

ВЛИЯНИЕ ДИССОЦИИИ ВОДЫ НА РАСХОД ТОПЛИВА В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Карнаухова И.В.¹, Карнаухов В.Н.¹, Захаров Д.А.¹

¹ ФГБУ УВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень, Россия (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38), e-mail: ikarka13@yandex.ru

Доказано, что изменение относительной влажности воздуха и давления влияет на работу двигателя внутреннего сгорания. Влага, находящаяся в топливе и воздухе, а также образующаяся в процессе химической реакции, испаряется и на это непроизводительно расходуется часть тепла топлива, что негативно влияет на показатели расхода топлива. Многие процессы объясняются формулами и химическими уравнениями, но в них приводятся только начальные (исходные) и конечные вещества (продукты реакции). В статье рассмотрен процесс диссоциации и гидратации воды в камерах сгорания двигателя внутреннего сгорания, влияние данных процессов на расход топлива. В результате проведенных исследований разработана математическая модель влияния диссоциации воды в камерах сгорания ДВС на экономичность двигателя.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания; диссоциация воды; топливо; сгорание.

EFFECT OF DISSOCIATION OF WATER TO FUEL CONSUMPTION IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Karnaukhova I.V.¹, Karnaukhov V.N.¹, Zakharov D.A.

¹Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, Russia (48, Volodarskogo St., Tyumen, 625000), e-mail: ikarka13@yandex.ru

It is proven that, changing relative humidity and pressure affect of an internal combustion engine the operation. Moisture in fuel and air, as well as generated during the chemical reaction, evaporates and it's counter-productive to spent fuel and some of the heat that affects the rates of fuel consumption. Many processes are chemical formulas and equations, but they are only the initial and substance (reaction products). This article describes the process of dissociation and hydration water into the engine combustion chambers, the effects of these processes on fuel consumption. As a result of research was develop mathematical model of influence of dissociation of water into the engine combustion chambers on the efficiency of the engine.

Keywords: internal combustion engine; dissociation of water; fuel; combustion.

Влага, находящаяся в топливе и воздухе, а также образующаяся в процессе химической реакции, испаряется и на это непроизводительно расходуется часть тепла топлива, полученная при его сгорании, но в результате происходит частичная диссоциация воды в сгорании, а другая часть воды выбрасывается с отработанными газами в атмосферу. По исследованиям, проведенным на кафедре эксплуатации автомобильного транспорта Тюменского государственного нефтегазового университета (далее – кафедра ЭАТ ТюмГНГУ) для двигателя КАМАЗ-740 при влажности воздуха < 60% содержание H₂O в отработанных газах на 1 кг топлива составляет 350-450 гр., при влажности > 60% – 450-800 грамм.

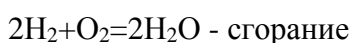
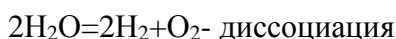
Наличие паров воды в воздухе подвержено большим колебаниям и зависит от температуры воздуха, влажности и давления. Многие объясняется формулами и химическими уравнениями, но в них приводятся только начальные (исходные) и конечные вещества (продукты реакции). Не всегда остается объяснимым внутренний механизм

химического превращения, что не позволяет до конца объяснить протекание цепных реакций в камерах сгорания ДВС. [2]

Цель, задачи и метод исследования

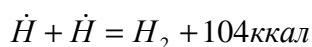
Влагосодержание воздуха зависит от температуры, давления, относительной влажности паровоздушной смеси и определяется климатическими условиями, а также временем года. Температура, при которой происходит конденсация паров воды, называется точкой росы. Для широты г. Тюмень точка росы равняется – 60°С и ниже, так как при охлаждении воздух становится насыщенным, и часть влаги выпадает в виде осадков.

Поэтому самый реальный способ предотвращения конденсации паров воды – это подогрев воздуха. Обычные двигатели автомобилей имеют лучшие рабочие и мощностные показатели в дождливую погоду, засасывая влажный воздух в камеру сгорания. Как показали эксперименты, проведенные на кафедре эксплуатации автомобильного транспорта Тюменского государственного нефтегазового университета на двигателях КАМАЗ-740 и MAZDA-MZR-2,3, температура горения топливной смеси не снижается, а вот давление на поршень увеличивается на 5-10%. Это объясняется процессом диссоциации воды тоже в пределах 4-10%.



Один грамм воды при испарении создает объем в 1600 см³. По своей природе вода жидкость полярная, содержащая многочисленные межмолекулярные водородные мостики, и при ее испарении много энергии затрачивается на усиление теплового давления молекул и на разрыв водородных мостиков.

