

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и автомобильное хозяйство

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Тюнинг двигателя с целью улучшения тяговой динамики легкового автомобиля.

Студент

К.А. Николаев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.Г. Доронкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

В бакалаврской работе рассмотрены вопросы тюнинга двигателя с целью улучшения тяговой динамики легкового автомобиля.

В ходе исследования показана зависимость динамики автомобиля от характеристик двигателя. Произведен обзор современных двигателей и анализ их конструктивных особенностей, на примере наиболее продаваемых в РФ автомобилей.

Во втором разделе после изучения сложившейся практики в сфере тюнинга автомобильного двигателя, проведен анализ способов его модернизации и подобраны компоненты для тюнинга двигателя с целью улучшения тяговой динамики легкового автомобиля.

В третьем разделе рассмотрены особенности технологии тюнинга двигателя и произведен выбор оборудования для эффективного производства работ.

В заключении сформулированы особенности организации участка для форсирования двигателей.

Annotation

In the bachelor's work, the issues of engine tuning in order to improve the traction dynamics of a passenger car are considered.

The study shows the dependence of the dynamics of the car on the characteristics of the engine. An overview of modern engines and an analysis of design features is made, using the example of the most sold cars in the Russian Federation.

In the second section, after studying the current practice in the field of tuning an automobile engine, an analysis of ways to modernize it was carried out and components for tuning the engine were selected in order to improve the traction dynamics of a passenger car.

In the third section, the features of the engine tuning technology are considered and the choice of equipment for efficient work is made.

In conclusion, the features of the organization of the site for forcing engines are formulated.

Содержание

Введение.....	5
1 Двигатель и динамика современного автомобиля	6
1.1 Тяговая динамика автомобиля	6
1.2 Обзор двигателей	11
1.3. Устройство современного двигателя	13
2 Методы форсирования двигателя в период эксплуатации	18
2.1. Доработка механической части двигателя	18
2.2. Доработка систем питания	24
2.3. Доработка электрической части двигателя	33
2.4 Компоненты для тюнинга двигателя	36
3 Организация работ по тюнингу двигателя	40
3.1 Практика тюнинга двигателя	40
3.2 Оборудование для тюнинга двигателя	47
3.3 Выбор модели стенда для сборки двигателя	50
3.4 Организация участка форсирования двигателей	52
Заключение	58
Список используемых источников	59

Введение

Двигатель определяет динамику автомобиля, от него зависят скорость и ускорение при разгоне. Данная работа посвящена тюнингу двигателя, то есть модернизации в период эксплуатации автомобиля. Теме «тюнинг» посвящено много книг и учебников, можно отметить отечественных авторов В.М. Виноградова, В.Г. Доронкина, А.Н. Мирошниченко. Ход исследования «Тюнинг двигателя с целью улучшения тяговой динамики легкового автомобиля» проведем согласно методике, принятой на кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобилей» ТГУ. В соответствии с этой методикой, последовательно рассмотрим следующие вопросы:

- Двигатель и динамика современного автомобиля
- Тяговая динамика автомобиля
- Обзор двигателей
- Устройство современного двигателя
- Методы форсирования двигателя в период эксплуатации
- Доработка механической части двигателя
- Доработка систем питания
- Доработка электрической части двигателя
- Компоненты для тюнинга двигателя
- Организация работ по тюнингу двигателя
- Технология тюнинга двигателя
- Оборудование для тюнинга двигателя
- Выбор модели стенда для сборки двигателя
- Организация участка форсирования двигателей.

Данная тема имеет достаточно важное значение, можно отметить актуальность исследования, поскольку грамотная модернизация двигателей во время эксплуатации повышает экономичность и экологичность автомобиля.

1 Двигатель и динамика современного автомобиля

1.1 Тяговая динамика автомобиля

Динамика автомобиля – это комплексный показатель. Выражение «факторы динамики автомобиля» имеет различное значение в понятии разных людей, но для данного исследования выделим следующие факторы динамики автомобиля: 1) ускорение; 2) замедление (торможение); 3) максимальная скорость на прямом участке; 4) скорость в повороте.

Даниэл Степлтон в книге «Динамичный автомобиль: секреты настройки» (перевод с английского Легион-Автодата, 2009) отмечает, что каждое значение факторов динамики автомобиля необходимо определить в смысле его полезности при модификации автомобиля. Это определение поможет принять решение, что необходимо предпринять для улучшения параметров автомобиля.

Рассматривая эти четыре фактора динамики, и определяя их значимость в смысле повышения общей динамики необходимо отметить следующие:

1. Уменьшение общего веса автомобиля улучшает три фактора динамики.
2. Улучшение сцепления с дорожным покрытием улучшает один фактор динамики, но при определённых условиях может улучшить два других фактора динамики.
3. Увеличение мощности и крутящего момента двигателя приводит к улучшению двух факторов динамики.
4. Уменьшение коэффициента аэродинамического сопротивления улучшает один фактор динамики.

Конечно, каждый из перечисленных ранее факторов динамики имеет собственные ограничения, но в диапазоне своих приемлемых значений, они укажут верное направление.

При принятии решений, какие работы по тюнингу автомобиля необходимо выполнить, придётся определить какой фактор динамики наиболее важный и на какие затраты готовы пойти для улучшения этого фактора. Очень полезно держать в голове изречение: «Достижение небольшого увеличения мощности за большие деньги».

Рассматривать вопрос как дорого встанут улучшения автомобиля реально можно оценить, учитывая достигнутое улучшение, только улучшение ускорения или максимальной скорости при движении по прямой. Например, если получили увеличение мощности двигателя на 5 лошадиных сил (установили воздушный фильтр низкого сопротивления) заплатив за него 500 р. (на распродаже), можно считать, что каждая дополнительная лошадиная сила встала в 100 р. На практике же порой значительно трудней определить насколько быстрее стал автомобиль, получив приращение мощности двигателя в 5 лошадиных сил. Но необходимо держать в голове, во-первых, не всегда работа по тюнингу проявляется так явно, во-вторых, возможно приращение дополнительных 5-ти лошадиных сил может содержать дальнейшие скрытые расходы, например, если возросшая мощность двигателя будет выше расчётной мощности, которую может выдержать сцепление. Это значит, что придётся сразу заменить сцепление на более мощное, или всё равно придётся это сделать во время ремонта сцепления, когда оно сломается. В дополнение к этому, возможно, получили такой мощный двигатель, который способен порвать валы привода или полуоси.

Возможно, разработав систему оценки стоимости повышения мощности двигателя на одну лошадиную силу, или стоимость снижения веса на один килограмм, если надо сравнить расходы на различные виды работ по тюнингу автомобиля. В этом случае следует учитывать, что снижение веса на 5 килограммов приблизительно равноценно увеличению мощности на одну лошадиную силу.

Увеличение мощности двигателя увеличивает нагрузку на все детали самого двигателя, а также на другие компоненты автомобиля, передающие силовой поток двигателя, что может привести к сокращению срока эксплуатации этих компонентов и увеличить частоту их поломок. Улучшение характеристик автомобиля, вызванное повышением мощности двигателя, означает, что тормозная система автомобиля и подвеска должны находиться в полностью исправном состоянии и быть соответствующим образом модифицированы.

Настройка автомобиля на динамометрическом стенде может оказать влияние на два основных фактора динамики автомобиля – ускорение и максимальной скорости на прямой, на оба эти фактора сказывается увеличение крутящего момента мощности двигателя. Но, при увеличении мощности двигателя, улучшается ещё один фактор динамики автомобиля – скорость в повороте, так, что окончательно можно ожидать улучшение трёх факторов динамики. Независимо от того, каким из двух способов, на динамометрическом стенде или при помощи дорожных испытаний, будет настраиваться автомобиль, задача этой работы заключается не только в том, чтобы убедиться, что все модернизированные узлы автомобиля гармонично сочетаются друг с другом, но и правильно отрегулированы. Неудача в достижении необходимых правильных регулировок, приведёт к пустой трате денег и разочарованиям.

Существуют два типа динамометрических стендов – это стенд для проверки двигателя и стенд с беговыми барабанами для диагностирования шасси автомобиля. Динамометрический стенд с беговыми барабанами более предпочтителен для проверки характеристик автомобиля. Измеряемая мощность снимается непосредственно с ведущих колёс автомобиля при помощи пары барабанов (4-х барабанов для полноприводного автомобиля), расположенных на полу. Динамометрический стенд с беговыми барабанами – это лучший инструмент, при помощи которого можно узнать, как работает двигатель во всём рабочем диапазоне. Испытания автомобиля на стенде

дадут достоверную информацию о мощности и крутящем моменте двигателя, о скорости движения автомобиля, точности тахометра, о химическом составе отработавших газов во всём диапазоне оборотов и нагрузок двигателя. Основное предназначение динамометрических испытаний, это проведение регулировок для достижения максимальной мощности двигателя за счёт калибровки топливной системы и угла опережения зажигания.

Другое важное замечание о полученных показателях мощности, что их нельзя достоверно использовать при сравнении мощности двигателя другого автомобиля, замеренной на другом динамометрическом стенде. Основная причина в том, что калибровка различных стендов очень сильно отличается, но даже последовательная проверка автомобиля на одном и том же стенде может выдать различные показания из-за изменения атмосферного давления и по ряду других причин.

Автомобиль необходимо установить на стенд так, чтобы ведущие колёса оказались на беговых барабанах. Под ведомые колёса автомобиля необходимо подставить специальные упоры, а сам автомобиль закрепить при помощи специальных страховочных ремней. К выпускной системе автомобиля подсоединяется газоанализатор, а к системе зажигания подключается электронный блок стенда. После запуска двигателя оператор стенда довольно быстро определит основные неисправности системы зажигания, например, обрыв высоковольтных проводов или пробой изоляции крышки распределителя зажигания. При обнаружении таких неисправностей их надо немедленно устранить для успешного продолжения испытаний. В это время необходимо проверить двигатель на наличие протечек масла и охлаждающей жидкости, а также устранить другие очевидные неисправности.

Далее приступаем к первому испытанию на беговых барабанах. Во время первого испытания всё внимание оператора направлено на подбор правильного угла опережения зажигания. Оператор осуществляет это путём вращения корпуса распределителя зажигания (предварительно ослабив его

крепление). При этом автомобиль продолжает работать на беговых барабанах. Регулировкой достигается максимальная эффективность работы двигателя, обычно при средней его нагрузке. После того как это будет сделано, первый этап испытаний под нагрузкой заканчивается. При остановленных беговых барабанах, оператор фиксирует корпус распределителя и при помощи диагностических средств стенда, осциллоскопа и стробоскопа (возможно, того и другого вместе) определяет установку первоначального угла зажигания.

После выполнения задач первого этапа испытания, переходим ко второму, задача которого - определение эффективности работы двигателя в различных диапазонах скорости вращения.

В зависимости от модели стенда, некоторые стенды позволяют составить график по регистрации мощности двигателя в зависимости от различных оборотов скорости вращения двигателя. При испытании двигателя на полной мощности, необходимо строго контролировать температуру охлаждающей жидкости двигателя, температуру масла (если установлен соответствующий указатель) или, по крайней мере, давление масла. Если любой из этих показателей выйдет за установленные пределы, двигатель необходимо немедленно остановить. Обратите внимание на то, что, несмотря на мощный вентилятор, установленный перед автомобилем, большинство автомобилей при проведении этого испытания немного перегреваются. Если при проведении испытаний возникнут проблемы с перегревом двигателя, за информацией по решению этой проблемы обратитесь к соответствующей главе этой книги.

Пробный пробег – это наиболее важный момент, во время которого можно почувствовать преимущества, полученные за счёт регулировок, проведённых на динамометрическом стенде, как в плавной работе двигателя, так и в приросте общей мощности.

В действительности провести настоящие дорожные испытания, особенно в режиме полной мощности очень трудно, конечно, если под рукой

нет частной дороги, гоночной трассы или взлётной полосы аэродрома. Один из способов провести испытание, это использование датчика ускорения. Этот прибор позволит провести целый ряд полезных измерений, включая измерение мощности, различных измерений ускорения. Эти измерения могут показать улучшение ускорения после изменения передаточного соотношения или изменения зацепления шин, что позволит сравнить эффективность одного типа шин по отношению к другому (по изменению показателя бокового ускорения). Прибор очень прост в использовании и достаточно дорог, но не настолько, чтобы от него отказаться. Датчик ускорения – очень эффективное и полезное устройство, но, ни в коем случае не заменяющее динамометрический стенд, он его дополняет.

1.2 Обзор двигателей

Рассмотрим двигатели современных автомобилей. Информационное агентство «Автостат» (www.autostat.ru) опубликовало результаты продаж автомобилей в РФ за 12 месяцев 2020 года. Самым продаваемой в России иномаркой является KIA Rio (продано 88 064 экземпляров). Вторую строчку занимает Hyundai Creta (73 537 шт.), третью VW Polo (58 455 шт.).

Статистика продаж представлена в таблице 1. Если рассматривать двигатели перечисленных в таблице автомобилей, можно отметить, что они имеют близкие характеристики и по устройству тоже достаточно похожи. В основном это 4-цилиндровые 4-тактные двигатели, соответствуют высшему экологическому классу, все оборудованы системой впрыска бензина с электронным управлением. В настоящее время продолжает совершенствоваться система впрыска, в частности, многие автопроизводители применяют системы непосредственного впрыска бензина, когда топливо, аналогично дизелю, впрыскивается непосредственно в камеру сгорания.

