

УДК 544.653.1:621.793

А. В. Зорин¹, Н. В. Колдаев², С. А. Краснокутский³,
В. В. Пермяков⁴, А. А. Усольцев⁵

ХИМИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ ГОРЕНИЯ (ИСПЫТАНИЯ В БЕНЗИНОВЫХ ДВС)

В данной обзорной статье №1 показаны принципы увеличения мощности двигателя за счет подвода больших объемов воздуха и за счет применения химического регулятора горения.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания (ДВС), мощность двигателя, коэффициент избытка воздуха, КПД двигателя, низшая теплота сгорания, коэффициент наполнения, головка блока цилиндров (ГБЦ), интеркулер, химический регулятор горения топлива, камера сгорания, расход топлива.*

В последние годы активно развивается автоспорт. Появились такие дисциплины, как шоссейно-кольцевые гонки, драг-рэсинг, дрифт, «тайм-атак». Поэтому многим специалистам интересны вопросы о ходовых качествах своих автомобилей, проблемах увеличения мощности двигателя.

Всего несколько лет назад немногочисленные тюнинговые ателье предлагали весьма ограниченный набор комплектующих и работ по по-

¹ © Андрей Владимирович Зорин, аспирант кафедры сервиса и технической эксплуатации автомобилей Института информатики, инноваций и бизнес-систем Владивостокского государственного университета экономики и сервиса, ул. Гоголя, 41, г. Владивосток, Приморский край, 690014, Россия, E-mail: LSY487@mail.ru.

² © Николай Владимирович Колдаев, E-mail: NK@bibion.ru.

³ © Станислав Александрович Краснокутский, заведующий лабораторией кафедры сервиса и технической эксплуатации автомобилей Института информатики, инноваций и бизнес-систем, канд. техн. наук, ул. Гоголя, 41, г. Владивосток, Приморский край, 690014, Россия, E-mail: staskart@mail.ru.

⁴ © Владимир Васильевич Пермяков, научный руководитель аспирантов кафедры сервиса и технической эксплуатации автомобилей Института информатики, инноваций и бизнес-систем, канд. техн. наук, профессор Владивостокского государственного университета экономики и сервиса, ул. Гоголя, 41, г. Владивосток, Приморский край, 690014, Россия, E-mail: vladimir.permyakov1@vvsu.ru.

⁵ © Александр Александрович Усольцев, доцент кафедры сервиса и технической эксплуатации автомобилей Института информатики, инноваций и бизнес-систем, канд. хим. наук Владивостокского государственного университета экономики и сервиса, ул. Гоголя, 41, г. Владивосток, Приморский край, 690014, Россия, E-mail: aleksandr.usoltsev@vvsu.ru.

вышению мощности двигателей. Распредвал с шестерёнкой, чип-тюнинг давали не многим более 10-15 л.с. прибавки мощности.

Тем не менее, мир не стоит на месте: за прошедшие годы сделано многое, и двигатель – не исключение. Ныне повышение мощности вдвое от базового, стандартного варианта уже не такая неосуществимая задача. И даже решается она разными способами.

К сожалению, в среде любителей мощных моторов на сегодняшний день сложилось поверхностное понимание сути форсирования, отношение к тюнингу двигателя как к некоей простейшей процедуре типа установки спойлера.

Особенно большой резонанс среди «тюнинговой» общественности вызвал известный фильм «Форсаж». Сделанный, на наш взгляд, с большой претензией на внешние эффекты фильм явно ставит прямую зависимость между количеством прикручиваемых устройств (и их ценой) и мощностью мотора.

Мощность двигателя получается из воздуха [1]. Чем больше воздуха зайдёт в цилиндры, тем больше получится мощность. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

Теоретически мощность (в кВт) пропорциональна работе цикла двигателя Le (выражается в кДж) и количеству циклов в единицу времени n (об./мин.):

$$Ne = Le n / 120. \quad (1)$$

Работу цикла легко выразить через КПД двигателя η_e и количество поступившего в двигатель топлива Mt (кг):

$$Le = \eta_e H_u M_t, \quad (2)$$

где H_u – низшая теплота сгорания, теплотворная способность топлива (кДж/кг), показывающая, сколько энергии (в кДж) может выделиться при полном сгорании 1 кг топлива. Для бензина $H_u = 43960$ кДж/кг, а среднее значение КПД для бензиновых двигателей $\eta_e = 0,25$.

