

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С САМОВОСПЛАМЕНЕНИЕМ

Зубец Н.Н.

Научный руководитель – кандидат технических наук Грушевский А.И.
Сибирский Федеральный Университет

Ко всякому моторному топливу предъявляются следующие основные требования: при сгорании в моторе оно должно обеспечивать соответствующую мощность, надежность работы двигателя на разных режимах, не вызывать явлений детонации, обладать хорошими пусковыми качествами, не разжигать свыше нормы смазку двигателя, не давать по возможности нагаров, не вызывать коррозии отдельных частей двигателя, не образовывать отравляющих отходящих газов, иметь как можно лучшую самовоспламеняемость, иметь определенный фракционный состав и вязкость, обладать достаточно хорошими низкотемпературными свойствами, не содержать фактических смол и быть химически стабильными (не вызывать повышенного нагарообразования), не вызывать коррозию металлов. Не содержать механических примесей и воды, иметь как можно более низкую температуру воспламенения, обладать высокой фильтрующей способностью, топливо не должно вызывать повышенного нагарообразования на клапанах, отложений на кольцах и поршнях, закоксовывания форсунок и зависания иглы распылителя (склонность к нагаро – и лакообразованию зависит от химического состава, способов и глубины очистки), при сгорании топливо должно выделять возможно большее количество тепла и быть стабильным (не менять свойства при длительном хранении), а также топливо должно быть экономичным

Опишу одни из самых важных свойств топлив:

1) Коррозийность. Коррозийность топлива характеризуется наличием в нем воды, кислот, щелочей и сернистых соединений, содержание которых в топливе ГОСТом и техническими условиями строго ограничено.

Во всех топливах не должно быть водорастворимых кислот (серной, соляной, азотной) и щелочей (едкое кали, едкий натр), так как эти вещества вызывают сильную коррозию металлов.

Наличие в топливе органических кислот (нафтеновых и др.) в пределах норм особого вреда двигателям и таре, где хранится топливо, не приносит. Они почти не вызывают коррозии черных металлов, а с цветными металлами (в первую очередь со свинцом и цинком) дают лишь незначительную коррозию. Однако при содержании органических кислот выше норм, предусмотренных ГОСТом, возрастает коррозионная агрессивность топлива, что способствует увеличенному нагарообразованию в двигателе.

Дизельное топливо, изготовляемое из малосернистых нефтей, и гидроочищенное дизельное топливо из сернистых нефтей, содержит серы до 0,2%. Такое топливо называется малосернистым. Дизельное топливо, изготовляемое из восточных сернистых нефтей, содержит серы до 1%. Такое топливо относится к сернистым.

Сернистые соединения, входящие в состав дизельного топлива, принято подразделять на активные и неактивные. Активные сернистые соединения (свободная сера, сероводород, меркаптаны) при контакте с металлом вызывают коррозию. Неактивные сернистые соединения (сульфиды, дисульфиды и другие) при обычных условиях не вызывают коррозии металлов.

Наибольшая конденсация и образование воды из продуктов сгорания могут происходить в период запуска и прогрева двигателя

2) Самовоспламеняемость. При окислении углеводородов молекулы кислорода разрывают одну связь переходят в активную форму: вместо $O=O$ образуется $-O-O-$. При окислении углеводородов по связи $C-C$ образуется перекиси, по связи $C-H$

образуются гидроперекиси. Распад перекисных соединений сопровождается выделением части энергии топлива 10 – 15 % и появлением слабого свечения при температуре 200 – 400 градусов. В результате предпламенных реакций накапливается тепло, которого выделяется больше, чем отводится к стенкам камеры сгорания, и холодный процесс переходит в горячий, топливо самовоспламеняется.

Чем легче и быстрее окисляются углеводороды, входящие в состав топлива, тем больше образуется неустойчивых кислородосодержащих веществ, ниже температура воспламенения топлива и короче период задержки воспламенения, устойчивее и лучше работа двигателя.

О склонности топлив к самовоспламенению судят по их цетановому числу. Численное значение цетанового числа зависит от химической структуры топлива и качества смесеобразования.

3) Вязкость. Изменение вязкости оказывает существенное влияние на пусковые свойства, особенно в холодное время года. Чем выше значение вязкости при 20 градусах, тем сильнее происходят изменения при понижении температуры. При значительном повышении вязкости нарушается нормальная работа топливоподающей аппаратуры, иногда подача полностью прекращается.

Вязкость топлива влияет не только на работу насоса высокого давления, фильтров, но также на процессы распыления и смесеобразования. При большой вязкости образуются крупные капли и короткая струя, поэтому требуется больше времени на испарение топлива, увеличивается период задержки самовоспламенения, возникает неполное сгорание, образуются нагароотложения, увеличивается расход топлива, увеличивается износ плунжерных пар.

