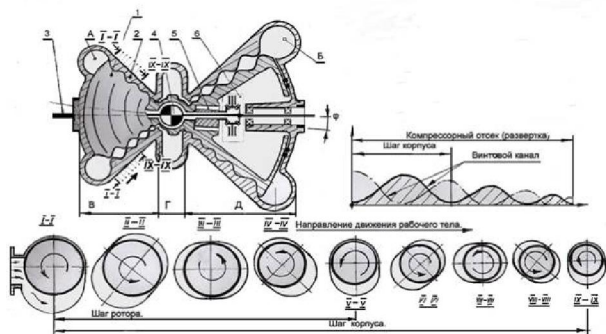


Рис. 4. Принципиальная схема волнового двигателя

В роторно-волновом двигателе корпус выполнен коническим с винтовыми каналами на внутренней стороне. Ротор имеет также винтовую форму, кроме того, он кроме вращения совершает обкатывающие движения по образующей конуса.

В результате такого сложного движения винтовые выступы на роторе отсекают объемы газа, которые сдвигаются от центральной узкой части кор-

пуса к периферийной, расширяясь и за счет давления газов создавая вращательный момент на роторе.

Выполнение волнового двигателя требует разработки технологии его изготовления с формированием сложных поверхностей корпуса и ротора, в частности по выплавляемым моделям с последующей доводкой полученных отливок.

Таким образом, возможности организации процесса при высоком давлении, но при умеренной температуре газа на азотном топливе открывают перспективу создания нового типа двигателя.

### Заключение

В настоящее время идет активный поиск альтернативных топлив. Разработан состав альтернативного монотоплива, представляющего собой водный раствор карбамида и аммиачной селитры. Такое азотное топливо безопасно, не токсично, технологично, производится из продуктов химического синтеза, выпускаемого предприятиями в большом объеме, оно имеет меньшую стоимость по сравнению с углеводородным топливом. В перспективе азотное топливо может производиться из возобновляемого сырья на основе возобновляемых источников энергии. Это позволит неограниченно наращивать мощности по его производству.

Азотное топливо может использоваться в турбинах. Показана необходимая модернизация поршневого двигателя, позволяющего перевести его на работу на азотном топливе.

Приведены также перспективные схемы двигателей объемного типа, работающие по поточному принципу с использованием вращающихся рабочих элементов – винтовые двигатели ступенчатого типа и двигатели глубокого расширения двух вариантов конструкции.

**Список литературы:**

1. Шейндлин А.Е. Новая энергетика. Москва, Наука, 1987, 463 с. 2. Сакенов М. Биоэнергетика. // Промышленность Казахстана, Алматы, 2004, №6, с.26-30. 3. Матвеев Ю. Биотопливо для Европы. // Зеленая энергетика, Киев, 2007, спецвыпуск, с. 11-13. 4. Кулманаков С.П., Шашев А.В., Герман Е.А. Рапсовое масло, как альтернатива традиционному топливу для двигателей внутреннего сгорания. Повышение экологической безопасности автотракторной техники. Сб. РАТ, Барнаул, 2004, с 109-113. 5. Хоффман Е. Энерготехнологическое использование угля. Москва. Энергоатомиздат, 1983, 328 с. 6. Подгорный А.Н. Водородная энергетика, Москва, Наука, 1988, 96 с. 7. Вагнер В.А., Вихарев А.В., Гвоздев А.М. Перспективы использования диметилового эфира (ДМЭ) в качестве моторного топлива. Совершенствование машин, дизелей и теплоэнергетических установок. Сборник МГТУ - АлтГТУ, Барнаул, 2000, с. 219-223. 8. Лутц О. Исторический обзор разработки в Германии топлив и материалов для ракетных двигателей. // [www.epizodsspace.testipilot.ru/bible/izist/lut/html](http://www.epizodsspace.testipilot.ru/bible/izist/lut/html). 9. Крокко Л. Развитие исследований в области ракет и ракетного топлива в Италии.// [www.epizodsspace.testipilot.ru/bible/izist/kr/html](http://www.epizodsspace.testipilot.ru/bible/izist/kr/html). 10. Макаров А.Ф., Трунин А.С. Альтернативные азотоводородные топлива и окислители. СНИЦ РАН, Самара, 2004. 11. Юлина И.В., Трунин А.С., Макаров А.Ф. Физико-химический подход к проблеме альтернативных экологически чистых топлив. // Вестник КазНУ, серия химическая, Казахстан, Алматы,

2007, №3, с.25-32. 12. Некрасов В.Г., Макаров А.Ф. Перекуем мечи на орала. Об одном варианте водородной энергетике. //Промышленность Казахстана, Казахстан, Алматы, 2007, №6, с. 24-29. 13. Некрасов В.Г., Макаров А.Ф. Есть ли альтернатива нефти? // Oil & Gas of Kazakhstan, Казахстан, Алматы, 2007, №3, с 42-45. 14. Некрасов В.Г., Макаров А.Ф. Эволюция топлива. Химия и жизнь, Москва, 2007, № 9, с 52-55. 15. Самое главное – не изменять нашим принципам. Интервью с генеральным директором РИТЭК Грайфером В.И. // Нефтяное хозяйство, Москва, 2007, № 2, с. 5-7. 16. Малая Независимая Энергетика.// [www.energowell.narod.ru](http://www.energowell.narod.ru). 17. Промышленная группа ГЕНЕРАЦИЯ.// [www.generation.ru](http://www.generation.ru). 18. Горлов Е, Коньшин А, Спичкин В. Винтовой двигатель внутреннего сгорания. // Двигатель, Москва, 2003, №1, с.34-37. 19. Коньшин А. С., Горлов Е. А., Сильченко О. Б. Патент РФ № 2 247 876, 15.03.2002. Радиально-упорный подшипник. 20. Коньшина Е.Б. Патент РФ № 2 309 028, 10.10.2005, Способ формообразования сферовинтовых конических зубчатых поверхностей у устройство для его реализации. 21. Седунов И.П. Роторно-волновой двигатель. Патент РФ № 2 155 272, 13.07.1999. 22. Седунов И.П. Роторно-волновой двигатель: геометрическое обоснование элементов конструкции. Основы рабочего процесса. //Двигателестроение, РФ, Санкт-Петербург, 2001, №2, с. 43, 2001, №3, с. 39-41. 23. Сайт в Интернете [www.volnovoidvigatel.ru](http://www.volnovoidvigatel.ru).

УДК 629.113:662

**В.Н. Бганцев, канд. техн. наук**

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ СМЕСЕВЫХ БИОДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ МАСЛОЖИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА И ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Топлива биологического происхождения (ТБП) для двигателей внутреннего сгорания (ДВС) продолжают отвоевывать все новые позиции на рынке топлив, причем интерес потребителей к ТБП неуклонно растёт. Это связано как с положительным сальдо между затратами энергии ископаемых топлив на производство и полученной при использовании ТБП, так и с относительной простотой применения ТБП в ДВС. В настоящее время лидерами по использованию в Европейском Союзе (ЕС), в частности

такого ТБП как биодизеля, являются Германия, Италия и Франция, из года в год наращивающие объемы потребления этого вида топлива [1].

В качестве исходного сырья для получения биодизеля могут быть использованы как растительные так и животные жиры, причем в различных государствах предпочтение отдают сырью, получение которого экономически выгодно для данной местности. Как показывают предварительные оценки в качестве перспективного источника сырья для биоди-