Количество подаваемого в двигатель топлива не может быть любым, оно связано с количеством воздуха M_v соотношением:

$$M_t = M_v / \lambda, \quad (3)$$

где λ – известный многим, но не всем понятный коэффициент избытка воздуха, показывающий отношение количества поступившего воздуха к теоретически необходимому для полного сгорания поступающего в двигатель топлива. В бензиновых двигателях λ лежит в узких пределах от

0,85-0,9 для режимов максимальной мощности, до 1,0-1,1 для экономичных режимов (иначе бензин плохо горит). Регулируется λ в указанном диапазоне топливodoзирующей аппаратурой в зависимости от количества поступившего воздуха и режима работы двигателя, определяемого, в основном, положением дроссельной заслонки и оборотами. Коэффициент Lo определяет, сколько воздуха (в кг) необходимо для полного сгорания 1 кг топлива, и для бензина равен 15 (другими словами, для этого необходимо 15 кг или 16,5 м³ воздуха при нормальном давлении и температуре).

Подставив последнее выражение в формулу для работы Le , получим:

$$Le = \eta_e H_u M \nu / \lambda L_o, \quad (4)$$

а после подстановки в формулу мощности:

$$Ne = H_u \eta_e M \nu n / 120 \lambda L_o. \quad (5)$$

Теперь перепишем формулу в несколько ином виде:

$$Ne = V h \eta_v \eta_e H_u P / 120 L_o R \lambda T, \quad (6)$$

затем начнём по порядку.

Объём Vh – его увеличение является традиционным способом повышения мощности. Только, к сожалению, ограничивается толщиной стенок цилиндров при попытке увеличить их диаметр и габаритами блока, в который влезает не каждый коленвал с увеличенным радиусом кривошипа. Дополнительное ограничение – высота поршня: при большом ходе высокий поршень может бобышками «сесть» на противовесы коленвала. Реальное увеличение Vh составляет около 10% и лишь для некоторых марок и моделей моторов достигает 20%.

Коэффициент наполнения η_v – весьма (если не наиболее) важный параметр. Увеличение диаметра каналов, совмещение коллекторов, изменение профиля сёдел, клапанов, формы камеры сгорания, установка карбюраторов (в т.ч. двойных) с большими диффузорами и дроссельными заслонками, фильтра НС – всё это снижает сопротивление втеканию воздуха в цилиндры и вызывает повышение η_v . Отдельно стоят настроенные впуск и выпуск – повышение η_v происходит как по причине лучшей очистки цилиндров, так и в результате их дозарядки при возбуждении колебаний в соответствующих системах. Эти процессы сильно зависят от фаз газораспределения, поэтому распределительный вал в деле повышения η_v играет далеко не последнюю роль.

Повышение максимальной частоты вращения n – верный способ, осуществляемый обычным путём расширения фаз газораспределения ус-

тановкой соответствующих распредвалов. При этом коэффициент наполнения, обычно падающий у стандартных двигателей уже начиная с 4000-4500 об./мин., наоборот, возрастает и позволяет двигателю раскручиваться значительно дальше в область высоких оборотов. Однако при этом может наблюдаться падение КПД η_e , нивелирующее рост n и η_v , поскольку растут механические потери. Чтобы этого не случилось, проводят специальные мероприятия по снижению трения: ставят более жёсткие и лёгкие поршни и шатуны, переходят на 2-поршневых кольца вместо 3-х, препятствуют попаданию масла, сливаемого из ГБЦ, на детали КШМ и т.д. Кроме того, требуются более лёгкие детали ГРМ (толкатели, клапаны), а также жёсткие пружины клапанов.

Повышение теплотворной способности топлива H_u – ещё один способ увеличения мощности. Для этого используют специальные присадки в топливо, в т.ч. широко известную закись азота (Nitros). При этом не следует забывать об охлаждении деталей – выделение дополнительной энергии в том же объёме вызывает повышение температуры поршня, выпускных клапанов и стенок камер в ГБЦ. Отметим, что при подаче топлива, содержащего кислород (уже упомянутая закись азота, а также спирт), уменьшается коэффициент L_o , стоящий в знаменателе нашей формулы, вызывая дополнительное увеличение мощности.

Повышение давления поступающего воздуха P осуществляется при помощи нагнетателя. Находят применение приводные (механические) и турбонагнетатели. Независимо от агрегата повышение давления (сжатие) воздуха вызывает рост его температуры, стоящей в знаменателе формулы и оказывающей на мощность уменьшающее действие. Снизить температуру помогает промежуточный охладитель (интеркулер), применение которого при повышении давления наддува становится обязательным.

В общем случае при установке наддува возрастают плотность и, соответственно, количество поступающего в двигатель воздуха (расход) [2]. Однако степень повышения давления (отношение давления наддува к атмосферному) ограничена детонацией: приходится снижать степень сжатия тем сильнее, чем больше давление наддува. В среднем при повышении давления наддува до 0,5-0,8 атм. приходится снижать степень сжатия с 9,5-10,0 до 8,5. Ещё большие изменения требуются в самом двигателе: помимо увеличения объёма камеры сгорания (для снижения степени сжатия) необходимо более толстое днище поршней, их охлаждение, более жаропрочные выпускные клапаны, более эффективная система охлаждения двигателя и т.д. Напротив, пренебрежение этими мероприятиями с целью упрощения и удешевления работ однозначно приводит к быстрому

выходу двигателя из строя (поломки и прогары поршней и клапанов, эрозия стенок камер с последующим прогаром прокладки ГБЦ и т.д.).

Необходимо отметить, что в нашей формуле нигде нет в явном виде подачи топлива, только коэффициент λ , учитывающий соотношение топлива/воздух. Именно его и должна «держаться» система управления при росте расхода воздуха. Если же никаких изменений в двигатель не вносятся, «играть» коэффициентом λ практически бесполезно – максимальная мощность не увеличится, разве что в результате исправления каких-либо ошибок производителя. Этот факт иллюстрирует убеждение в полной бесполезности чип-тюнинга как самостоятельного направления в деле повышения максимальной мощности. Правда, справедливости ради отметим, что перенастройка управления иногда всё-таки может что-то улучшить. Речь идёт о крутящем моменте двигателя Me (Нм), связанном с мощностью Ne (в кВт) соотношением:

$$Me = 9550Ne/n. \quad (7)$$

Если «стереть» и переделать заводские настройки в области средних оборотов, то динамика разгона автомобиля незначительно улучшится. В этой связи отметим, что именно крутящий момент является «объективной реальностью», которую ощущает водитель при разгоне автомобиля: максимальную мощность можно почувствовать, выйдя на режим движения на максимальной скорости. Вот почему для многих менее мощный, но моментный «низовой» мотор воспринимается как более мощный по сравнению с высокооборотным, у которого при большей максимальной скорости крутящий момент «на середине» заметно ниже. Этот факт приходится учитывать при постройке тюнингового мотора, характеристики которого должны соответствовать требованиям (стилю езды).

В лаборатории «Химмотология» ВГУЭС разработан химический регулятор горения топлива «БЕНКАТ» («Бензиновый катализатор») [3].

В состав «БЕНКАТА» входит коллоидный раствор солей металлов (преимущественно, Ni, Mg, Zn) органических кислот (C₄-C₁₀) в подходящей группе органических растворителей. Диапазон концентраций базовых растворов (солей) от 2 до 40%, при этом цветность изменяется от светло-салатного до черно-зеленой. Все растворы имеют характерный стойкий запах, исчезающий при разбавлении бензином.

Принцип действия и механизм: В основу принципа действия положено свойство использованной группы соединений термически разлагаться в условиях «холодного пламени» ($\approx 500^\circ\text{C}$) с образованием свободных металлов (M^0). В камере сгорания при воспламенении циклового заряда об-

разующийся «туман» из атомов металлов движется вместе с фронтом пламени. При этом сами металлы способны выполнять функцию «дожигателей» продуктов неполного сгорания топлива, таких, например, как углеводороды и СО. Для «утилизации» последнего использовано уникальное средство никеля к угарному газу, при котором каждый атом металла способен связать четыре молекулы газа: Ni (СО)₄.

Эти данные подтверждаются достоверным снижением токсичности выхлопных газов по углеводородам, СО и NO_x в 2-3 раза. Снижение токсичности по NO_x связано, вероятно, с понижением общей температуры цикла (по измерениям температуры выхлопных газов).

Полезные свойства: применение «БЕНКАТа» в отечественных бензинах в рабочей концентрации по металлам на уровне 1-2 млн-1 (1-2 мг/л) позволяет достоверно снизить расход топлива от 5 до 15% в зависимости от типа и состояния двигателя. Исследованию подвергались преимущественно средне- и низкооктановые сорта бензина (АИ-92, АИ-80). Изменение мощностных характеристик находится в тех же пределах. «БЕНКАТ» стабилизирует, но не повышает октановое число. Использование таких бензинов поможет значительно облегчить переход к экологическим стандартам EURO-3 и EURO-4.

Данная статья является первой обзорной, в дальнейшем будут показаны испытания «БЕНКАТа» на двухтактных бензиновых двигателях.

-
1. Швацкий А.А. Справочник механика. – М.: Транспорт, 2000.
 2. Плеханов И.П. Автомобиль. – М.: Просвещение, 1987.
 3. Патент №2270231 РФ, МПК 20.02.06 Присадки к бензиновому/дизельному топливу и топливные композиции на их основе.