Таблица 1 – Статистика продаж в РФ легковых автомобилей зарубежных марок

№	Модель	Марка	2020	2019	YoY
1	Rio	KIA	88 064	92 475	-4 411
2	Creta	Hyundai	73 537	71 487	2 050
3	Polo	VW	58 455	56 102	2 353
4	Solaris	Hyundai	49 280	58 682	-9 402
5	RAV4	Toyota	36 433	30 627	5 806
6	Tiguan	VW	32 982	37 242	-4 260
7	Logan	Renault	32 628	35 391	-2 763
8	Duster	Renault	31 640	39 031	-7 391
9	Sportage	KIA	28 190	34 370	-6 180
10	Camry	Toyota	27 373	34 017	-6 644
11	Rapid PA II	Skoda	26 267	0	-
12	Sandero	Renault	26 038	30 496	-4 458
13	Qashqai	Nissan	22 110	25 158	-3 048
14	Tucson	Hyundai	22 107	22 753	-646
15	Octavia A7	Skoda	21 622	27 161	-5 539
16	Kodiaq	Skoda	20 578	25 069	-4 491
17	Kaptur	Renault	20 284	25 799	-5 515
18	X-Trail	Nissan	20 237	20 915	-678
19	CX-5	Mazda	20 033	22 565	-2 532
20	Outlander	Mitsubishi	17 836	23 894	-6 058

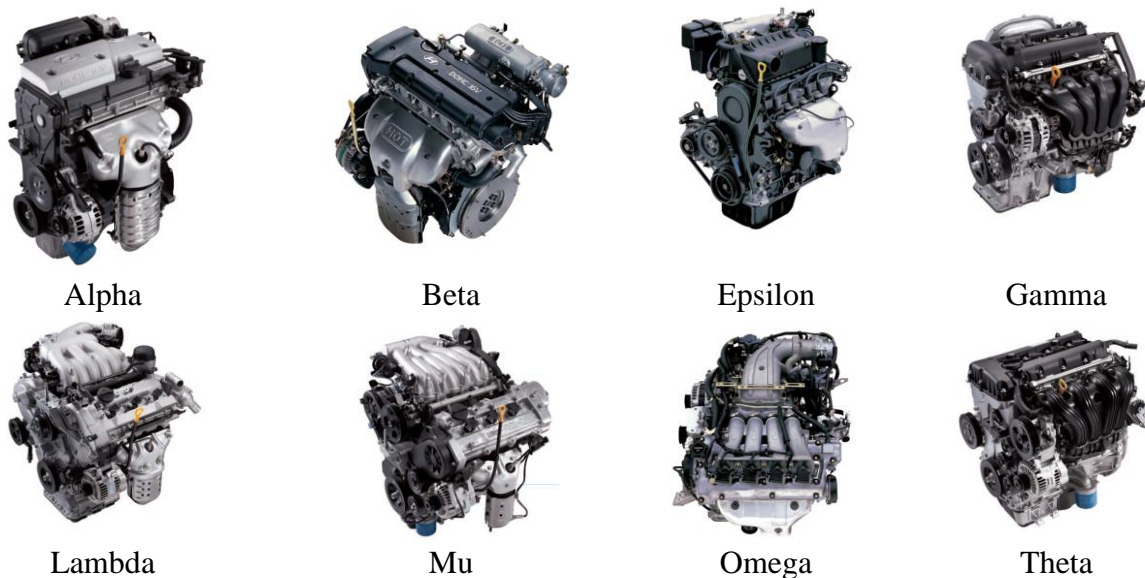


Рисунок 1 – Семейство автомобильных бензиновых двигателей Hyundai

Можно отметить, что большинство зарубежных автомобилей представлено корейской фирмой Hyundai и ее дочерним подразделением

КИА. Модельный ряд бензиновых двигателей Hyundai представлен на рисунке 1.

1.3. Устройство современного двигателя

Двигатель является важнейшим элементом автомобиля, определяющим его динамику. Рассмотрим конструкцию на примерах автомобилей современных моделей.

В зависимости от вида преобразуемой энергии на автомобилях применяют двигатели внутреннего сгорания и электродвигатели. В настоящее время всё большее число автомобилей получают комбинированные силовые установки – так называемый гибридный привод.

Двигатель современного легкового автомобиля – это, как правило, четырехтактный, четырехцилиндровый двигатель внутреннего сгорания с рядным вертикальным расположением цилиндров, с четырьмя клапанами на цилиндр, с двумя распределительными валами и с распределенным последовательным впрыском бензина.

Большинство двигателей расположено поперечно в переднем отсеке автомобиля, закреплен на амортизирующих опорах. По числу цилиндров делятся на 2-х, 3-х, 4-х и многоцилиндровые. По типу системы охлаждения двигатели внутреннего сгорания современных автомобилей делятся на двигатели с жидкостным и воздушным охлаждением.

Современные двигатели включают следующие основные системы. Цилиндропоршневая группа обеспечивает поступательное движение поршня за счет расширения газов при сгорании топлива. Система пуска производит принудительную раскрутку для начала работы двигателя. Двигатель внутреннего сгорания не может запустить себя сам, поэтому для его запуска требуется применение внешнего устройства. При запуске частота вращения коленчатого вала должна превышать некоторую минимальную пусковую частоту. Минимальная пусковая частота зависит от конкретного двигателя и

условий, при которых производится пуск. Обычно пусковая частота для бензиновых двигателей находится в диапазоне 40...60 об/мин, для дизелей 80...100 об/мин.

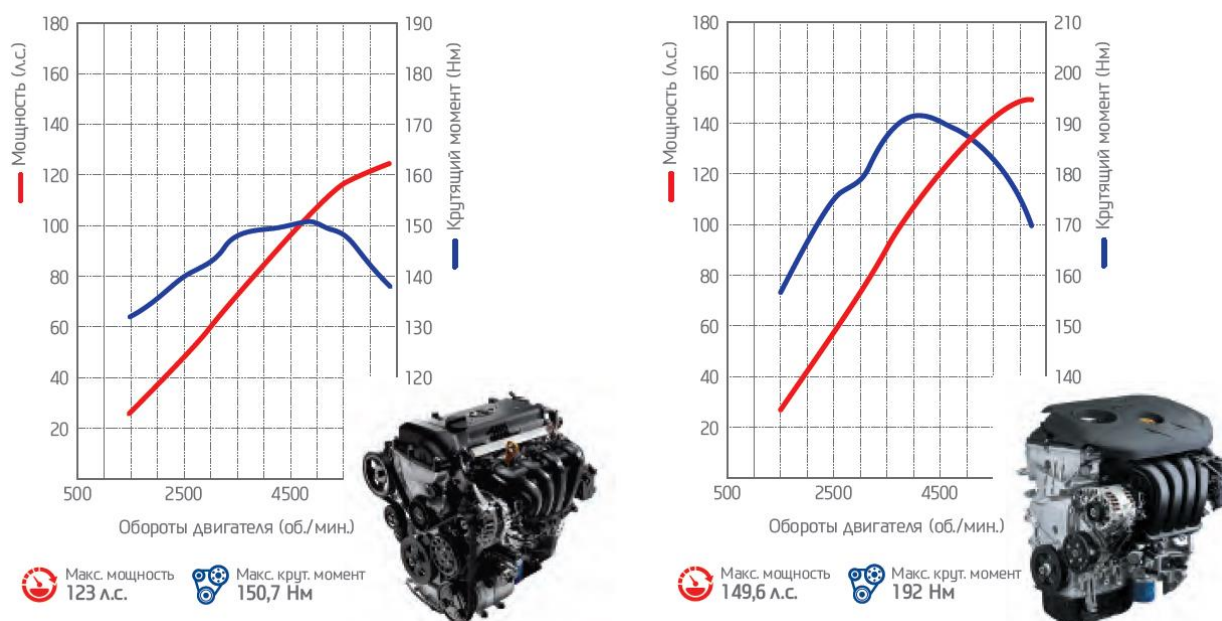
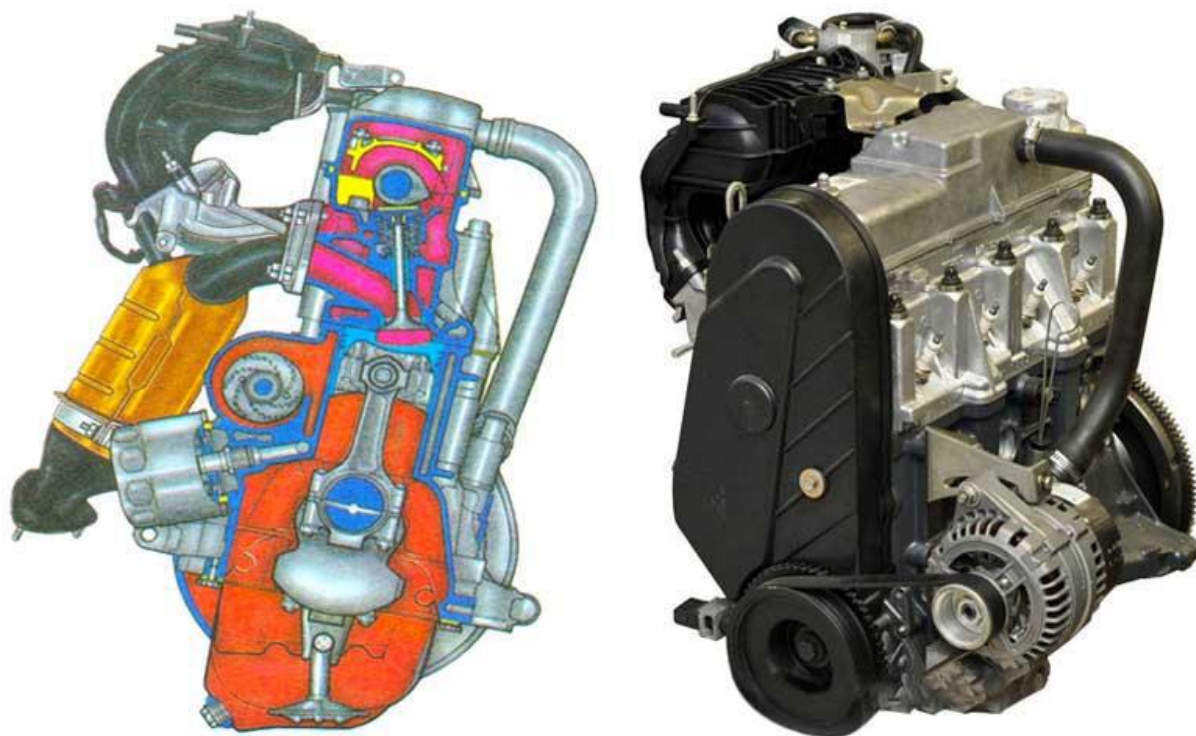


Рисунок 2 – Внешние скоростные характеристики двигателей Hyundai Creta 2020 года:
а) Gamma; б) Nu

Система зажигания в бензиновых двигателях предназначена для воспламенения топливовоздушной смеси в нужное время запальной искрой с помощью свечи зажигания. Возникает запальная искра благодаря искровому разряду между электродами свечи зажигания, которая вставлена в камеру сгорания. Управление и расчет момента зажигания осуществляются электронным блоком управления двигателя. Запальная искра появляется за счет прерывания тока катушки и соответствует определенному углу коленчатого вала, который называется угол опережения зажигания. Система зажигания должна создать для искрового разряда необходимое высокое напряжение и обеспечить своевременное инициирование. Важнейшими условиями эффективного зажигания топливовоздушной смеси являются угол зажигания, а также энергия зажигания.

В электронной системе управления двигателем подача топлива, а также момент зажигания (бензиновые двигатели) или момент впрыска (дизельные

двигатели) зависят от различных факторов, например, положения педали акселератора (желание водителя), текущий режим работы двигателя, температуры двигателя и параметров, влияющих на токсичность отработавших газов. Управляющая программа записана в память блока управления силового агрегата. Программа исполняется микропроцессором.



(а) (б)
Рисунок 3 – Устройство (а) и внешний вид (б) двигателя

В поршневых ДВС различают индикаторную и эффективную мощность. Индикаторная мощность создаётся давлением газов на поршне. Не весь объем энергии, заключенной в топливе, преобразуется двигателем внутреннего сгорания в механическую работу, часть этой энергии теряется. Фактическая полезная мощность менее 100 % относительно подведенной энергии. КПД (соотношение между полезной и подведенной мощностью) у современных бензиновых двигателей — максимум 35 %; у дизельных двигателей — максимум 45 %;

Вредные вещества, которые являются побочными продуктами сгорания бензиновых двигателей:

1. CO – Угарный газ
2. CH – Углеводороды
3. NO_x – Оксиды азота
4. CO₂ – Углекислый газ

Топливо состоит в основном из соединений углеводородов. При сгорании с использованием кислорода воздуха происходят химические реакции. В результате этого происходит появление новых соединений.

В настоящее время с целью предотвращения парникового эффекта вводится поэтапное ограничение по углекислому газу CO₂.

Оптимальное (полное) сгорание топливо-воздушной смеси зависит в основном от ее состава. Поэтому доли компонентов смеси должны соответствовать определенной пропорции. Такое оптимальное соотношение называется стехиометрическим. Стехиометрическое соотношение для бензиновых двигателей составляет 14,7 кг воздуха на 1 кг топлива.

При работе двигателя неизбежны отклонения от стехиометрического соотношения компонентов смеси. По этой причине был введен параметр – коэффициент избытка воздуха, который в отечественной литературе обозначается греческой буквой альфа, а в западной – лямбда.

Некоторые современные двигатели оснащены изменяемой геометрией впускного коллектора. Расходом воздуха в бензиновых двигателях управляют с помощью дроссельной заслонки. На современных автомобилях дроссельная заслонка с механизмом поворота выделен в отдельный блок – дроссельный патрубок. Привод дроссельной заслонки может быть механическим (с помощью троса или тяги), когда водитель педалью акселератора задает угол поворота дроссельной заслонки или электрическим.

При электроприводе дроссельной заслонки водитель положением педали акселератора задает необходимый крутящий момент, а электронный блок управления, в соответствии с выбранным режимом движения, открывает дроссельную заслонку на необходимую величину. На педальном узле установлен датчик положения педали акселератора.

На режимах пуска холодного бензинового двигателя и холостого хода необходимо дополнительная регулируемая подача воздуха. Для этого применяется байпасный перепускной клапан с электронным управлением, установленный в дроссельном патрубке.

Для хорошего смесеобразования важное значение имеют газодинамические параметры впускного коллектора, каналов и камеры сгорания.

2 Методы форсирования двигателя в период эксплуатации

2.1. Доработка механической части двигателя

Автомобильный двигатель является тепловой машиной, поэтому его важнейшие элементы, – это механические системы: КШМ, ГРМ, системы смазки и охлаждения.

