

УДК 62-9

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ВАЗ-21124

¹Горшкова Т.А., ¹Шевченко С.М., ¹Барабашин И.А., ²Пачурин Г.В., ²Кузьмин Н.А.

¹ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет
им. Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: tatgorrsh@yandex.ru;

²ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева», Нижний Новгород, e-mail: PachurinGV@mail.ru

В России в настоящее время используется достаточно большое количество автомобилей отечественного производства. На фоне постоянно дорожающего топлива активно ведутся работы по повышению эксплуатационных характеристик двигателей внутреннего сгорания при снижении расхода топлива. В работе показана возможность повышения эксплуатационных характеристик двигателя внутреннего сгорания ВАЗ-21124. Целью исследования является модернизация некоторых деталей и узлов ДВС для улучшения эффективности его работы. Степень сжатия двигателя ВАЗ равна 10,3, но для предотвращения нежелательной детонации и правильной работы турбодвигателя требуется степень сжатия не более 8,5. Для достижения необходимых результатов и сохранения прочности деталей ДВС был изготовлен поршень с определенными параметрами, диаметром 82,0 мм с увеличенной на 20 см³ сферической камерой сгорания. В результате установки турбокомпрессора, замены поршневой группы и форсунок мощность конкретного двигателя ВАЗ-21124 выросла на 40%, крутящий момент на 32%, расход топлива снизился на 8%.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, турбокомпрессор, степень сжатия, поршень, мощность двигателя, крутящий момент, расход топлива

IMPROVING THE PERFORMANCE OF THE MOTOR VAZ-21124

¹Gorshkova T.A., ¹Shevchenko S.M., ¹Barabashin I.A., ²Pachurin G.V., ²Kuzmin N.A.

¹FGBOU VPO «Nizhny Novgorod State Pedagogical University. Kozma Minin»,
Nizhny Novgorod, e-mail: tatgorrsh@yandex.ru;

²FGBOU VPO «Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseev»,
Nizhny Novgorod, e-mail: pachuringv@mail.ru

In Russia, is now used quite a number of domestically produced vehicles. Against the background of constantly rising in price of fuel has been actively working to improve the performance of internal combustion engines while reducing fuel consumption. The paper shows the possibility of increasing the performance of the internal combustion engine VAZ-21124. The aim of the study is to upgrade some parts and assemblies engine to improve its performance. The compression ratio of the engine WHA 10,3, but to prevent unwanted detonation and proper operation of the turbo compression ratio requires no more than 8,5. To achieve the desired results and the retention of strength was manufactured parts engine piston with certain parameters, a diameter of 82,0 mm with an increase of 20 cm³ of a spherical combustion chamber. As a result, the turbocharger installation, replacement piston and nozzle, the power of a particular engine VAZ-21124 increased by 40%, the torque by 32%, fuel consumption decreased by 8%.

Keywords: an internal combustion engine, a turbocharger, the compression ratio, piston, engine power, torque, fuel consumption

Современное автомобилестроение стремится к созданию такой модели автомобиля, которая бы удовлетворяла целому ряду условий: высокой мощности, экономичности, комфортности. Крупнейшие мировые производители уже несколько лет идут по пути «Downsizing», т.е. повышают мощность двигателей внутреннего сгорания без увеличения (или с уменьшением) рабочего объема, с сохранением (или понижением) расхода топлива. На фоне постоянно дорожающего топлива активно ведутся работы по повышению эксплуатационных характеристик двигателей внутреннего сгорания [2, 9] при снижении расхода топлива. Анализ рынка автотранспорта показал, что в России используется большое количество автомобилей от-

ечественного производства. Но российские автогиганты в настоящее время не могут предложить покупателям автомобили с похожими двигателями. Метод наддува давно и успешно используется в моторах коммерческого транспорта, но в потребительском секторе таких предложений нет. К тому же рост курса валют в данный момент отрицательно сказывается на ценах автомобилей иностранного производства.

Целью работы является разработка изменений некоторых узлов двигателя внутреннего сгорания для улучшения его эксплуатационных характеристик и эффективности работы на примере конкретного двигателя внутреннего сгорания ВАЗ-21124. Для этого были разработаны

мероприятия по изменению систем работы ДВС ВАЗ-21124 и проведен анализ полученных характеристик после доработок.

Методика проведения исследования

Для улучшения эффективности работы ДВС и его эксплуатационных характеристик путем установки турбокомпрессора необходимо: снизить степень сжатия в ДВС ВАЗ-21124; выбрать турбокомпрессор на основании компрессионной карты; разработать технологическую карту доработок.