При небольшой вязкости уменьшается цикловой заряд, так как возрастают утечки топлива через зазоры прецизионных пар топливного насоса и распыляется форсунки, снижается давление впрыска, а также незначительно увеличивается износ плунжерных пар

Кроме вязкости, на потерю текучести влияют их низкотемпературные свойства, которые характеризуются температурами помутнения, кристаллизации и застывания. Низкотемпературные свойства топлива зависят от химического и фракционного состава.

Процесс сгорания конструкций двигателей внутреннего сгорания должен быть подчинен современным требованиям норм охраны окружающей среды. Эти требования касаются не только самих двигателей. Но также применяемых топлив. Здесь мы имеем дело с более современными технологиями переработки нефти, новыми добавками к топливу и альтернативным топливам.

В конечном итоге нужно стремиться к тому, чтобы новейшие технологии отвечали все более жестким нормам по охране окружающей среды (по токсичности продуктов сгорания), сохраняя вместе с тем экономические показатели двигателя, его прочность и динамические характеристики.

Примером альтернатив для дизельного топлива могут быть: Метанол, Этанол, Подсолнечное масло (OSi), Соевое масло (OS), Рапсовое масло (OR), эфиры масел, гидразин, диметиловый эфир и т.д.

Предлагаю рассмотреть ряд топлив, и сравнить их характеристики

Таблица 1. Физические свойства необычных топлив

Параметр	Метанол	Этанол	Жидкий аммиак	Гидразин	Жидкий водород
Температура плавления, °C	-97,78	-114,44	-77,72	1,5	-259,22
Температура кипения, °C	64,72	78,89	-33,33	114,22	-252,78
Теплота образования при 25 °C, ккал/моль	-49,465	-54,64	-23,87	-11,07	-18,828
Низшая теплота сгорания, ккал/кг	4761	6393	4186	3983	27736
Высшая теплота сгорания, ккал/кг	5418	7078	5112	4638	32954
Теплота парообразования при температуре кипения в нормальных условиях, ккал/кг	263,13	100,13	326,8	323,91	106,56
Плотность жидкости при 25 °C, кг/дм ³	0,7821	0,7894	0,6819	1,0037	0,0708
Упругость паров при 25 °C, мм рт.ст	58,674	21,59	3693,16	6,96	-

Учитывая что автомобиль имеет ограниченный объем, плотность топлива служит для него важным оценочным критерием. Создание более громоздких автомобилей несомненно приведет к дополнительным аэродинамическим потерям, которые во многих случаях не учитываются. Поэтому для более реальной оценки качества топлива необходимо сравнивать их объемную теплоту сгорания, как это показано на рисунке 1.

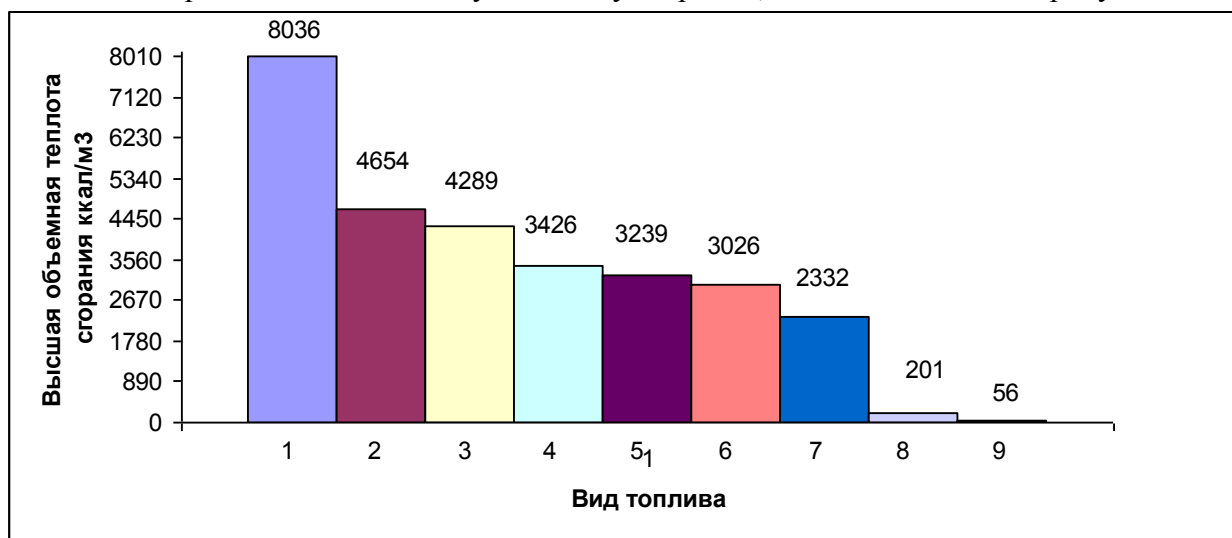


Рисунок 1. Сравнение теплотворной способности необычных топлив:

1- N-октан; 2 – гидразин, 3 – метанол, 4 - смесь TF – 1, 5 – аммиак, 6 – гидразингидрат, 7 – жидкий водород, 8 – природный газ, 9 – газообразный водород.