Тюнинг двигателя следует начинать с планирования работ. Последующий список предполагает порядок принятия ключевых решений:

1. Что является основным - повышение мощности двигателя или увеличение его крутящего момента?
2. На сколько хотите увеличить выбранный параметр?
3. Ограничение максимальных оборотов двигателя (если после тюнинга обороты могут подняться выше стандартных)?
4. Сколько денег выделено на тюнинг?

Начинать разработку мероприятий следует с расточки цилиндров и изменения степени сжатия. Никогда не следует поднимать степень сжатия до уровня, при котором появляются стуки во время работы двигателя при правильной установке угла опережения зажигания.

Замена клапанов на клапаны другого размера. Открытый клапан соединяет камеру сгорания с наружным атмосферным воздухом, пуская в камеру сгорания воздух и топливовоздушную смесь. Для некоторых двигателей вместо того, чтобы тратить деньги на модификацию головки есть возможность приобрести готовую высокоэффективную головку. Иногда такая головка имеет в два раза меньше клапанов, чем стандартная головка, возможно, она имеет два распределительных вала вместо одного, или заменяет головку, применяемую при нижнем расположении распределительного вала. Эта спортивная головка имеет улучшенную камеру сгорания, оптимизированные газовые каналы и т.д. Для многих популярных

двигателей продаются специально подготовленные спортивные головки блока цилиндров.



Рисунок 4 – Уменьшение веса поршня: облегченный (а) и серийный (б) поршни

Достаточно эффективным является изменение фаз газораспределения при замене распределительного вала, который непосредственно, или через другие детали газораспределительного механизма, управляет открытием и закрытием клапанов.

Модификация шатуна не требует больших расходов, но шатун обязательно надо проверить на отсутствие трещин и разрушений перед его балансировкой и обработкой поверхностей, например, обработка дробью или полировкой. Альтернативный путь - уменьшение нагрузки, которая может привести к разрушению шатуна.

Даниэл Степлтон отмечает, что специальная подготовка системы охлаждения даёт незначительное увеличение мощности двигателя, но вместе с тем улучшает два основных фактора динамики автомобиля: максимальную скорость и ускорение. Увеличение мощности может сказаться положительно на ещё одном факторе - скорости в повороте. И что действительно возможно, особенно на старых автомобилях, замена стандартных компонентов системы охлаждения на облегчённые, например, замена радиаторов из меди или из

латуни, на алюминиевые, облегчает общий вес автомобиля и, соответственно, улучшает такие факторы динамики автомобиля как торможение, скорость в повороте и ускорение. Но необходимо понимать, что улучшение этих основных параметров динамики автомобиля не рассматривается как основная задача при модернизации системы охлаждения. Скорее эта модернизация проводится с целью улучшения охлаждения двигателя для предотвращения его перегрева и последующего разрушения.

Начните с насоса, независимо от того, какой двигатель используете, с очень большой степенью вероятности можно сказать, что используете штатный насос системы охлаждения этого двигателя. Вполне вероятно, что шкив насоса необходимо заменить на шкив другого размера. Шкив насоса системы охлаждения важная вещь, поскольку от него зависит скорость вращения насоса. Изменение передаточного соотношения привода насоса за счёт установки шкива уменьшенного размера может улучшить циркуляцию охлаждающей жидкости на низких оборотах, но одновременно это может иметь негативное значение на высоких оборотах из-за явления кавитации на крыльчатке насоса, быстрого вращения охлаждающей жидкости без её практической циркуляции по системе охлаждения - ситуация, которую необходимо предотвратить.

И всё же на практике могут возникнуть три вопроса: во-первых, хотите понизить рабочую температуру двигателя по сравнению с базовой моделью автомобиля (более подробно об этом позднее). Во-вторых, при использовании радиатора от автомобиля донора совместно с заменённым двигателем, вполне возможно, что через радиатор стало проходить меньше воздуха, чем это было до замены двигателя. Последнее, может оказаться так, что после замены двигателя в моторном отсеке не будет хватать места для штатного радиатора.

Настоящий гоночный радиатор, изготовленный из алюминия, может быть значительно эффективней серийных радиаторов, изготовленных из

меди или латуни (или даже из пластика) по нескольким причинам. Далее, алюминиевый радиатор имеет другую конструкцию центрального теплообменника, встроенные рассеиватели поднимают эффективность радиатора, и этот тип радиаторов имеет значительно более тонкий теплообменник. Дополнительное преимущество алюминиевого радиатора в том, что он значительно легче стандартного радиатора, точно того же размера, и с учетом выбора нестандартного размера устанавливаемого радиатора, принятие решения об установке алюминиевого радиатора трудно назвать ошибочным.

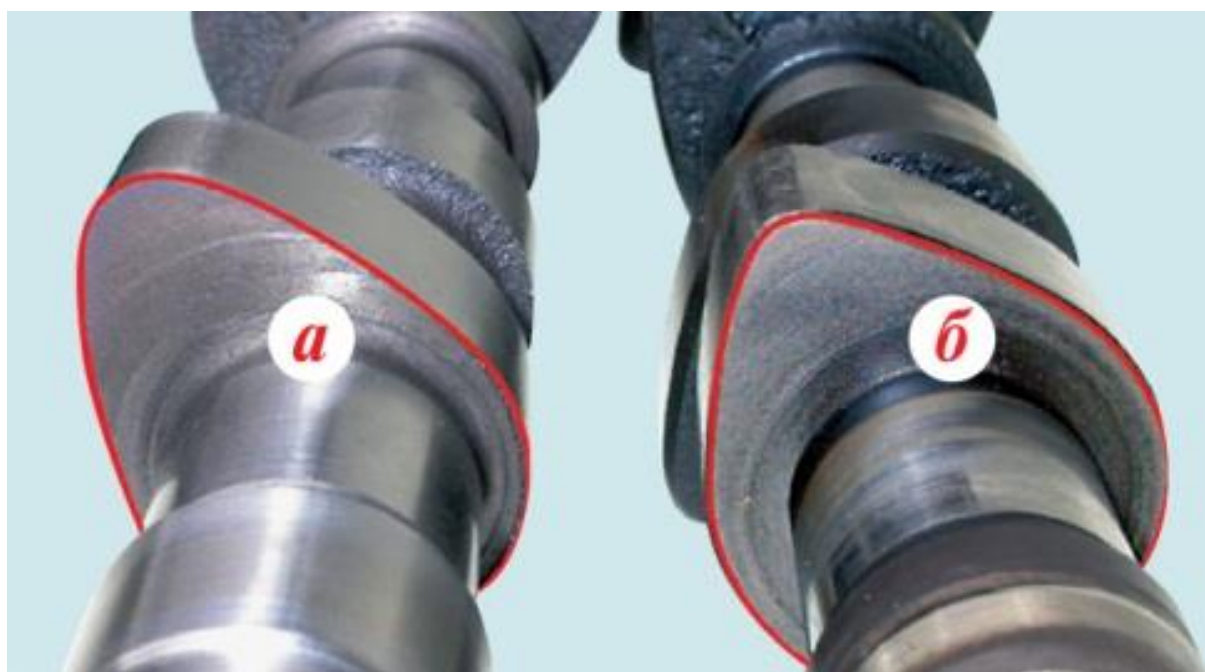


Рисунок 5 – Замена распределительного вала: спортивная (а) и серийная (б) версии

В систему охлаждения двигателя встроен термостат, позволяющий двигателю быстро прогреваться, за счет отключения циркуляции охлаждающей жидкости через радиатор. Термостат устроен так, что он открывается при достижении установленной рабочей температуры, различной в зависимости от требований системы охлаждения. Хотя, разумеется, не существует возможности изменения температуры открытия или закрытия установленного термостата, но есть возможность заменить термостат на другой, открывающийся при более низкой температуре. Другой

метод - просверлить отверстие в корпусе термостата для увеличения прохождения через термостат охлаждающей жидкости при открытом положении термостата, и позволяющей проходить через термостат некоторой части охлаждающей жидкости при низкой температуре. Заметьте, что даже самая лучшая охлаждающая система в мире не позволит работать двигателю с температурой ниже той, чем температура открытия термостата.

Если хотите снизить температуру двигателя во время медленного движения по городу, или при нахождении в уличных пробках, за счёт увеличения воздушного потока, проходящего через радиатор, лучший способ решения этой проблемы - установка более эффективного вентилятора. В одном случае более эффективен увеличенный вентилятор, в другом - имеющий большее количество лопастей.

В дополнение, если вентилятор двигателя полностью обеспечивает необходимый поток воздуха во время движения в пробках в городе, то во время движения с нормальной или высокой скоростью он практически не работает, так как набегающий поток воздуха, проходящий через радиатор, достаточен для охлаждения. Если же вы имеете проблемы с охлаждением во время движения с большой скоростью, требуется решить эту проблему за счёт увеличения размера радиатора, а не за счёт увеличения размера вентилятора. Но такие рассуждения могут привести к мысли, а зачем вообще задумываться о замене вентилятора?

Конечно, если на машине уже установлен электрический вентилятор, или любой другой вентилятор с отключаемой муфтой, но температура во время плотного городского движения поднимается, возможна, необходима установка второго электрического вентилятора, или возможна установка одного вентилятора увеличенного размера.

Система смазки двигателя и охлаждение масла. Чем большую мощность выдаёт конкретный двигатель, тем больше тепла он выделяет, это явление также справедливо по отношению к оборотам, на которых работает двигатель, если двигатель работает на оборотах выше стандартных

(обороты выше установленного предела, который был определён при конструировании двигателя). Поскольку часть этого тепла, например, выделяемого поверхностями подшипников, абсорбируется маслом, масло нагревается, в результате чего уменьшается прочность изолирующей плёнки. Если этот процесс будет продолжаться - наступит такой момент, когда масло не сможет противостоять соприкосновению двух металлических трущихся поверхностей, и в этом месте может произойти задир металла.

Для определения порога температуры, при которой прочность изолирующей плёнки может оказаться недостаточной, необходимо измерять эту температуру. Без указателя температуры масла очень тяжело, но не невозможно, определить рабочую температуру масла в системе смазки двигателя. Использование индикаторных температурных полосок - один из альтернативных методов измерения температуры масла.

Альтернативой охлаждаемому воздухом масляному радиатору может служить масляный радиатор с жидкостным охлаждением. К преимуществу радиатора данного типа можно отнести то, что он не требует места установки в набегающем потоке воздуха. К недостаткам можно отнести его стоимость: он, приблизительно, в три раза дороже соответствующего радиатора, охлаждаемого воздухом. Если установили масляный радиатор этого типа, поскольку установка обычного радиатора на автомобиле затруднена, убедитесь в способности радиатора системы охлаждения справиться с возросшей тепловой-нагрузкой.

И конечно всегда есть альтернатива - установка отдельного масляного фильтра. Если произвели замену двигателя на автомобиле, вполне может случиться так, что масляный фильтр нового двигателя может оказаться в неподходящем месте, например, в том месте, где должен быть расположен реечный рулевой механизм. Решить эту проблему можно установкой отдельного масляного фильтра, установив его в том месте, где для этого есть свободное пространство. При установке отдельного фильтра, для уменьшения падения давления масла, старайтесь сделать соединительные

шланги как можно короче и надёжно их закрепите, исключив любую возможность истирания шлангов.

Масляный поддон двигателя является резервуаром для хранения масла. Через маслоприёмник масло засасывается из поддона масляным насосом, проходит через масляный фильтр, и под давлением поступает к поверхностям подшипников через масляные каналы в блоке цилиндров и головке блока цилиндров (эти основные каналы чаще называют масляными магистралями) и через каналы, просверленные в коленчатом валу.

Рассматривая систему с мокрым картером необходимо выяснить, что происходит с маслом в поддоне во время работы двигателя. Масло, закаченное масляным насосом, стекает назад, а коленчатый вал, вращающийся с большой скоростью, постоянно разбрызгивает масло. Учитывая эти факты, можно сказать, что коленчатый вал постоянно вращается в масляной взвеси, на что тратиться некоторая часть мощности двигателя. Решением вопроса устранения потери этой мощности является установка сухого масляного картера, или установка поддона, рассчитанного на эффективное уменьшение сопротивления. Задача такого поддона - это изолирование коленчатого вала от резервуара с маслом.

Если уровень масла низкий, а инерционные силы значительные, масляный насос может засосать только воздух, появляющееся в результате этого масляное голодание приведет к повреждению подшипников, которое, разумеется, вызовет отказ двигателя (если подшипник заклинит). Один из способов предотвращения развития этой цепочки неприятностей – установка дефлектора в масляном поддоне.

2.2. Доработка систем питания

Для эффективной работы двигателя важное значение имеют процессы смесеобразования, наполнения и очистки цилиндров, а соответственно, и системы, которые это обеспечивают.

Как отмечает Даниэл Степлтон, в любом двигателе топливо может попасть в камеру сгорания только двумя известными способами - при помощи карбюратора или при помощи системы впрыска. При увеличении мощности за счет модернизации систем питания, следует ориентироваться на 10 основных принципов:

1. Подберите воздушный фильтр с уменьшенным воздушным сопротивлением (например, K&N) с забором воздуха из наиболее холодного места под капотом или снаружи.

2. Проведите настройку двигателя и автомобиля на динамометре с беговыми барабанами.

3. Установите впускные раструбы, если они ещё не установлены.

4. Установите специально подготовленный впускной коллектор, предварительно обработав его внутренние поверхности.

5. Установите специально подготовленный карбюратор, соответствующий по размерам стандартному.

6. Установите специально подготовленный карбюратор большего размера, если его установка позволит увеличить мощность двигателя.

7. Установите систему впрыска с клапаном увеличения мощности.

8. Установите 5-ю топливную форсунку, дублирующие форсунки или специально подготовленный корпус дроссельной заслонки с впрыском топлива.

9. Убедитесь, что внутренний диаметр топливопроводов соответствует производительности топливного насоса.

10. Рассмотрите возможность применения закиси азота или применения специального топлива на основе спирта.