Из технических характеристик известно, что степень сжатия данного двигателя равна 10,3. Для предотвращения нежелательной детонации и правильной работы турбодвигателя на относительном давлении до +0,5 атм, на топливе с октановым числом 95, требуется степень сжатия не более 8,5.

В результате детонации в камере сгорания происходят резкие и значительные по величине всплески давления, что приводит к преждевременному износу вкладышей и механическому разрушению поршневой группы [1, 3].

Степень сжатия турбодвигателя влияет на большое количество факторов в общей характеристике автомобиля. Мощность, экономичность, приёмистость, детонационная стойкость – все эти факторы в значительной степени определяются степенью сжатия. Также это влияет на расход топлива и состав отработавших газов. Степень сжатия для турбо-мотора рассчитывается по формуле геометрической степени сжатия атмосферного двигателя и имеет следующий вид:

$$\varepsilon = (V_p + V_B)/V_B,$$

где ε – степень сжатия; V_p – рабочий объём; V_B – объём камеры сгорания.

Преобразовав уравнение, можно получить формулу для вычисления объёма камеры сгорания при известной степени сжатия:

$$V_B = V_{p1}/\varepsilon,$$

где V_{p1} – объём одного цилиндра.

Изменяя степень сжатия двигателя, можно рассчитать объём увеличения камеры сгорания путем вычитания из полученного результата объёма камеры с более высокой степенью сжатия. Полученная разница дает численное значение объёма, на которое необходимо увеличить камеру сгорания. Камера сгорания современного автомобиля спроектирована таким образом, что при достижении поршнем верхней мертвой точки (ВМТ) топливовоздушная смесь вытесняется к центру камеры сгорания, что является самой действенной разработкой, препятствующей детонации.

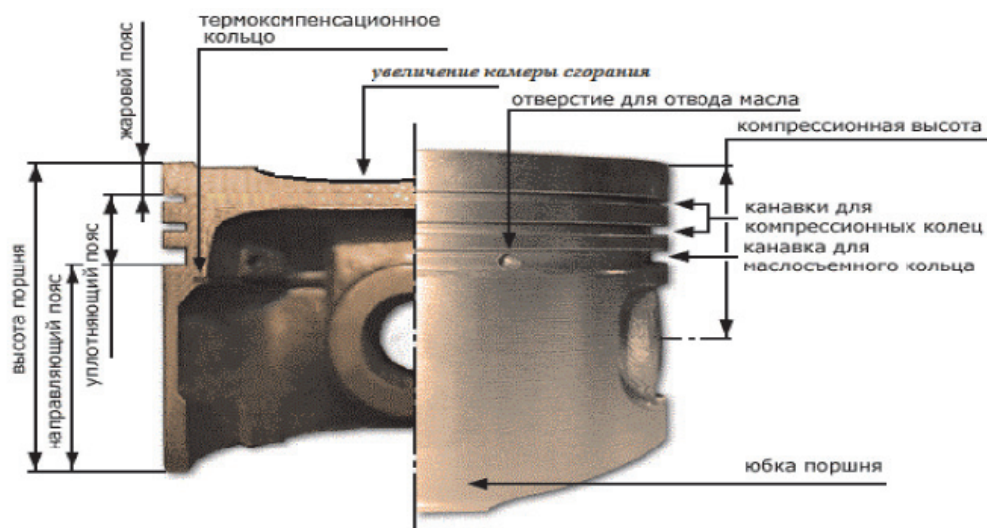
Самостоятельная доработка камеры в головке блока цилиндров (ГБЦ) проблематична, т.к. это может привести к разрушению всего механизма. Также не рекомендуется «разжимать мотор» утолщенными прокладками ГБЦ так как это нарушит процессы вытеснения в камере сгорания. Наиболее простым и правильным, а также относительно дешевым способом считается установка новых поршней, в которых задан необходимый объём камеры. Для турбодвигателя сферическая форма считается наиболее эффективной [5].

Поршень является наиболее важным элементом любого двигателя внутреннего сгорания. Именно на эту деталь выпадает основная нагрузка по преобразованию энергии расширяющихся газов в энергию вращения коленчатого вала. Свойства, которыми должен обладать поршень, трудно достижимы и технически тяжело реализуемы [10, 11].