Таблица 2. Физико-химические свойства растительных топлив

Номер	Наименование параметра	OSi	OS	OR	EMKOR	CPS	CPO
1	Плотность кг/дм ³	0,9172	0,9166	0,914	0,882	0,8713	0,87
2	Кинематическая вязкость при 40 °C, мм ² /с	31,54	31,98	34,56	4,61	4,6	4,5
3	Цетановое число LC	50	50	49	52	-	62,4

Наибольшее распространены растительными маслами, которые предлагается использовать в качестве топлива, являются: рапсовое (OR), соевое (OS), подсолнечное (OSi). Как видно из таблицы, эти масла имеют очень высокую вязкость, что способствует затрудняет их применение в качестве топлива. Поэтому производятся их эфиры: (EMKOR, CPS, CPO)

Таблица 3. Сравнение физико-химических свойств топлив: рапсового масла, рапсовых эфиров и дизельного топлива

Свойство топлива	Дизельное топливо	Рапсовое масло	Метилловый эфир рапсового масла
Молярная масса, кг/моль	120-320	883	296
Цетановое число	>50	44	52-56
Теплотворная способность при 20 °С, МДж/дм ³	35,7	33,7	32,6
Теплотворная способность при 20 °С, МДж/кг	42,7	36,7	37,1
Стехиометрическое количество воздуха, кг, теоретически необходимое для сгорания 1 кг топлива	14,57	12,43	12,53
Плотность, кг/дм ³	0,84	0,916	0,882
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	4-5,5	75	6-8
Количество топлива выкипающего:			
при темп 250 °С	38-54	разложение	0
при темп 350 °С	92-96	разложение	95
Фильтруемость			
Летом, °С	-15	15	-7
Зимой, °С	-25		-7

Из сравнения свойств показано следующее:

- Растительные топлива и их эфиры имеют приблизительно на 8-17 % меньшую калорийность
- Растительные топлива и их эфиры имеют на 9 % большую плотность, что частично компенсирует меньшую их теплотворную способность
- Цетановое число растительных топлив составимо с дизельным топливом, для эфиров же оно выше
- Эфиры растительных топлив содержат на несколько десятков процентов больше связанного кислорода, что улучшает процесс сгорания
- Растительные топлива имеют более высокую вязкость, что затрудняет их использование в качестве топлив.
- Вязкость эфиров растительных топлив, ниже чем у самих топлив, что и является причиной более широких возможностей применения.

Также растительные топлива и их эфиры можно применять смешивая их с дизельным топливом.

Таблица 4. Обобщенная таблица основных свойств топлив для двигателей с самовоспламенением

Топливо	Температура самовоспламенения, °С	Плотность, кг/м ³	Цетановое число	Вязкость сСт	Калорийность ккал/кг
Бензин	415	750	от 3 - 14	0,6204	11441
ДТ	280	860	45-55	1,5-6	10180
Метанол	450	792	от 3 - 5	0,7325	5418
Этанол	420	794	8	1,55	7078
Подсолнечное масло	335	917	50	31,54	8639
Соевое масло	340	916	50	31,98	8460
Рапсовое масло	345	916	49	34,56	8768
Диметилвый эфир	235	2,091	55-60	0,3	7645
Метилвый эфир рапсового масла	340	882	52-56	4	8863

Выводы:

В связи с тем, что требования к топливам постоянно ужесточаются, альтернативные виды топлив непременно нужно изучать.

Применение альтернативных видов топлива позволяет обеспечить их производство из местного сырья, что особенно важно для ряда государств в аспекте политическом, экологическом и общественном.

Альтернативные топлива обеспечивают снижение эмиссии некоторых токсических составляющих отработавших газов в окружающую среду.

Растительные топлива, снижая эмиссию в атмосферу, эффективно воздействует на явление парникового эффекта.

Низкая температура самовоспламенения некоторых топлив (например диметилвый эфир) способствует лучшему запуску в холодное время.

Лучшим вариантом для применения альтернативных топлив является разработка двигателей для данного вида топлива, это позволит устранить ряд недостатков, таких как низкая калорийность, или коррозионность и тд.