На первый взгляд нет причин говорить, что воздушный фильтр и детали его крепления и соединения могут быть причиной неудовлетворительной работы двигателя, да и на самом деле часто это действительно так. Поскольку мощность двигателя напрямую зависит от того, как много воздуха поступило в двигатель. Уменьшение сопротивления

воздушного фильтра в паре с соответствующим увеличением подачи топлива, необходимого для поддержания необходимой пропорции топливовоздушной смеси приводит к увеличению мощности двигателя. Какой бы тип фильтра, и какого бы производителя не выбрали, фильтр не должен мешать применению воздушного ресивера.

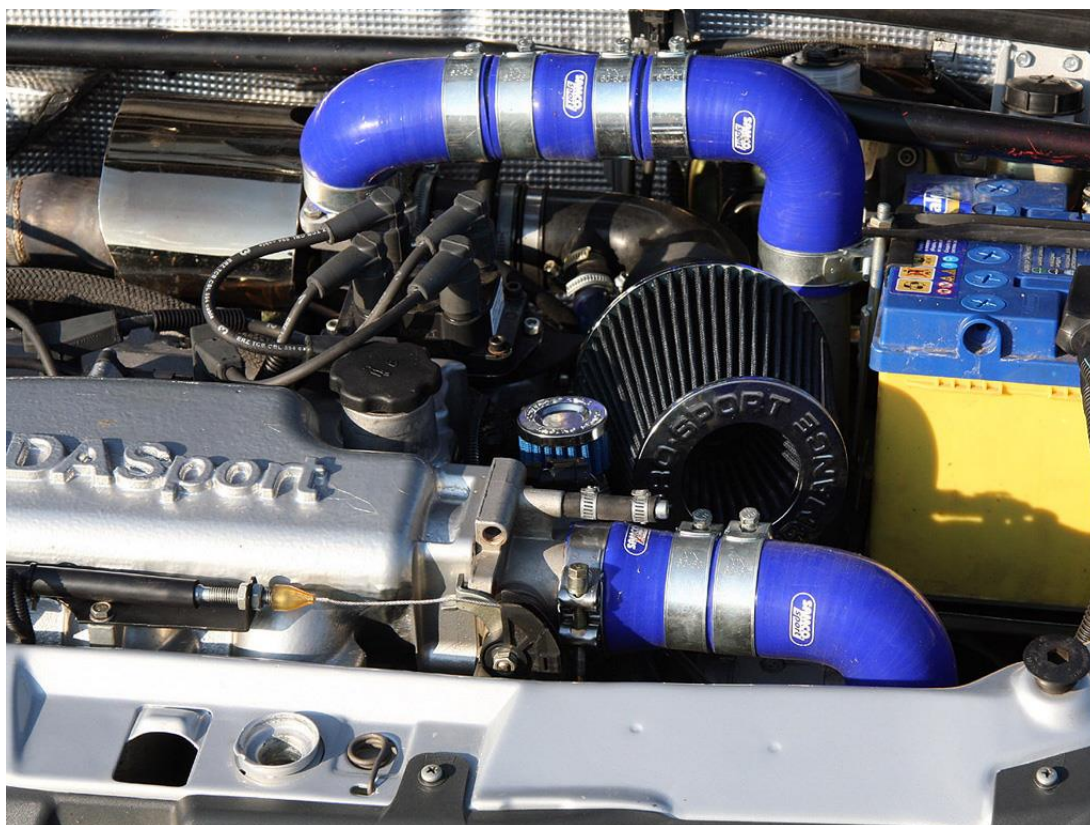


Рисунок 6 – Воздушный фильтр «нулевого» сопротивления

Другим важным параметром при подборе воздушных раструбов является их длина. Рассматривая длину воздушного раструба, в соотношении с общей длиной впускного тракта, необходимо рассмотреть два наиболее общих правила - короткие раструбы предпочтительнее длинных на высоких оборотах, но длинные обеспечивают быстрое нарастание мощности. Но на большинстве быстрых дорожных автомобилях необходимо найти компромисс между длиной раструбов и наличием места для их размещения.

Различие между системой впрыска топлива и карбюратором это не различие в применении электроники, а различие в методах распыления топлива в воздухе, поступающем в двигатель. Карбюратор работает на

принципе трубки вентури, и за счет образовавшегося разрежения высасывает топливо из резервуара и через систему распылителей распыляет топливо в воздухе, поступающем в двигатель. Способом тюнинга является установка корпуса дроссельной заслонки с впрыском, независимо оттого, что установили, наиболее распространённые корпуса дроссельных заслонок с боковой установкой или менее распространённые корпуса дроссельных заслонок с вертикальным потоком для впускных коллекторов с индивидуальными каналами. Как и карбюраторы, корпус дроссельной заслонки, требует для установки специального впускного коллектора, хотя многие системы с боковой установкой были специально разработаны для установки на впускные коллекторы. Выпускается, также, несколько типов корпусов дроссельной заслонки, разработанных специально для установки непосредственно на головку цилиндров.

Для карбюраторного двигателя можно рассмотреть вариант установки системы впрыска топлива, для этого потребуются следующие компоненты: впускной коллектор, корпус дроссельной заслонки, топливная рампа, воздушные раструбы и воздушные фильтры, датчик положения дроссельной заслонки, топливные форсунки, топливный насос высокого давления и соединительные фитинги, и электронный блок управления (ЭБУ, или ECU). Всё это стоит достаточно дорого, что является главным недостатком системы впрыска топлива по сравнению со специально подготовленным карбюратором.

На двигателях с системой впрыска есть возможность увеличения мощности на средних оборотах при помощи установки топливного клапана мощности. Этот клапан увеличивает давление в топливной рампе по сравнению с давлением в стандартной системе впрыска.

Стандартный топливный насос автомобиля не в состоянии обеспечить более чем среднее увеличение мощности двигателя, следовательно, потребность в топливе, и это при условии, что насос в полной исправности.

Для спортивных автомобилей как вид тюнинга может быть применение закиси азота. Применение нитрогена увеличивает мощность двигателя, но особенно сильно увеличивается крутящий момент и, в соответствии с этими изменениями, происходит улучшение двух факторов динамики автомобиля - ускорения и максимальной скорости. Но есть и небольшое ухудшение двух других факторов динамики автомобиля, замедления и скорости в повороте, так как установка дополнительного оборудования увеличивает вес автомобиля, но поскольку большая часть увеличения веса, это вес баллона, на балансировку автомобиля, этот вес практически не оказывает влияния.



Рисунок 7 – Комплект для впрыска закиси азота

Двигатель производит энергию за счёт управляемого сгорания в нём смеси воздуха и топлива (бензина, дизельного или спиртового топлива). Воздух, смешиваемый с топливом, содержит в себе приблизительно 20% кислорода, и именно кислород содержащийся в воздухе обеспечивает

сгорание топлива. Нитрос (оксид азота - N_2O) это газ, содержащий в себе приблизительно в два раза больший процент кислорода (36%), чем обычный воздух. Когда нитрос подаётся в дополнение к воздуху, участвующему в процессе горения, необходимо увеличить количество топлива, подаваемого в цилиндры двигателя пропорционально увеличению поступления кислорода.

«Мокрые» нитрос-системы, это системы, в которых топливо и нитрос впрыскиваются вместе через один инжектор, несмотря на то, что подача и топлива и нитроса управляются отдельными электромагнитными клапанами. Обычно общий инжектор устанавливается в ресивер, установленный перед впускным коллектором.

Наддув. Поскольку двигатель выдаёт мощность в удобном диапазоне оборотов, от низких до средних, не ощущается потери в гибкости двигателя, пока не начинаются попытки достижения ещё большей мощности. Улучшения характеристик двигателя связанные с установкой наддува очень полезны для дорожного автомобиля. Применение турбонаддува имеет ещё одно практическое преимущество перед многими другими способами тюнинга двигателя, включая применение механического нагнетателя, заключающееся в том, что это применение действительно уменьшает шумность работы двигателя, что очень полезно для дорожного автомобиля.

Но необходимо учитывать, что каждая установка турбокомпрессора или механического нагнетателя увеличивает вес автомобиля, что соответственно должно ухудшать три основных фактора динамики автомобиля. Но, в действительности, преимущество прироста мощности превышает потери от увеличения веса, поэтому, несмотря на прирост веса, ускорение и максимальная скорость автомобиля увеличиваются, но ухудшается динамика автомобиля в повороте, и увеличивается тормозной путь.

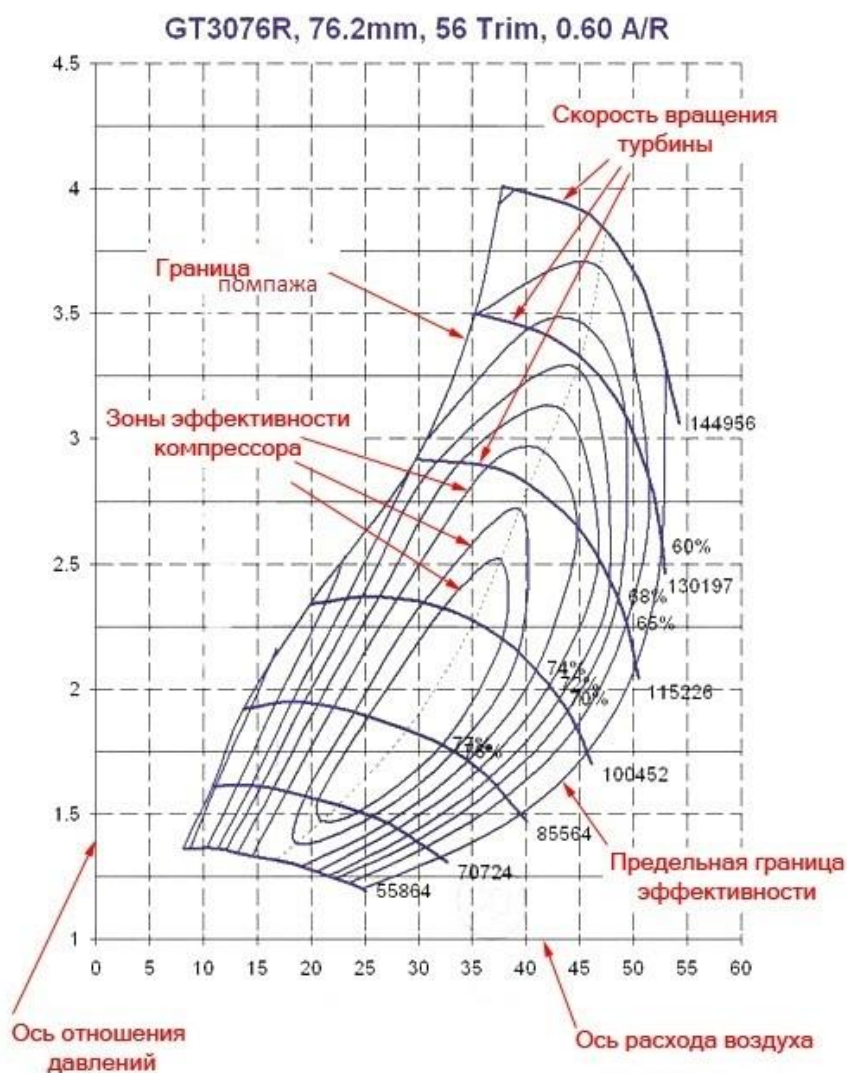


Рисунок 8 – Карта наддува турбокомпрессора

На первый взгляд между атмосферным двигателем и двигателем такой же модели с наддувом нет никакой разницы, разумеется, кроме наличия самого агрегата наддува. При таком рассмотрении, кроме снижения степени сжатия двигателя ничего делать не требуется - прикрутил агрегат наддува и дело сделано. Но в действительности не всё так просто, даже не рассматривая наиболее важный вопрос в различии подачи топлива, можно найти много других отличий в конструкции этих двигателей. Не только форма головки блока цилиндров может быть другой, другим может быть и сам блок цилиндров и шатуны, да и все остальные детали двигателя, также, могут быть рассчитаны на другую нагрузку.

Для тюнинга системы выпуска можно сформулировать пять основных мероприятий:

1. Установка прямоточной выпускной системы.
2. Оптимизация диаметров труб выпускной системы.
3. Установка прямоточного выпускного коллектора.
4. Рассмотрение вопроса удаления каталитического нейтрализатора - если это разрешено законодательством (для уменьшения веса и улучшения прохождения газов через систему).
5. Использование специальной ленты для теплоизоляции выпускного коллектора (если можете позволить регулярную замену выпускного коллектора).

Первоначально установленная или заменённая стандартная выпускная система состоит из труб, корпуса глушителя и конечной выпускной трубы. При разработке этой системы во главу угла ставились такие её параметры, как снижение стоимости производства и максимальное снижение шумности, а параметр увеличения мощности имел совсем небольшое значение (в большей части это относится к семейным седанам, хотя и спортивные версии автомобилей, разработанные на их основе, имеют совсем незначительно улучшенную систему выпуска).

Замена стандартной выпускной системы на специально подготовленную версию позволяет поднять мощность двигателя за счёт более эффективного отвода отработавших газов в атмосферу, за счёт чего уменьшается давление газов в выпускной системе. Это часто называется уменьшением противодавления и имеет отношение к общему уменьшению насосных потерь двигателя.

Один из способов понижения сопротивления прохождению газов в специально подготовленных выпускных системах, это увеличение диаметров труб системы. Большой диаметр позволяет большему количеству газов пройти через систему. Но с другой стороны, при продвижении газа через трубу большего диаметра уменьшается скорость движения газа, и чем

больше диаметр трубы, тем больше снижение скорости движения газа. Снижение скорости выпускных газов приводит к некоторому снижению мощности двигателя, поскольку при высокой скорости движения газов, в головке блока цилиндров, возникает процесс продувки, улучшающий наполнение цилиндров свежим зарядом.



Рисунок 9 – Доработка трассы выпуска отработавших газов

И одновременно с приростом мощности обычно ощущается отчётливо слышимый звук спортивной выпускной системы. Необходимо осознавать, что звук выпускных систем некоторых производителей неприятно громкий, и иногда превышает установленные законодательством нормы. И ещё кое-что, на что необходимо обратить внимание при покупке специально подготовленной выпускной системы - дешёвая система может иметь ограниченный срок службы.

Перед принятием решения о каталитическом нейтрализаторе, если он установлен, стоит внимательно рассмотреть как он работает. Каталитический нейтрализатор выглядит как небольшой глушитель выпускной системы. Внутри корпуса нейтрализатора находится блок керамических сот или

спиральный рулон из металлической фольги, внутренняя поверхность которого по площади равна нескольким футбольным полям. Сотовый сердечник имеет алюминиевое покрытие, на которое напылены редкоземельные металлы - платина, родий и палладий, участвующие как катализатор в химических реакциях.

И в заключение рассуждений относительно применения катализатора необходимо отметить, что катализатор значительно тяжелее отрезка трубы подходящего диаметра, на который его можно заменить, и в результате удаления катализатора (если это законно) можно получить значительный выигрыш в весе.

Вопрос дает или нет изоляция выпускного коллектора специальной лентой прирост мощности двигателя (за счёт сохранения высокой температуры отработавших газов) для некоторых спорный. Одни заявляют, что даёт, в то же время другие ссылаются на примеры, когда не даёт. Всегда, при модификации выпускной системы, убеждайтесь в надёжном креплении всех её компонентов, потому что если эти элементы будут повреждены или просто потеряны, придётся нести расходы по покупке новых для замены утерянных.

2.3. Доработка электрической части двигателя

Устойчивая и эффективная работа двигателя невозможна без электрических систем. Продолжительное использование слишком горячих свечей может нанести повреждения двигателю, особенно днищу поршня, и, в конечном счете, приведёт к повреждению двигателя с последующим дорогостоящим ремонтом. Необходимо учитывать, что последовательность чисел, обозначающих тепловую характеристику свечей, отличается в зависимости от производителя. Например, Champion и NGK применяют последовательность в обратном порядке, но некоторые механики не знают об этом.

Высоковольтные провода обладают некоторым электрическим сопротивлением. В основном, на двигатель первоначально устанавливаются провода с углеродным сердечником, они имеют высокое сопротивление и обычно перестают эффективно работать после пробега приблизительно 30000 км. Существуют высоковольтные провода со встроенным конденсатором, позволяющим накапливать энергию, поступающую от катушки зажигания до того, как она будет использована свечей зажигания. При этом искра становится более короткая по времени, но протекает более интенсивно, чем это возможно при использовании обычных высоковольтных проводов.

Катушка зажигания должна иметь возможность накопления достаточной энергии для гарантированного воспламенения топливовоздушной смеси при любом режиме работы двигателя, и хотя обычная катушка вполне обеспечивает надёжную работу стандартного двигателя, обычно её работа не соответствует возросшим требованиям того же двигателя, подвергшегося тюнингу.

Катушке зажигания необходимо некоторое время для повторного накопления энергии, отданной свече, но по мере увеличения скорости вращения двигателя, катушка зажигания имеет всё меньше и меньше времени для накопления энергии, пока не наступит момент, когда катушка не сможет обеспечить свечу зажигания необходимой энергией. Такое состояние часто описывается как «насыщение», но фактически, когда катушка не может полностью зарядиться, при правильном описании можно сказать вернее, что в данном случае насыщение не достигается. И, поэтому, отойдя от терминологии, скажем, что катушка не обеспечивает искру необходимой мощности, потому что она не может это сделать. Если причиной проблемы насыщения не являются неправильная регулировка времени замкнутого состояния контактов или вибрация контактов, катушка требует замены на более мощную.

Иногда высокоэффективные катушки называются «спортивными», как их принято называть при обозначении продукции фирмы Lucas. Но если в схеме с балластным сопротивлением использовать катушку, не предназначенную для использования совместно с балластным сопротивлением, произойдёт просто уменьшение энергии искры.

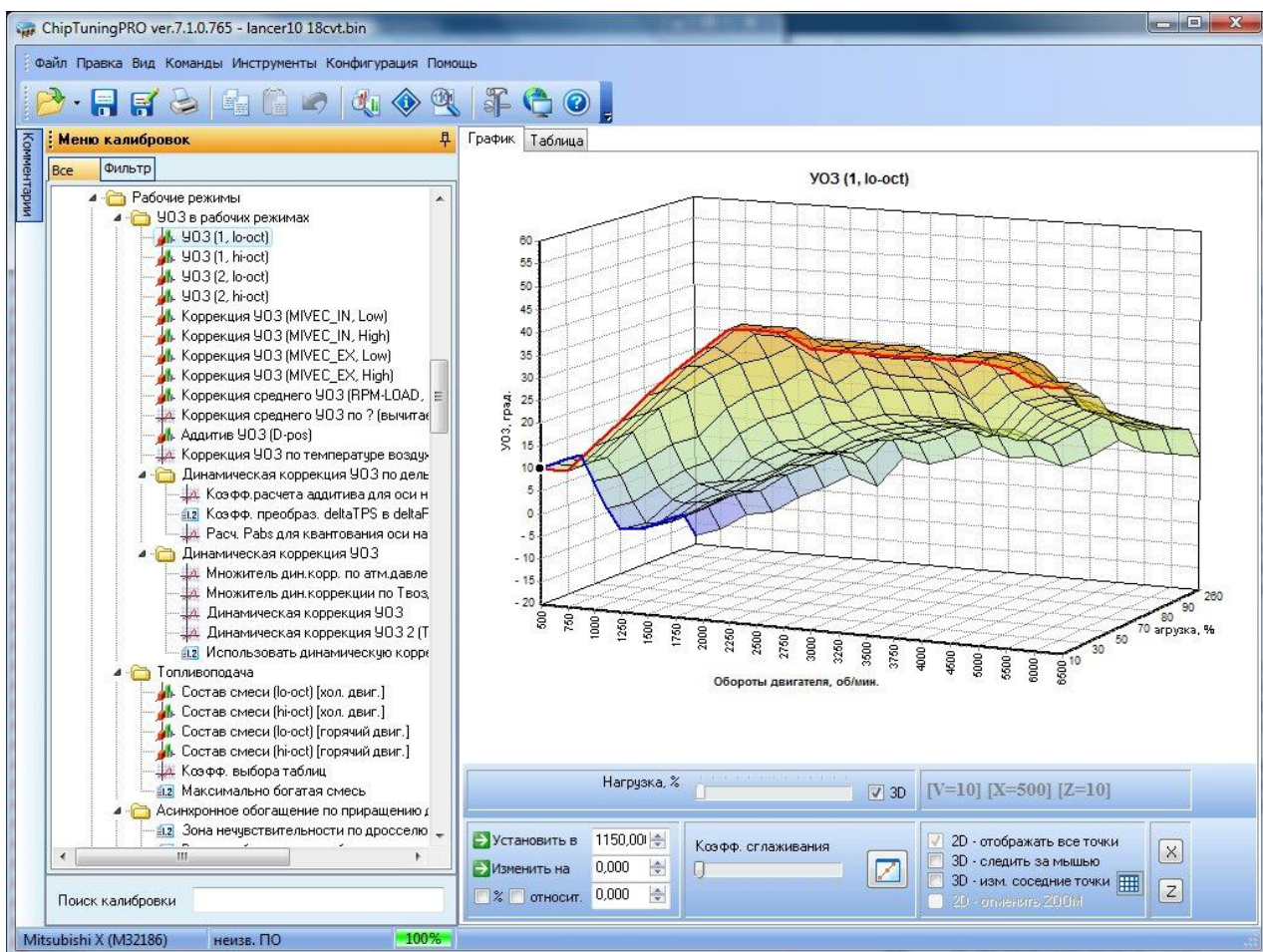


Рисунок 10 – Программа «Чип-тюнер»

Одно из преимуществ высокофорсированного дорожного двигателя, это его возможность работать на более высоких оборотах по сравнению с обычным двигателем. Фактически двигатель имеет такой потенциал по максимальным оборотам, что при интенсивном ускорении на одной из низких передач, первой или второй, двигатель может развить обороты, которые приведут к разрушению двигателя. Превышение допустимых оборотов может привести к повреждению таких важных компонентов двигателя, как поршни, шатуны или болты шатунов, что может привести к

полному разрушению двигателя. К подобному разрушению приведёт и удар поршня по клапану, когда пружина клапана просто не успеет быстро поднять клапан, чтобы убрать его с пути движения поршня. Для решения этой проблемы необходимо установить ограничитель максимальных оборотов.

Также, если на автомобиле установлен атмосферный двигатель (то есть отсутствует турбокомпрессор или механический нагнетатель), то обычно прирост мощности будет не более 10%, а прирост крутящего момента не более 15. Если на двигателе установлен турбокомпрессор-нагнетатель и двигатель имеет электронную систему управления, можно провести чип-тюнинг этого двигателя. Но надо чётко понимать, как это скажется на самом двигателе и на всём силовом узле, особенно необходимо отметить, что обычно мощность двигателя по сравнению с атмосферным двигателем увеличивается в два раза. Также преимуществом чип-тюнинга становится улучшенное реагирование на педаль акселератора.

Дополнительными функциями микропроцессора является ограничение максимальных оборотов двигателя и, если двигатель имеет турбонаддув, управление абсолютным давлением во впускном коллекторе. В действительности, достижение значительного прироста мощности двигателя достигается прошивкой чипа, позволяющего сильно увеличить давление наддува турбированного двигателя, и именно повышение этого давления обеспечивает прирост мощности. Когда чип-тюнинг приводит к сильному увеличению давления наддува, надо помнить, что значительное увеличение крутящего момента и мощности двигателя приведёт к увеличению нагрузок, как на сам двигатель, так и на трансмиссию автомобиля.

2.4 Компоненты для тюнинга двигателя

На современном рынке автомобильных запасных частей можно найти большой ассортимент деталей для тюнинга, в том числе для двигателя.

Наличие приличного ящика с ключами - это только половина условия успешного выполнения работы. При снятии или установке любого агрегата после модификации используйте новые крепёжные детали, болты и гайки. Большинство болтов и гаек, с которыми Вам придётся работать, имеют метрическую или дюймовую резьбу. При отсутствии специального инструмента, определяющего размер резьбы, для определения какая резьба, метрическая или дюймовая, необходимо проверить метку на головке болта. Буква «S», или иногда «A», говорят о том, что резьба дюймовая, а цифры на головке болта, например 8,8, говорят о том, что резьба метрическая. Обратите внимание, что крепёжные элементы, соединяющие картер коробки передач и картер двигателя, часто имеют другие метки, и предназначены для больших усилий. Также необходимо отличать болты с крупной резьбой, предназначенные для вкручивания в материал из алюминиевых сплавов, которые крепче, чем материал, в который они вкручиваются. Другими словами, болт быстрее сорвёт резьбу в детали, в которую он ввертывается, чем произойдёт срезание болта. Крепёжные детали из нержавеющей стали не такие прочные, как из стали с покрытием. При использовании самоконтрящихся гаек с нейлоновой вставкой, помните, что их можно использовать повторно, только если нейлоновая вставка находится в хорошем состоянии. Смажьте резьбу специальным маслом Copperslip или подобным, если нет ограничений для этого.

Стандартные крепёжные изделия поставляются многими фирмами. Наиболее прочные крепёжные изделия и шпильки, которые Вы сможете приобрести, это изделия типа ARP, производства США, которые идеальны для крепления головок блока цилиндров, сцеплений, маховиков, шатунов двигателя и других деталей, требующих прочного соединения (прим. редакции: эти изделия широко распространены не только в США и Англии, но и в России). В Англии они доступны от таких поставщиков запасных частей, как, например, фирма Kent Sams. Пользуйтесь возможностями

интернет - торговли, благодаря которой можно заказать, практически, любую деталь из любой страны.

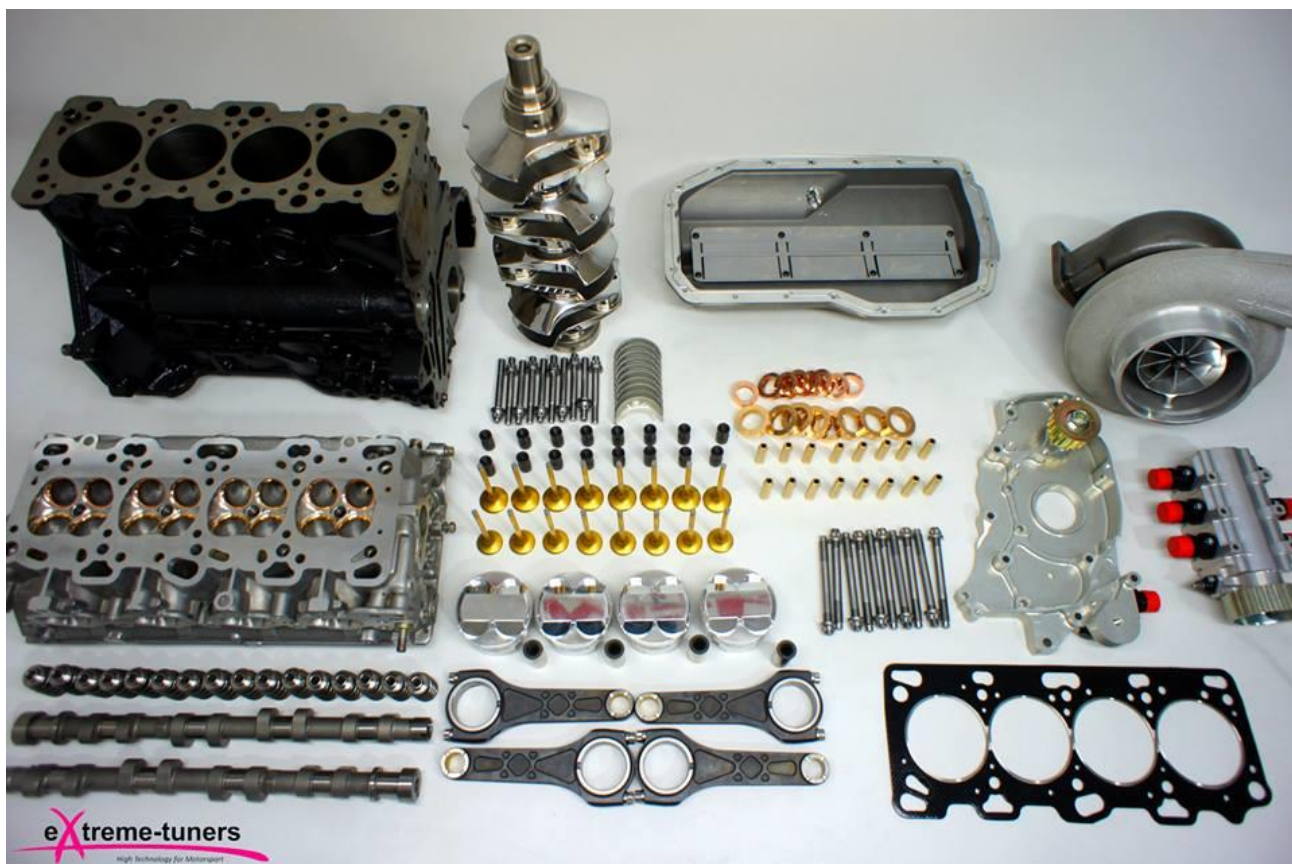


Рисунок 11 – Установочный комплект для тюнинга двигателя

При креплении некоторых агрегатов, где есть ограничения по весу, но нет высоких требований по усилию, Вы можете использовать специальные облегченные резьбовые соединения. Это резьбовые алюминиевые элементы класса AWF, применяемые в аэрокосмической промышленности. Эти крепёжные изделия на 60% легче стальных и имеют усилие на разрыв 35 тонн. Также можно использовать крепёж фирмы AWF из титана марки BT16, который на 45% легче стального.