При нагревании воды рвется до 50% водородных связей, а в парах воды водородных связей практически нет.



Водяные пары в данном случае играют положительную роль, так как увеличивают массу воздуха и понижается его температура. Охлаждение воздушного потока водяными парами увеличивает пропускную способность двигателя и степень сжатия. Диссоциированная вода распадается в пределах 4-10% на водород и кислород. Водород чувствует в процессе сгорания, выделяя дополнительное тепло и, таким образом, экономя топливо. А выделившийся из воды кислород, уменьшает потребность его получения из воздуха для участия в дальнейших реакциях. Атомарный водород (\dot{H}), выделяющийся при диссоциации воды, обладает повышенной реакционной способностью и является сильным восстановителем., а радикал ОН – сильнейший окислитель.



Диссоциация воды протекает со значительным поглощением тепла, но при повышении температуры воды степень ее диссоциации быстро увеличивается. Атомы водорода уравниваются гидроксильными ионами OH и H_2O . Влага, находящиеся в топливе и воздухе, а также образующаяся в процессе сгорания (химической реакции) испаряется, а затем часть непродиссоциированной воды конденсируется, при этом выделяется 2500 кДж/кг тепла на 1 кг H_2O . При испарении, наоборот, поглощается 25100 кДж/кг.

Высшей теплотой сгорания называют количество тепла, выделившегося при полном сгорании массовой (для твердых и жидких веществ) или объёмной (для газообразных) единицы вещества, а также количество тепла, выделившиеся при конденсации паров воды, которая содержалась в топливе, воздухе и образовалась при сгорании.

При быстром сгорании топлива многократно повышается мощность двигателя, возрастает его экономичность, так как уменьшаются потери тепла, уходящие с отработавшими газами двигателей или в охлаждающую жидкость. В виду трудности экспериментального исследования процессов сгорания, имеющих ряд промежуточных, трудноустанавливаемых реакций, длительность которых составляет тысячные и даже сотысячные доли секунды, они до настоящего времени полностью не исследованы.

Скорость цепных реакций больше в обогащенных (насыщенных) смесях. Причиной является высокая химическая активность продуктов неполного сгорания топлива, которое содержит высокую концентрацию радикалов OH , и молекул воды (H_2O), а так же окись углерода (CO) и атомы водорода (\dot{H}) и кислорода (\dot{O}).

Причиной цепных реакций в условиях горения является диссоциация образовавшейся воды на радикалы OH , атомарный водород и окись углерода. Окись углерода образуется при диссоциации молекул диоксида углерода (CO_2) при низких и высоких температурах, особенно, при $t < 450^\circ C$ и $t > 850^\circ C$. Многочисленные испытания, проведенные в 40-х годах в СССР на авиационных двигателях, показали, что впрыск воды до 50% от расхода топлива не сказывается отрицательным образом на скорости и полноте сгорания топлива, но при этом резко снижается склонность двигателей к детонации из-за диссоциации воды и уменьшается количества вредных выброса в атмосферу. На автомобильном транспорте использование воды при применении газообразного топлива – водорода H_2 – использовал лейтенант Бизелищ в осажденном Ленинграде. Во впускной коллектор двигателя капельным путем вводилась вода, которая смешивалась с воздухом и водородом, который тоже проходил через водяной затвор. Данная смесь через дроссельную заслонку поступала в камеру сгорания №1

двигателя. Применение воды не повлияло на должность работы двигателей, которые не потеряли свою работоспособность даже через 10 лет и легко запускались на смеси водород, воды и воздуха даже при температуре минус 30°C.

В семидесятые годы двадцатого столетия активно проводились работы по применению водорода в качестве топлива на автомобильном транспорте. Этим занимались такие организации как НАМИ – Научно-исследовательский автомобильный институт, Завод – ВТУЗ при ЗИЛе и другие. Был создан и испытан водородный микроавтобус РАФ-22034, который использовался на XXII Олимпийских летних играх в Москве в 1980 году. В настоящее время фирма MAN выпускает двигатели марки ICEN 2876UH-01, а также BMW (BMWHydrogen 7) и Mazda (Mazda5HydrogenREHybrid). Но во всех этих двигателях при использовании водородного топлива не применяется как добавка вода, которая просто необходима на всех режимах работы ДВС. Вода, диссоциируя, образует атомы водорода \dot{H} и кислорода \dot{O} , кислород O_2 и водород H_2 , OH и так далее. Свободный кислород, который просто необходим для сгорания водорода, дополнительно получается при диссоциации паров воды. Теплота сгорания водорода в расчете на единицу массы втрое превышает величину сгорания для жидких топлив. Следовательно, для сжигания одного килограмма водорода требуется втрое больше кислорода. Если не применять воду, то для сгорания 1 кг водорода необходимо 45 кг воздуха. Для сравнения, при сгорании 1 кг углеводородного топлива используется всего 14,5 кг воздуха.