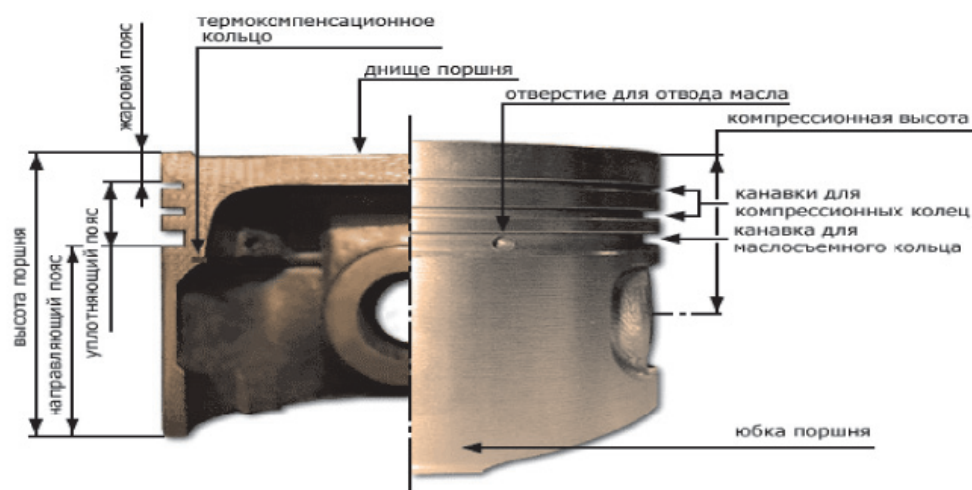
Для достижения необходимых результатов и сохранения прочности деталей ДВС изготовление поршней с нужными параметрами производили на предприятии ООО «ТДМК», много лет занимавшимся разработкой и изготовлением стандартных и спортивных комплектующих для отечественных автомобилей. Исходя из вводных данных – наддув не более 1 атм, СЖ не более 8,5, были изготовлены поршни конструкции ВАЗ 21124, диаметром 82,0 мм, с увеличенной на 20 см³ сферической камерой сгорания и проточками под впускные и выпускные клапана, со стандартной компрессионной высотой – 197,1 мм (рис. 1, а и б) и стандартным коленчатым валом с радиусом кривошипа коленчатого вала/хода поршня – 37,8/75,6 мм. Объём двигателя составляет 1596 см³, а степень сжатия с паронитовой однослойной прокладкой с металлической окантовкой 5 мм ГБЦ – 7,65:1, а при использовании металлической двухслойной прокладки 3 мм – 8,1:1.

При выборе турбокомпрессора необходимо учитывать несколько факторов: широкий диапазон работы в городском движении и движении по пересеченной местности, быстрый отклик, компактность (для установки его без конструктивных изменений кузова) [5, 6, 8].

Изучив имеющиеся предложения, выбор остановили на турбокомпрессоре типа Garrett GT1752-5007s, т.к. его диапазон работы с двигателем объёмом 1,6 литра будет в пределах от 1400 до 6500 об/мин. При этом двигатель будет иметь запас по мощности практически с холостого хода и до срабатывания ограничителя оборотов двигателя. Примерный прирост мощности при относительном давлении до +0,5 атм, может составлять до +40 л.с.



а



б

Рис. 1. Поршень VAZ 21124 (а), поршень VAZ 21124 (турбо)

Методом литья по образцу стандартного выпускного коллектора из чугуна был изготовлен выпускной коллектор для крепления турбокомпрессора Garrett 1752-5005s.

Для изготовления полного механизма были подготовлены следующие детали [4, 7]:

- выпускной коллектор чугунный;
- турбокомпрессор Garrett 1752-5005s;
- комплект поршней турбо (сферическая камера сгорания 20 см³);
- комплект поршневых колец VAZ;
- комплект прокладок ДВС VAZ 21124;
- прокладка между турбиной и коллектором;
- downpipe (приемная труба выхлопной системы);
- фильтр очистки масла;
- армированный шланг маслоподачи, с фитингами;

- шланг подачи тосола для охлаждения турбокомпрессора;

- шланг обратной подачи охлаждающей жидкости для охлаждения турбокомпрессора;
- уплотнительные медные кольца для фитингов;

- трубка маслослива от турбокомпрессора в картер ДВС;

- интеркулер (охладитель сжатого воздуха);
- клапан сброса избыточного давления Bosch;

- силиконовые соединители воздушных магистралей;

- воздухопроводы (универсальные);

- хомуты;

- топливные форсунки Bosch 0280158107 (увеличенной производительности);

- шпильки;

- гайки.

Установка турбокомпрессора, замена поршневой группы и форсунок проводилась на снятом ДВС, который был закреплен на моторном стенде; сборка впускной и выпускной систем производилась непосредственно на автомобиле, что связано с индивидуальной подгонкой деталей.