Титан имеет ещё одно практическое преимущество - эластичность, титановый болт сначала согнётся, прежде чем оторваться. При установке любых облегченных болтов убедитесь, что данное резьбовое соединение не находится под большой нагрузкой. Хорошая идея заменить на облегченные болты крепления механизма стеклоподъёмника, и, возможно, болты

фиксатора замка двери. Но совсем плохая идея заменить болты крепления петель дверей на облегченные.

При рассматривании каталога фитингов фирмы первый раз Вы будете обескуражены от применяемой терминологии. Компания Motorsport Components выпускает специальный каталог, который поможет справиться с трудностями при выборе фитингов.

Система обозначений фирмы Goodridge основана на системе UNF (то же самое, что и JIC) резьба соединительных штуцеров шлангов совпадает с резьбой ответных соединений большинства старых английских автомобилей. За небольшим исключением все эти фитинги, которые Вы собираетесь соединить при установке топливных или масляных шлангов могут иметь различную резьбу - метрическую, BSP или NPTF. Для преодоления этой несовместимости рекомендуется применение адаптеров с обоих концов шланга.

Для определения, какое внутреннее отверстие шланга необходимо, сначала придётся уяснить понятие «dash size», применяемое в каталогах. «Dash size» используется для обозначения внутреннего диаметра шланга и специально разработано для внесения в обозначение детали. Оно обозначает внутренний диаметр в шестнадцатых долях дюйма (1/16"). Например, обозначение -6 или (-06) означает внутренний диаметр шланга (трубки, фитинга), равный $6 \times 1/16" = 6/16" (9,52\text{мм})$.

Хороший инструмент и качественные крепёжные изделия могут показаться излишеством, но они стоят денег, потраченных на них, и тут не стоит экономить. Они могут превратить трудную работу в удовольствие.

3 Организация работ по тюнингу двигателя

3.1 Практика тюнинга двигателя

Технология тюнинга двигателя мало чем отличается от традиционных ремонтных технологий по восстановлению автомобильных агрегатов. Основные этапы – демонтаж, разборка, замена деталей, сборка и установка на автомобиль. Как уже отмечалось, важный шаг – это расточка цилиндров (рисунок 12).



Рисунок 12 – Расточка цилиндра

При необходимости замены двигателя, автомобили классической компоновки, у которых двигатель расположен спереди, а ведущие колёса задние, имеют большие потенциальные возможности. Переднеприводные автомобили имеют значительные ограничения при установке большего по объёму двигателя. Даже установка двигателя увеличенного объёма того же

производителя может вызвать большие затруднения. Если собираетесь заменить двигатель, надо убедиться, что решение основано на полном владении необходимой информацией. Другими словами решайте, какой двигатель действительно хотите иметь вместо двигателя испорченного грубой эксплуатацией. Поскольку это решение, вероятно, заключается в замене двигателя на двигатель большего размера и более мощный, поинтересуйтесь недостатками увеличения нагрузки на переднюю ось, и какие тяжело решаемые проблемы это создаст в управляемости автомобиля.

Очень важно рассмотреть возможности тюнинга заменяемого двигателя, поскольку нет большого смысла установки двигателя V8, объёмом 3,5 литра под капот небольшого автомобиля, поскольку такие автомобили показывают лучшие результаты с двигателем объёмом 2 литра, подвергнутому тюнингу, и имеющему меньше трудностей при установке (автомобиль продавался с этим двигателем), и затраты по тюнингу, возможно, будут меньше. Конечно, в зависимости от типа автомобиля, основным ограничителем при замене двигателя будут размеры подкапотного пространства. Вот почему двигатели V6 и V8 с алюминиевым блоком цилиндров, являющимися относительно короткими, хотя и более широкими, являются распространённой заменой 4-х цилиндровых двигателей с чугунным блоком цилиндров.

При любой замене двигателя можете столкнуться с проблемами с размещением дополнительного оборудования двигателя и других компонентов подкапотного пространства. Одна из таких трудностей, это расположение масляного фильтра двигателя. Существует широкая гамма установочных пластин, позволяющих заменить или переместить штатный масляный фильтр.

Какой бы двигатель не устанавливали на автомобиль, особенно если это – нестандартный двигатель, то обязательно возникнут проблемы с элементами крепления двигателя.

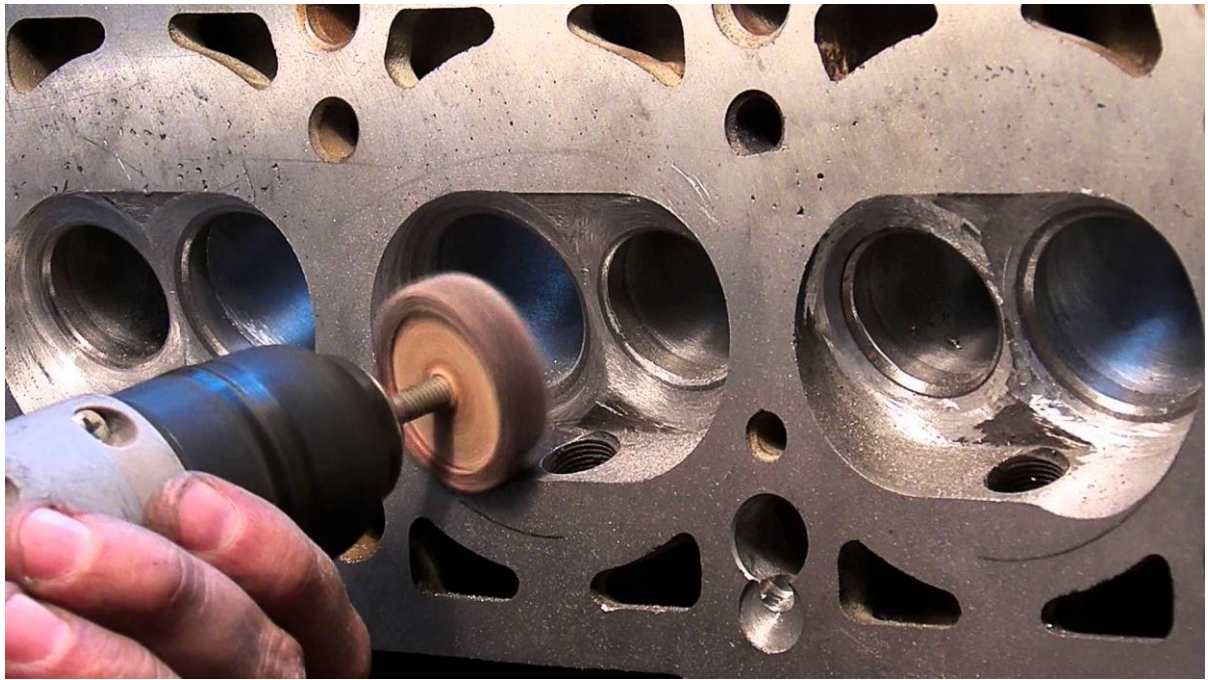


Рисунок 13 – Доработка камеры сгорания

Рассмотрим тюнинг двигателя на примере установки наддува, который может быть либо турбированный, либо механический. Про механический нагнетатель можно сказать, что это просто компрессор. Нагнетатель получает вращение от коленчатого вала двигателя при помощи клинового ремня (ремней) или при помощи зубчатого ремня. Основное преимущество механического нагнетателя перед турбокомпрессором, что прирост дополнительной мощности достигается сразу при нажатии педали акселератора без всяких колебаний и задержек. Другое преимущество – достижение очень высокого давления наддува, в основном, не требующего промежуточного охлаждения воздуха. Недостатки – для привода нагнетателя расходуется некоторая часть мощности двигателя, сам нагнетатель, так же, как и другие элементы, необходимые для его установки, это относится к полному установочному набору, могут быть достаточно дорогими при покупке.

Так же как, и механический нагнетатель, турбонагнетатель можно рассматривать как компрессор, но в действительности имеющий две крыльчатки. Выпускные газы двигателя вращают турбинное колесо на одном

конце общего вала, да другом конце вала вращается компрессорное колесо, сжимающее воздух перед его поступлением в двигатель. Основным преимуществом турбокомпрессора перед механическим нагнетателем является то, что на его привод не расходуется мощность двигателя. А недостатком турбокомпрессора то, что при нажатии на педаль акселератора возникают некоторые колебания, называемые задержкой, перед тем, как турбокомпрессор начнёт работать, и большое выделение тепла в подкапотное пространство двигателя. Перед рассмотрением вопроса, что необходимо сделать для увеличения давления нагнетаемого в двигатель воздуха, необходимо решить какой прирост мощности желаете получить. Считается, что лучше не прикидывать предполагаемый прирост мощности в круглых цифрах лошадиных сил, например, увеличить мощность двигателя на 25л.е., лучше планировать прирост мощности в процентах, например, на 10%. Причина этого в том, что будет легче работать с учётом ограничений других агрегатов, как самого двигателя, так и автомобиля. Например, есть способ значительно легче и, соответственно дешевле, понять, что большое увеличение мощности может привести к поломке сцепления, коробки передач или валов привода, поскольку постоянные поломки этих агрегатов будут досаждают вам. При установке наддува это происходит значительно чаще, чем при других видах тюнинга, по причине увеличения крутящего момента. Это одна из причин, почему производители преднамеренно ограничивают давление наддува на некоторых диапазонах оборотов двигателя.

Тюнинг существующей системы наддува. Если уже приняли решение, какой прирост мощности необходим, следует определить, что ограничивает имеющейся агрегат наддува для достижения требуемой мощности и разработать план работ по достижению желаемой мощности. Опции, которые могут быть использованы для определения очерёдности проведения работ по увеличению мощности, перечислены в двух таблицах, расположенных далее, порядок их расположения в таблице приблизительно соответствует порядку

возможного прироста мощности, но необходимо учесть, что эти таблицы можно использовать только как ориентировочные. Например, это может быть установка эффективного демпферного клапана, который даст улучшение характеристик двигателя (не обязательно увеличение мощности) без ухудшения гибкости двигателя из-за провала, характерного для турбированного двигателя, и это может быть совсем недорогой модификацией. При модификации наддувного двигателя не стоит забывать, что обычные работы по тюнингу двигателя и в данном случае имеют большое значение.

Рассмотрим мероприятия, которые можно применить для тюнинга двигателя с механическим нагнетателем, их три:

1. Увеличение давления наддува (путём увеличения скорости вращения турбокомпрессора или установкой турбокомпрессора большего размера).

2. Установка промежуточного охладителя воздуха (если это возможно) или охладителя топлива (если это возможно).

3. Улучшение поступления в двигатель воздуха за счёт стандартных операций по тюнингу двигателя.

Для двигателя с турбокомпрессором существует пять направлений тюнинга:

1. Увеличение давления наддува (путём установки модернизированного чипа, модернизированного перепускного клапана, или того и другого одновременно).

2. Установка промежуточного охладителя воздуха, или установка охладителя большего размера, любого из двух типов - воздух/воздух или жидкость/воздух.

3. Улучшение поступления в двигатель воздуха за счёт стандартных операций по тюнингу двигателя.

4. Установка эффективного демпферного клапана.

5. Установка модифицированного турбокомпрессора, оптимизированного для установки на двигатель, например, не только увеличенного размера.

Для любого двигателя с наддувом наилегчайший способ получения дополнительной мощности – это увеличение давления наддува.

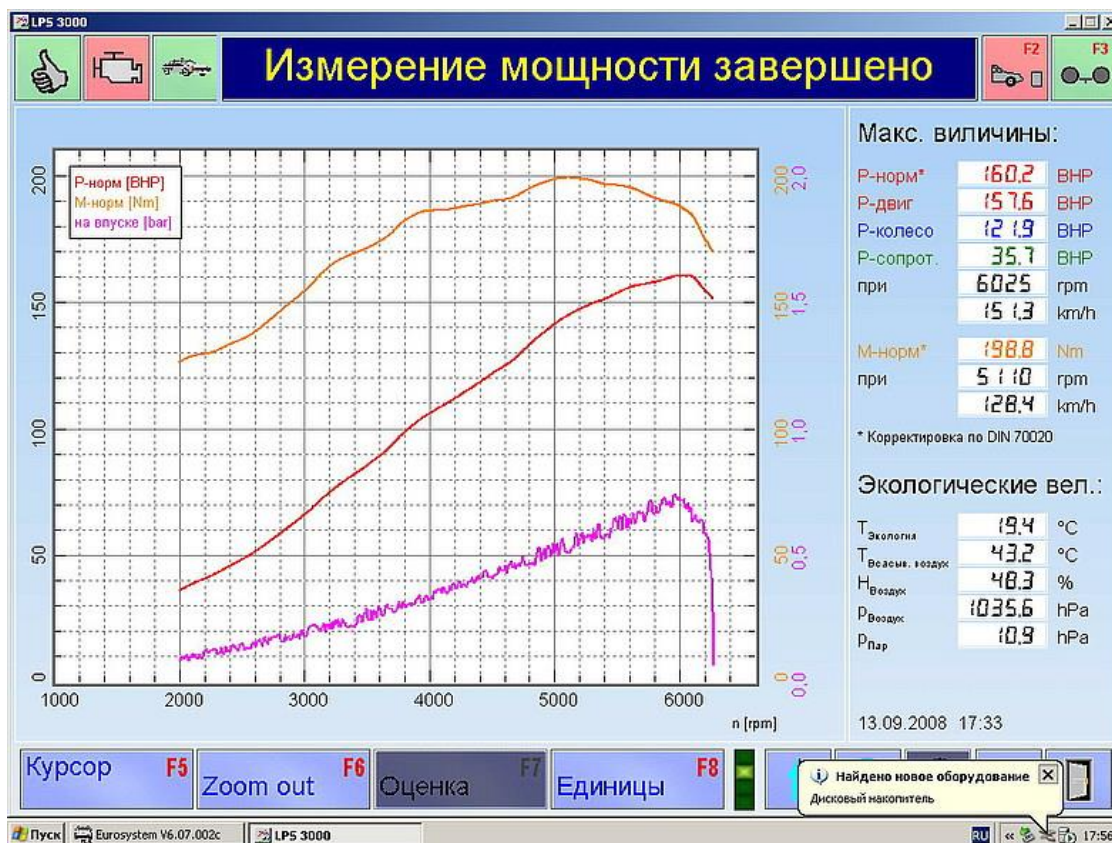


Рисунок 14 – Результаты испытания двигателя после тюнинга

Также, при любой системе наддува имеется несколько факторов, ограничивающих давление наддува. Первый – ограничения байпасного клапана, чаще называемого перепускным клапаном турбины турбокомпрессора. Второй – конструкция и размер самого нагнетателя могут устанавливать некоторые ограничения. Третий – увеличение температуры нагнетаемого воздуха при повышении давления наддува, может свести на нет прирост мощности, который должен быть достигнут за счёт повышения давления, потому, что повышение температуры воздуха ведёт к понижению мощности. Всё это можно преодолеть в следующем порядке: перепускной клапан турбины может быть модифицирован или заменён на другой,

позволяющий достичь большего давления наддува, до начала срабатывания клапана; сам турбокомпрессор может быть заменён на другой, большего размера; может быть улучшено охлаждение воздуха, или установлено охлаждение нагнетаемого воздуха, если этой характеристики не было ранее.

И промежуточное охлаждение, и охлаждение заряда делают одно и то же, но первый передаёт тепло воздуху, а второй передаёт тепло жидкости. Возможно приобретение универсального интеркулера известных производителей, возможно изготовить специальный интеркулер. Тоже относится к установке интеркулера большего размера, чем стандартный.

Наиболее распространённый способ понижения температуры заряда, это установка большого внешнего (по отношению к корпусу автомобиля) воздухозаборника, устанавливаемого для охлаждения нагнетаемого воздуха насколько это возможно.

Одной из наиболее известных проблем применения турбонаддува, это турбо-провал (турбо-яма), время необходимое для раскручивания турбины до скорости, на которой компрессор в состоянии нагнетать воздух. Наиболее ярко турбопровал проявляется при ускорении автомобиля при раскручивании двигателя от низких оборотов до средних. Но что особенно важно, что турбопровал отмечается, хотя и не так сильно, при переключении передач. В этом случае провал возникает из-за резкого подъёма противодействия нагнетаемого воздуха во впускном тракте вызванного закрытием дроссельной заслонки при переключении передач.

В большинстве случаев при установке турбокомпрессора устанавливается демпфирующий клапан, стравливающий излишнее давление, появляющееся при закрытии дроссельной заслонки. Если на двигателе автомобиля с турбонаддувом отсутствует демпфирующий клапан, установка такого клапана будет очень полезна. Если подобный клапан уже установлен, необходимо проверить его правильную работу (негерметичность клапана приведёт к снижению давления наддува), и, возможно, заменить его на новый.

3.2 Оборудование для тюнинга двигателя

Исходя из рассмотренных технологий, можно выбрать необходимое оборудование и специальный инструмент.

При выполнении работ по тюнингу автомобиля, обязательно потребуется набор хорошего инструмента. Но если большая часть бюджета уже потрачена на приобретение необходимых деталей для тюнинга, на приобретение инструмента, денег уже не останется. Хотя лучше помнить, что хороший инструмент исключит разочарование и довольно часто спасёт от бесполезной траты денег, поскольку позволит самостоятельно выполнить многие сложные работы. Если карман не позволяет приобрести сразу полный набор качественного инструмента, постарайтесь приобрести его постепенно. За счёт покупки подержанного качественного инструмента можно сэкономить часть денег.

В зависимости от производителя и года выпуска автомобиля, можете обнаружить, что крепёжные изделия автомобиля будут метрического или дюймового размера. Последнее часто встречается у старых английских автомобилей, но если эти автомобили уже подвергались модификациям, вполне возможно, что часть крепежа имеет метрические размеры, в соответствии с этими наблюдениями и придётся покупать инструменты. Разумеется, что гаечные ключи, отвёртки, торцовые головки лучше приобретать комплектными наборами, а не по отдельности.

При снятии двигателя с автомобиля используйте специальный гидравлический кран-«гусь», но не используйте дешёвые лебёдки. Применение лебёдок очень увеличивает продолжительность времени работы.

Далее даётся список инструмента, который рекомендуется для проведения работ. Он далеко не исчерпывающий, но большая часть, если не весь список, будет необходим время от времени:

- Набор комбинированных гаечных ключей (метрических или дюймовых).
- Набор накидных гаечных ключей.
- Набор рожковых гаечных ключей.
- Ключ для свечей зажигания.
- Специальный ключ для регулировки тормозов.
- Ключ для откручивания сливных пробок масляных поддонов.
- Набор торцевых шестигранников, для откручивания болтов с внутренним шестигранным отверстием.
- Набор плоских щупов (метрических или дюймовых).
- Щётка с металлическим ворсом.
- Набор шлицевых отвёрток.
- Набор крестовых отвёрток (типа Philips).
- Набор специальных фигурных отвёрток (не путать с Philips).
- Ножовка по металлу.
- Плоскогубцы.
- Пассатижи.
- Шприц для смазки (если требуется).
- Динамометрический ключ.
- Набор различных приводов для торцевых ключей с квадратом 1/2 дюйма.
- Ручная струбцина.
- Ударная отвёртка.
- Набор зубил.
- Пробойник.
- Клепальник для отрывных заклёпок.
- Подставки для вывешивания автомобиля.
- Подкатной гаражный домкрат.
- Съёмник шаровых соединений (винтовой).

- Паяльник.
- Мультитестер (12V).
- Тяжелый молоток.
- Ключ трубный.
- Дрель электрическая.
- Стробоскоп.
- Большая монтировка.
- Экстрактор (для высверливания сломленных болтов и шпилек).
- Электрический удлинитель.
- Подходящий инструментальный ящик.

Большинство руководств по ремонту автомобилей дают исчерпывающий список, что можно, и чего нельзя, вот несколько рекомендаций. При откручивании заржавевших резьбовых соединений гораздо эффективней их нагреть при помощи паяльной лампы или паяльника, чем применять проникающие смазки. Но если нет ни паяльной лампы, ни паяльника, а компонент допускает его помещение в духовку кухонной печи, воспользуйтесь кухонной плитой. Также подумайте о новых крепёжных соединениях, прежде чем обламывать старые. Другим решением вопроса по откручиванию заржавевших резьбовых соединений является применение специального гаечного ключа с заклинивающимися губками фирмы «Snap-on», не путайте его с обычными ключами этой фирмы. Этот ключ снимает усилие с замятых граней болта или гайки и передаёт его на уцелевшие плоские грани. При откручивании заржавевших резьбовых соединений это имеет большое значение. Во многих случаях выручает ручная струбцина.

Если приходится работать с инструментом в труднодоступных местах, в которых достать упавший инструмент будет трудно, если вообще возможно, привяжите инструмент тонким шнурком, второй конец которого привяжите к своему запястью.

И последнее, при работе с отдельными агрегатами, по возможности, используйте верстак с установленными на нём тисками, но способ выполнения большинства работ зависит от импровизации. Но любая импровизация, в первую очередь, должна учитывать безопасность.

3.3 Выбор модели стенда для сборки двигателя

Промышленностью выпускается много разновидностей технологического оборудования, поэтому выбор конкретной модели оборудования, - сложная и ответственная задача. Рассмотрим ее решение на примере выбора стенда для сборки двигателя. Методика выбора конкретной марки оборудования обоснована и описана в книге В.С. Малкина «Устройство и эксплуатация технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта» – Тольятти : Издательство ТГУ, 2016. Применим эту методику для выбора оборудования.

«Достоверная оценка качества технологического оборудования может быть произведена только при учете всех групп показателей качества, что требует определенной формализации процесса оценки. Если единичные показатели качества P_i могут быть выражены количественно, то их уровень может быть соотнесен с значением показателя, принятого за базу P_{i0} (обычно это показатель хорошо зарекомендовавшего себя оборудования, в полной мере соответствующего современным требованиям). Когда увеличение абсолютного значения единичного показателя качества приводит к улучшению качества оборудования, уровень показателя выражают отношением $U_i = P_i / P_{i0}$. В противном случае, когда увеличение приводит к ухудшению качества, уровень качества выражают отношением $U_i = P_{i0} / P_i$. Таким образом, улучшение качества всегда приводит к росту уровня качества по рассматриваемому показателю.

После проведения расчетов по всем анализируемым показателям можно составить циклограмму технического уровня оборудования путем

откладывания в определенном масштабе значений уровней на линиях, проведенных из общей точки. На рисунке 1, в качестве примера, приведена циклограмма определения технического уровня двух стендов для балансировки колес легковых автомобилей (стенда *a* и стенда *б*). На линии 1 отложены уровни показателя точности балансировки (γ), на линии 2 - массы станка (кг), и т.д., на линии 8 - требуемой мощности электродвигателем (кВт).

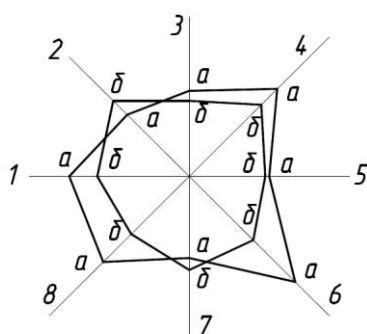


Рисунок 2.1. Пример циклограммы

Из построенной циклограммы видно, что стенд для балансировки колес модели *a* по шести показателям из восьми превосходит стенд модели *б* и имеет существенно большую общую площадь циклограммы. Таким образом, технический уровень стенда *a* выше технического уровня стенда *б*» [6].

Для выбора модели станка для разборки и сборки двигателя предварительно выбраны шесть моделей (рисунок 15). После анализа характеристик с помощью циклограммы определен тот стенд, который в большей степени соответствует предполагаемым работам с современными двигателями.



а) 8.51 Сорокин; б) ЛПН-087 АТС; в) 8.61 Сорокин; г) Т63004 ЕА; д) С10601-2 trommelberg; е) Р776Е Ростов.

Рисунок 15 – Внешний вид модели кантователей двигателя

3.4 Организация участка форсирования двигателей

При организации участка форсирования двигателя можно использовать методику технологического проектирования авторемонтных предприятий или станций технического обслуживания. Применим методику технологического проектирования, описанную в пособии В.Е. Епишкина «Проектирование станций технического обслуживания автомобилей» (Издательство ТГУ, 2016). В нем даются рекомендации по проектированию производственных подразделений основного и вспомогательного производства в СТО.

«Проект каждого производственного подразделения должен содержать следующие пункты:

- назначение подразделения;
- основные виды работ, производимых в подразделении;
- организация работы в подразделении;

- режим работы подразделения;
- расчёт годового объема работ, выполняемых в подразделении;
- определение количества специализированных постов по видам работ;
- определение численности основных производственных рабочих и их квалификации;
- расчёт площади подразделения;
- краткую характеристику основного стационарного технологического оборудования,
- применяемого для выполнения технических воздействий.

Режим работы подразделения выбирается из условия обеспечения непрерывности технологического процесса по ремонту и обслуживанию автомобилей и соблюдения требований трудового законодательства» [4].

Пособие предусматривает наличие в СТО участка тюнинга (спецкомплектации). Пример планировочного решения участка тюнинга автомобилей представлен на рисунке 16.

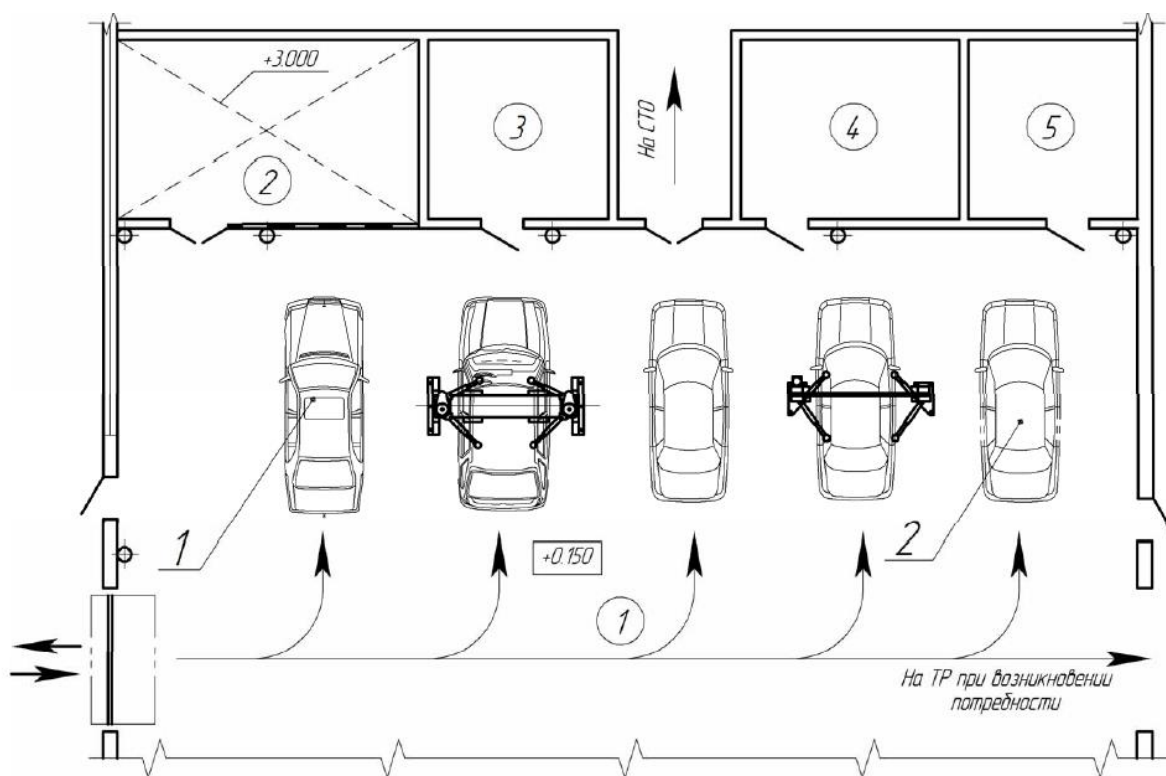


Рисунок 16 –Участок тюнинга (спецкомплектации)

«На участке тюнинга в целях улучшения внешнего вида, комфорта и ходовых качеств автомобиля по требованию клиента или в рамках предпродажной подготовки могут производиться следующие виды работ и услуг:

- улучшение характеристик двигателя (чип-тюнинг ЭСУД, увеличение мощности за счёт турбонаддува, изменения фаз газораспределения и т. д.);

- улучшение характеристик трансмиссии и ходовой части (установка коробок передач с пониженным рядом шестерен, замена главной передачи, установка газовых амортизаторов и колёс повышенного диаметра);

- улучшение характеристик тормозной системы и рулевого управления (установка дисковых тормозных механизмов на обе оси автомобиля, усилителей рулевого механизма и т. д.);

- декоративная отделка интерьера салона автомобиля, повышающая его комфортабельность (установка анатомических сидений, декоративная отделка салона, установка накладок на педали, неоновая подсветка панели приборов, установка охранных комплексов и автосигнализаций, аудиосистем и прочих аксессуаров (электростеклоподъемников, люков и т. д.);

- установка дополнительного оборудования, повышающего безопасность движения (подушки безопасности, ремни с преднатяжителями, системы автомобильной громкой связи «Hands-Free», системы спутниковой навигации, защита картера двигателя и т. д.);

- улучшение внешнего вида автомобиля и придание ему индивидуальности путём тонирования стёкол, установки навесного оборудования (тюнинговых комплектов), новых колёсных дисков, аэрографии, молдингов и т. д.» [4].

Работы по разборке и сборке двигателя производятся в агрегатном отделении.

«Агрегатное отделение предназначено для выполнения комплекса ремонтных операций по двигателям, узлам и агрегатам, демонтированным с автомобилей на участке ТР, а также для восстановления поступивших на СТО агрегатов с целью формирования фонда оборотных агрегатов и последующей продажи отремонтированных запасных частей заинтересованным клиентам» [4].

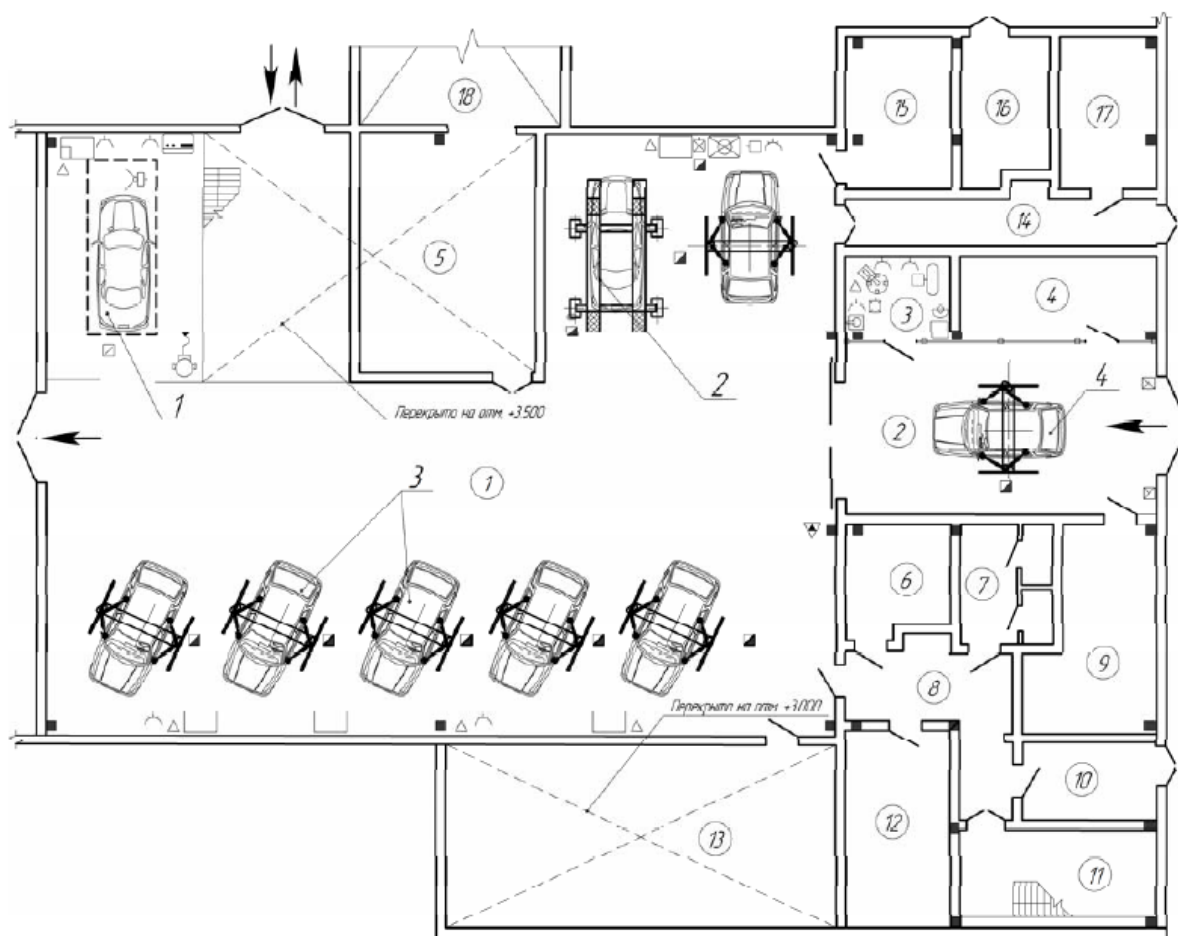


Рисунок 17 – Пример решения для участка комплексного тюнинга

«В состав агрегатного отделения крупных СТО или спецавтоцентров, как правило, включаются следующие обособленные подразделения:

- участок мойки агрегатов;
- участок ремонта агрегатов;
- участок обкатки восстановленных агрегатов.

Площадь обкаточного участка принимается в зависимости от типа и габаритных размеров имеющегося технологического оборудования и коэффициента плотности его расстановки. Предварительно на стадии технологического расчета рекомендуются следующие нормативы: если на участке располагается один стенд – минимальная площадь 18 м², два стенда – 24 м², полный комплект оборудования – 28...30 м²» [4].

Для модернизации и доработки систем двигателя необходимо отделение ремонта приборов системы питания, электротехнических работ.

«Отделение ремонта приборов системы питания, электротехнических и аккумуляторных работ предназначено для обслуживания карбюраторов, топливных насосов, отстойников, топливных и воздушных фильтров, топливопроводов и других приборов системы питания автомобилей, снятых для этой цели на постах ТО и ТР; для проверки технического состояния, заряда и ремонта аккумуляторных батарей; для обслуживания и ремонта приборов электрооборудования автомобилей, неисправность которых не может быть непосредственно устранена на автомобиле.

В отделении могут производиться следующие виды работ и услуг:

- обслуживание и ремонт снятого с автомобиля карбюратора;
- ремонт, проверка и регулировка на стенде топливных насосов высокого давления дизельных автомобилей;
- проверка и чистка (промывка) топливных форсунок;
- ремонт электробензонасосов;
- проверка, обслуживание и замена датчиков и исполнительных механизмов электронной системы управления двигателем;
- ремонт топливопроводов и магистралей системы питания;
- проверка и ремонт стартеров и генераторов (если это предусмотрено заводом-изготовителем);
- проверка технического состояния АКБ, при необходимости её зарядка;

- техническое обслуживание и ремонт газобаллонного оборудования при отсутствии на СТО специализированного участка;
- другие работы по системе питания и электрооборудованию автомобиля;
- проверка и ремонт автомобильной сигнализации.

При организации на участке рабочего места по регулировке топливной аппаратуры применяемое оборудование необходимо размещать в отдельном помещении в связи с высоким уровнем шума и необходимостью обеспечения должного уровня взрывобезопасности» [4].

«При проектировании малых СТО, специализирующихся по маркам автомобилей, для которых в соответствии с предписаниями завода-изготовителя ремонт электрооборудования (стартеров, генераторов, контроллеров, датчиков и т. д.) не производится, а неисправные узлы подлежат списанию и утилизации, замена и мелкосрочный ремонт электрооборудования производится непосредственно на автомобиле на участках ТО и ТР.

При этом выделяются отдельные специализированные посты для топливных и электротехнических работ, оснащённые соответствующим оборудованием» [4].

Заключение

В ходе проведённого исследования рассмотрены особенности доработки двигателя с целью улучшения тяговой динамики легкового автомобиля. Последовательно рассмотрены следующие вопросы:

- Обзор тяговой динамики автомобиля
- Разновидности и устройство современного двигателя
- Методы форсирования двигателя в период эксплуатации (доработка механической и электрической части двигателя, систем питания)
- Компоненты для тюнинга двигателя
- Технология тюнинга двигателя
- Оборудование для тюнинга двигателя
- Организация участка форсирования двигателей

Сделан вывод о том, что для организации работ по тюнингу двигателя достаточно поста ТР для демонтажа и монтажа двигателя, и агрегатного отделения СТО.

Отмечена практическая значимость проведённого исследования, поскольку его результаты помогут организовать тюнинг двигателя с целью улучшения динамики автомобиля.

Список используемых источников

1. Автомобили ВАЗ. Двигатели и их системы. Технология технического обслуживания и ремонта/ В.Л.Смирнов, Ю.С.Прохоров, В.Л.Костенков, В.С.Боюр, П.Н.Христов, В.Е.Климов. – Н.Новгород: АТИС. – 2002. – 83 с.
2. Доронкин В. Г. , Колачева Н. В. Математическое моделирование автомобильного тюнинга // Вектор науки ТГУ, № 3 (41), 2017. – С. 47-53.
3. Доронкин В.Г., Кудинова Г.Э., Курилова А.А. К вопросу эффективности автомобильного тюнинга // Азимут научных исследований: экономика и управление – 2016 г. Том 5 № 4 (17). – С. 140-143.
4. Епишкин, В.Е. Проектирование станций технического обслуживания автомобилей : учеб.-метод. пособие по выполнению курсового проектирования по дисциплине «Проектирование предприятий автомобильного транспорта» / В.Е. Епишкин, А.П. Караченцев, В.Г. Остапец. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2012. – 195 с.
5. Малкин, В.С. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2019 – 62 с.
6. Малкин, В.С. Устройство и эксплуатации технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016 – 451 с.
7. Минаев Е.В. Развитие конструкции автомобильных двигателей / Е.В. Минаев, В.Г. Доронкин // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: сборник статей XIII Международной научно-практической конференции / МНИЦ ПГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2019. – С.130-134
8. Мирошниченко, А.Н. Тюнинг автомобиля : учебное пособие / А.Н. Мирошниченко. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. – 340 с.

9. Сингуринди, Э.Г. Подготовка автомобиля к соревнованиям / Э.Г. Сингуринди. – М. : ДОСААФ, 1976. – 100 с.
10. Скрипник, И. Тюнинг автомобиля своими руками / Игорь Скрипник. – М. : АСТ; Владимир : ВКТ, 2011. – 288 с.
11. Скутнев, В.М. Эксплуатационные свойства автомобиля : учеб. пособие / В.М. Скутнев. – Тольятти : ТГУ, 2011. – 140 с.
12. Степлтон, Д. Динамичный автомобиль: секреты настройки / Д. Степлтон / Перевод с английского. – М. : Легион-Автодата, 2009. – 166 с.
13. Турбин И.В., Доронкин В.Г. Модернизация двигателей ВАЗ в период эксплуатации. Организационно-экономические и технологические проблемы модернизации экономики России: сборник статей VII Международной научно-практической конференции / МНИЦ ПГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – с. 141-145.
14. Тюнинг «Самары». Иллюстрированное руководство. – М. : ООО «Книжное издательство «За рулем», 2007. – 136 с.
15. Тюнинг автомобилей : учебник / В.М. Виноградов, О.В. Храмова. – М. : КНОРУС, 2019. – 194 с.
16. Тюнинг ВАЗ-2110, -2111, -2112. Иллюстрированное руководство. «Своими силами». – М. : ЗАО «КЖИ «За рулем», 2003. – 100 с.
17. Bruce P. Minaker. Fundamentals of Vehicle Dynamics and Modelling. Wiley, 2019 - 218 p.
18. Heywood J.B. Internal Combustion Engines Fundamentals. New York : McGraw-Hill, 1988 - 961 p.
19. Kochenov V.A. Change in Design Features of Tribocouplings of ICE Parts to Increase their Wear Resistance and Durability / Kochenov V.A., Grunin K.E., Kazakov S.S., Doronkin V.G., Danilov D.Yu. // International Journal of Advanced Science and Technology. – Vol. 29, No. 3, (2020) . – pp. 4357 – 4369.
20. Mark Warner, Street Turbocharging: Design, Fabrication, Installation and Tuning. HPBooks, 2006 - 428 p.

21. Reza N. Jazar, *Vehicle Dynamics: Theory and Application*. New York : Springer, 2008 - 998 p.