Результаты исследования и анализ

Исследованиями, проведенными на кафедре ЭАТ ТюмГНГУ, при работе двигателя КАМАЗ-740 на водородном топливе установлено, что для нормальной работы необходимо применять воду в капельном (лучше в парообразном состоянии) виде в отношении 1:1 или 1:1,5 к количеству подаваемого в ДВС топлива. Для нормальной работы дизелей на пароводородной смеси необходимо наличие в камере сгорания так же окиси углерода (CO), которая получается при диссоциации углекислого газа (CO₂) из воздуха или из масла в камере двигателя (углеводородов, прорывающихся через маслосъемные и компрессионные кольца в камеру сгорания двигателей). Исследованиями в ТюмГНГУ так же установлено, что при применении воды до 80÷100% от количества топлива на двигателе КАМАЗ-740 снижаются вредные выбросы углеводородов до 45-60%, повышается крутящий момент ДВС на 30% при 1500 об/мин и более, увеличивается мощность двигателя на 25-40%, за счет увеличения цепных реакций в камерах сгорания двигателей, увеличения скорости сгорания смеси и уменьшения теплообмена.

Цепные реакции в двигателях приводят к быстрому сгоранию топлива, и в результате повышается его мощность, экономичность. Процесс разрыва химических связей,

происходящих при диссоциации воды, протекает с затратой энергии q_3 , а параллельно идущий процесс гидратации протекает с выделением тепла (энергии) $q_в$. В результате суммирования этих тепловых процессов получаем:

- количество воды, участвующей в сгорании при диссоциации:

$$\Delta q \rightarrow \Delta q - H_2O = q_в - q_3 \quad (1)$$

- количество продиссоциированной воды при разных значениях температуры:

$$q_в = q_{0в} + S_в(t_в - t_{0в})^2 \quad (2)$$

- количество гидратированной воды при разных значениях температуры:

$$q_3 = q_{03} + S_3(t_3 - t_{03})^2 \quad (3)$$

Подставляя формулу 1 в формулы 7 и 8, получим:

$$q_в = q_{0в} + S_в \cdot \left(\frac{\rho_0 \cdot P \cdot T_0}{\rho \cdot P_0} - \frac{\rho \cdot P_0 \cdot T}{\rho_0 \cdot P} \right)^2 \quad (4)$$

$$q_3 = q_{03} + S_3 \cdot \left(\frac{\rho_0 \cdot P \cdot T_0}{\rho \cdot P_0} - \frac{\rho \cdot P_0 \cdot T}{\rho_0 \cdot P} \right)^2 \quad (5)$$

где ρ_0 , T_0 , P_0 – начальная плотность температура и давление, ρ , T , P – конечная плотность, температура и давление.

Сгорание сопровождается выделением теплоты, а диссоциация – поглощением теплоты, но продиссоциировавшие продукты сгорания вновь окисляются (сгорают), что обуславливает приток теплоты в процессе расширения. Поэтому затраты тепла на диссоциацию частично или полностью компенсируются сгоранием продиссоциировавших элементов, но на процесс сгорания влияют различные факторы, особенно, изменение температуры и давления, в следствие чего интенсивность диссоциации и гидратации бывает различной. В результате исследований, проведенных на кафедре ЭАТ в ТюмТГНГУ, было установлено, что процент диссоциации воды для двигателя MazdaMZR-2,3 находится в интервале 18-30% и зависит от применяемого топлива (качества), влажности воздуха, а так же давления и температуры в камере сгорания двигателя. В данном случае это 400-450 грамм продиссоциированной воды при сгорании 1 кг топлива. Параметр чувствительности ($S_в$) количества продиссоциированной воды от температуры определяется экспериментально для каждого двигателя отдельно.

Таблица 1

Количество продиссоциированной воды для двигателя MAZDA MZR-2,3

($S_в=0,000251$ кг/°C)

t, °C	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
q _{ов}	181,4	106	31	15,7	0,6	5,7	31	76	141,2	226,5	332
q _в	1508,4	1433	1378	1343	1328	1332,7	1358	1403	1468	1554	1659

Таблица 2

Количество гидратированной воды для двигателя MAZDA MZR-2,3

(S₃= 0,000218 кг/°C)

t, °C	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
q _{о3}	157,5	92	44	13,6	0,5	49,9	26,7	66	122,6	197	288
q ₃	1309,5	1244	1196	1165,6	1152,5	1156,9	1178,7	1218	1274,6	1349	1440

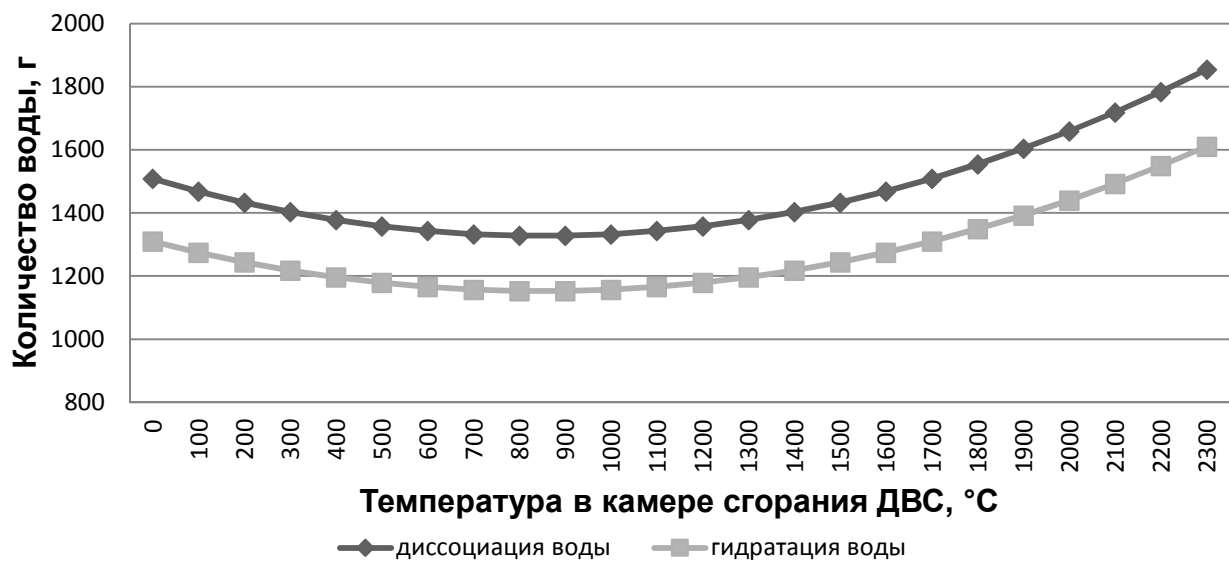


Рис. 1. Влияние температуры в камере сгорания ДВС MAZDA MZR-2,3 на количество продиссоциированной и гидратированной воды

Таблица 3

Количество воды, участвующей в сгорании и получении дополнительного тепла

t, °C	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2300
Δq	198,9	189	182	177	175	176	179	185	193	204,5	219	235	245



Рис. 2. Влияние температуры в камере сгорания ДВС MAZDA MZR-2,3 на количество воды, участвующей в сгорании при диссоциации.

Выводы

На рисунке 1 видно, что интенсивность диссоциации возрастает после 1100°C и давления $P=30$ кг/см², а гидратации – после 850°C. Особенно резко эти процессы начинают протекать в интервале температур 1800÷2300°C и давления $P=30÷40$ кг/см², что видно на рисунке 2.

Минимальная разница между процессами гидратации и диссоциации находится в интервале температуры 350÷1600°C. В этом же интервале температур и давления $P=30÷40$ кг/см² идет экономия топлива ДВС в пределах 15÷18%. В частности на двигателе MAZDA MZR-2,3 так как при повышении температуры быстро возрастает степень диссоциации воды на водород и кислород, и она, сгорая, выделяет дополнительное количество тепла, тем самым понижая расход топлива ДВС.

Список литературы

1. Энергетические комплексы на транспорте. Л.И. Гречихин, Н.Г. Куць; Под ред. Л.И. Гречихина. Минск: право и экономика, 2013. 257 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания. Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др.; Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1983. 372 с.
3. Коваленко Н.А. Научные исследования и решения инженерных задач в сфере автомобильного транспорта. Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2011. 271 с.
4. Усольцев В.А. Измерения влажности воздуха. Л.: Гидрометеиздат, 1959. 182 с.
5. Куць Н.Г., Гречихин Л.И. Водяной двигатель//Вісник СевНТУ: зб. наук.пр. 2011. Вип.122. с.22-26

Рецензенты:

Резник Л.Г., д.т.н., профессор кафедры эксплуатации автомобильного транспорта ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень;

Мерданов Ш.М., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой транспортных и технологических систем ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.