Готовый двигатель был подвергнут испытаниям на стенде в заводских условиях, при этом измерение мощности происходило с коленчатого вала, а не с колес автомобиля для исключения трансмиссионных потерь.

откалиброван ЭБУ двигателя). Автомобиль проезжал ровно 50 километров по определенному маршруту. Далее автомобиль глушили, сливали остаток топлива и рассчитывали расход топлива на 100 км. Такие действия повторялись несколько раз.

Маршруты были выбраны следующим образом: маршрут проходит по центральной части города, средняя скорость 40 км/ч, пробки – тяжелые условия работы ДВС, обороты близки XX; маршрут

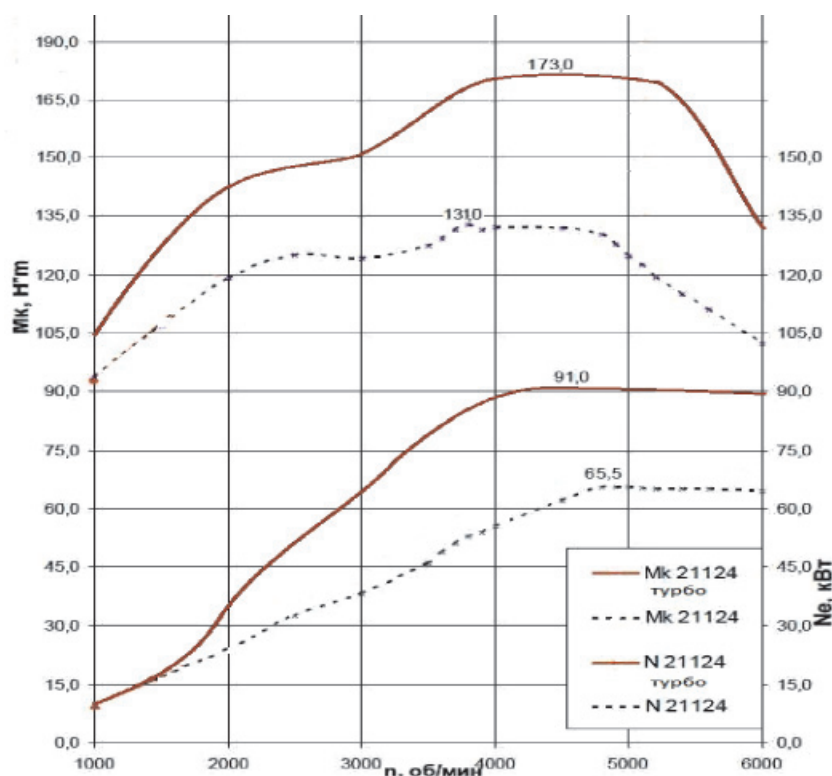


Рис. 2. График мощностей двигателя до и после изменений

Полученные результаты

Получены следующие результаты: крутящий момент – 173,0 Н*м при 4300 об/мин; мощность – 91,0 кВт (124 л.с.) при 4500 об/мин (рис. 2). Такие параметры обеспечивают более плавное управление двигателем, т.к. не требуется поддерживать более высокие обороты для комфортного движения, полученная мощность ДВС позволяет использовать более низкий и более широкий диапазон рабочих оборотов.

После всех произведенных изменений был произведен контрольный замер расхода топлива по следующей схеме.

Из тарированной емкости в бак заливалось 30 литров бензина с октановым числом 95 (так как на такое топливо был

проходит по загородной трассе, низкая загруженность дороги, средняя скорость 90 км/ч – легкая работа ДВС, средние обороты; маршрут охватывает в равной степени, как городские условия движения, так и условия движения по трассе, средняя скорость 65 км/ч.

Были получены следующие результаты расхода топлива: городской цикл – 8,3 л/100 км, загородный цикл – 5,8 л/100 км, смешанный цикл – 6,9 л/100 км.

Расход топлива снизился, т.к. по данным завода-изготовителя расход топлива в городе – 8,9 л/100 км, на трассе – 6,4 л/100 км, на смешанном участке – 7,5 л/100 км. Экономия при длительной эксплуатации на загородных трассах составит 8–10%.

Выводы

Таким образом, предложенные изменения имеют реальное воплощение, при этом мощность конкретного двигателя ВАЗ-21124, полученная после усовершенствования, выросла на 40%, крутящий момент вырос на 32%. Управление мощностью и тягой улучшились за счет более ровной характеристики работы двигателя; расход топлива снизился в среднем на 8%.

Финансовые затраты на реализацию вышеизложенных изменений составляют порядка 40 тыс. рублей, что на фоне разницы предложенных отечественных автомобилей и импортных практически не заметно. К тому же, при долгой эксплуатации автомобиля с доработанным двигателем, экономия по расходу топлива может полностью окупить вложенные в изменения средства.

Список литературы

1. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – М.: Высш. шк., 2008. – 496 с.
2. Кузьмин Н.А., Пачурин Г.В., Кузьмин А.Н. Анализ отложений в автомобильных двигателях // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 226.
3. Курасов В.С. Теория двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие / В.С. Курасов, В.В. Драгуленко, С.М. Сидоренко. – Краснодар, КубГАУ, 2013. – 86 с.
4. Особенности конструкции двигателя в автомобилях ВАЗ 2110-2112. – URL: <http://auto52.net/service/garage/186-osobennosti-konstrukcii-dvigatelya-v-avtomobilyax-vaz-2110-2112.html> (дата обращения 22.01.2015).
5. Основы турбонаддува, часть 1 – URL: http://www.clubturbo.ru/inter/osnovy_turbonadduva_chast_1 (дата обращения 20.01.2015).
6. Основы турбонаддува, часть 2 – URL: http://www.clubturbo.ru/inter/osnovy_turbonadduva_chast_2 (дата обращения 20.01.2015).
7. Основы турбонаддува, часть 3 – URL: http://www.clubturbo.ru/inter/osnovy_turbonadduva_chast_3 (дата обращения 20.01.2015).
8. Патрахальцев, Н.Н. Наддув двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие. – М.: Изд-во РУДН. 2003 – 319 с.
9. Кузьмин Н.А., Пачурин Г.В. Повышение точности моделей теплонапряженности обремененных цилиндров двигателей внутреннего сгорания // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 5–5. – С. 959–963.
10. Кузьмин Н.А. Разработка научных основ обеспечения работоспособности теплонагруженных деталей автомобильных двигателей: дисс. ... д-ра техн. наук / Нижегород-

ский государственный технический университет. – Нижний Новгород, 2006.

11. Кузьмин Н.А. Профилирование головок поршней ДВС // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2006. – № 12. – С. 41.

References

1. Kolchin A.I. Raschet avtomobilnyh i traktornyh dvigatelej / A.I. Kolchin, V.P. Demidov. M.: Vyssh. shk., 2008. 496 p.
2. Kuzmin N.A., Pachurin G.V., Kuzmin A.N. Analiz otlozhenij v avtomobilnyh dvigateljah // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 1. pp. 226.
3. Kurasov V.S. Teorija dvigatelej vnutrennego sgoranija: ucheb. posobie / V.S. Kurasov, V.V. Dragulenko, S.M. Sidorenko. Krasnodar, KubGAU, 2013. 86 p.
4. Osobennosti konstrukcii dvigatelja v avtomobiljah VAZ 2110-2112. URL: <http://auto52.net/service/garage/186-osobennosti-konstrukcii-dvigatelya-v-avtomobilyax-vaz-2110-2112.html> (data obrashhenija 22.01.2015).
5. Osnovy turbonadduva, chast 1 URL: http://www.clubturbo.ru/inter/osnovy_turbonadduva_chast_1 (data obrashhenija 20.01.2015).
6. Osnovy turbonadduva, chast 2 URL: http://www.clubturbo.ru/inter/osnovy_turbonadduva_chast_2 (data obrashhenija 20.01.2015).
7. Osnovy turbonadduva, chast 3 URL: http://www.clubturbo.ru/inter/osnovy_turbonadduva_chast_3 (data obrashhenija 20.01.2015).
8. Patrahaltsev, N.N. Nadduv dvigatelej vnutrennego sgoranija: ucheb. posobie. M.: Izd-vo RUDN. 2003 319 p.
9. Kuzmin N.A., Pachurin G.V. Povyshenie tochnosti modelej teplonaprjazhennosti orebrennyh cilindrov dvigatelej vnutrennego sgoranija // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 5–5. pp. 959–963.
10. Kuzmin N.A. Razrabotka nauchnyh osnov obespechenija rabotosposobnosti teplonagruzhenykh detalej avtomobilnyh dvigatelej: diss. ... d-ra tehn. nauk / Nizhegorodskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet. Nizhnij Novgorod, 2006.
11. Kuzmin N.A. Profilirovanie golovok porshnej DVS // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Mashinostroenie. 2006. no. 12. pp. 41.

Рецензенты:

Панов А.Ю., д.т.н., профессор, директор, Институт промышленных технологий машиностроения, НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород;

Молев Ю.И., д.т.н., профессор кафедры «Строительные и дорожные машины», Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород.