

В. М. Щ е б р о в

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕСУРСА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Заводские и государственные испытания автомобилей дают возможность определить минимальный срок службы узлов и агрегатов, так как такие испытания обычно носят целевой характер и проводятся в жестких условиях. Не менее важно знать «потолок» долговечности конструкций, так как сведения о максимальных сроках службы являются верным ориентиром при оценке качества конструкции и уровня технологии производства, позволяют внедрять новые и своевременно заменять устаревшие рекомендации в отношении содержания и сроков проведения различных операций технического обслуживания, корректировать и изменять в должном направлении инструкции по уходу и эксплуатации. Такие данные могут быть получены только на основании эксплуатации автомобиля при высоком уровне технического обслуживания, а для этого требуются многие годы, поскольку пробег современных автомобилей (по двигателю) до капитального ремонта даже в обычных условиях эксплуатации достигает 170—200 тыс. км.

Запаздывание информации о длительной эксплуатации машин неизбежно, тем не менее ценность ее велика, так как позволяет вскрывать резервы долговечности и использовать полученный опыт при разработке новых моделей.

В данной статье рассматривается опыт эксплуатации автомобиля ГАЗ-20 (двигатель № 129264, шасси № 126651), который был введен в эксплуатацию в мае 1954 г. В 1966 г. двигатель был подвергнут разборке из-за повышенного расхода смазки. Перед разборкой расход топлива и мощностные показатели двигателя были вполне удовлетворительны, хотя общий пробег автомобиля к тому времени составлял 187 218 км без ремонта или замены основных деталей. Во время эксплуатации автомобиля велся журнал учета условий работы машины, что позволило получить распределение пробега в различных дорожных условиях (табл. 1).

Из общего пробега 187 218 км в зимнее время было пройдено 58 415 км по всем видам дорог, за исключением горных. Во всех случаях, кроме пробега в городских условиях, нагрузка машины была полной или близкой к этому.

Первый раз двигатель разбирался через 45 000 км пробега автомобиля. Цель разборки — определение состояния деталей путем микрометража, измерение шероховатости (профилометром) и зазоров. Эта разборка показала, что рабочие поверхности шеек коленчатого вала находятся в отличном состоянии: чистота поверхности — не ниже  $\nabla 9$ , овальность и конусность шеек не были об-

Таблица 1

Состояние до- роги	Пробег, км							
	асфальт равнинный	асфальт пересечен- ный	бульжик	городские дороги	горные дороги	гравийное шоссе	грунтовые дороги	бездо- рожье, грязь
Хорошее	78 902	24 208	10 375	24 925	10 145	5684	4301	—
Плохое	5 720	4 272	6 360	2 021	1 228	4200	1047	3830
Всего	84 622	28 480	16 735	26 946	11 373	9884	5348	3830
Пробег, %	45,3	15,3	8,7	14,4	6,1	5,3	2,9	2,0

наружены микрометром. Во время разборки не производилась замена колец, так как зазоры по высоте между верхними компрессионными кольцами и канавками поршней не превышали 0,08—0,1 мм, а зазоры в замках для тех же колец—0,8—0,9 мм. Был обнаружен несколько неравномерный износ шеек распределительного вала: первая шейка практически не имела износа, вторая была изношена на 0,03—0,04 мм, третья — на 0,06 мм и четвертая — на 0,07—0,08 мм (по сравнению с номиналом). Чистота поверхностей шеек распределительного вала составляла  $\nabla 8$ , рабочих поверхностей цилиндров — не ниже  $\nabla 9$ —10. Осевые люфты коленчатого и распределительного валов были в пределах нормы.

Во время первой разборки были притерты клапаны газораспределительного механизма и заменены шатунные вкладыши новыми нормального размера. Последняя операция была сделана только в целях снижения износа коленчатого вала. Вкладыши коренных подшипников не заменялись. После тщательной прочистки и промывки блока, коленчатого вала и других деталей двигатель был собран и после обкатки на холостом ходу на автомобиле в течение двух часов пущен в эксплуатацию. С тех пор двигатель работал без разборок и ремонтов до общего пробега автомобиля 187 218 км. За этот период были заменены детали и узлы, перечисленные в табл. 2.

После указанного пробега двигатель был снят с автомобиля и подвергнут разборке из-за повышенного расхода масла и снижения давления в системе смазки. При разборке были произведены микрометраж, измерение чистоты поверхностей основных деталей, а также измерение зазоров в сопряжениях: цилиндр — юбка порш-

Таблица 2

Наименование	Число замен	Порядковый номер замены	Пробег автомобиля до замены деталей	Причина замены
Вкладыши шатунные	1	I	45 000	Внедрение абразивных частиц в антифрикционный слой
Водяной насос	1	I	86 000	Трещина в корпусе
Бензиновый насос	1	I	163 000	Коррозия деталей привода, износ диафрагмы
Аккумуляторная батарея	2	I	79 000	Разрушение положительных пластин
		II	142 500	
Термостат	3	I	29 000	Трещина в сальфоне
		II	94 000	
		III	146 000	
Датчик термометра	1	I	61 000	Отказ в работе
Датчик манометра	2	I	38 000	Отказ в работе
		II	154 000	

ня, поршневые кольца — канавки поршня (по высоте), клапан — направляющая втулка, толкатель — отверстие в блоке. Определялись зазоры в замках поршневых колец, осевые зазоры коленчатого и распределительного валов. Чистота поверхностей основных деталей указана в табл. 3, результаты замеров шеек коленчатого вала — в табл. 4, а распределительного вала — в табл. 5.

Таблица 3

Наименование поверхности	Класс шероховатости	Наименование поверхности	Класс шероховатости
Зеркало цилиндра	10	Стержни клапанов	8—9
Шатунные шейки	9	Юбка поршня	7
Коренные шейки	8	Шейки распределительного вала	7—8
Стержни толкателей	9	Кулачки распределительного вала	7

Измерение каждой шатунной и коренной шейки производилось в двух параллельных плоскостях, проходящих на расстоянии 4 мм от края шейки перпендикулярно к ее оси. Неизношенные гребешки на коренных шейках против смазочных канавок вкладышей не

Таблица 4

Номер цилиндра	Коренные				Шатунные			
	I—I	II—II	A—A	B—B	I—I	II—II	A—A	B—B
1	63,85	63,87	63,85	63,87	51,35	51,35	51,37	51,37
2	63,81	63,79	63,82	63,80	51,36	51,35	51,38	51,37
3	63,78	63,81	63,79	63,80	51,36	51,36	51,37	51,38
4	63,86	63,84	63,88	63,85	51,34	51,35	51,37	51,37

позволили выполнить замеры в трех параллельных плоскостях. Замеры I—I и II—II (см. табл. 4) выполнялись в плоскости, проведенной через ось шатунных шеек, а замеры A—A и B—B— в перпендикулярном направлении. Таким образом, разность замеров I—I и A—A (II—II и B—B) дает величину овальности шейки, а разность замеров I—I и II—II (A—A и B—B)— величину конусности. Это относится также к шейкам распределительного вала, у которого замеры I—I и II—II проводились в плоскости, проходящей через отверстия распределительной шестерни, а замеры A—A и B—B— в перпендикулярном направлении.

Таблица 5

Номер шейки	I—I	II—II	A—A	B—B
1	51,96	51,97	51,96	51,97
2	50,83	50,86	50,84	50,84
3	49,81	49,80	49,81	49,81
4	47,74	47,73	47,73	47,74

Как видно из табл. 4, овальность коренных шеек колеблется от 0 (первая шейка) до 0,02 мм (четвертая шейка), а конусность — от 0,02 мм (первая шейка) до 0,03 мм (третья и четвертая шейки). Среди шатунных шеек наименьшую овальность (0,01 мм) имеет третья шейка, а наибольшую (0,03 мм)— четвертая шейка. Конусность шатунных шеек колеблется от 0 (первая шейка) до 0,01 мм (вторая шейка). Износ коренных шеек по диаметру более неравномерен, чем шатунных: от 0,13—0,15 мм (первая коренная шейка) до 0,20—0,21 мм (третья коренная шейка), износ шатунных шеек колеблется от 0,12—0,14 мм (третья шейка) до 0,13—0,15 мм (первая шейка). Величины износа взяты по сравнению с номинальными размерами.

Более значительный и неравномерный износ коренных шеек можно объяснить не только большей нагруженностью второй и третьей шеек, но также абразивным действием частиц, внедрившихся

в антифрикционный слой коренных вкладышей, которые не менялись с начала эксплуатации.

Приведенные данные показывают, что овальность, конусность и чистота поверхности шеек дают возможность даже после больших пробегов (150—200 тыс. км) применять вкладыши эксплуатационных ремонтных размеров без шлифования вала. В данном случае зазоры в подшипниках были бы полностью восстановлены путем применения вкладышей, уменьшенных на 0,10—0,12 мм. Однако таких вкладышей не существует, поэтому при сборке были поставлены вкладыши, уменьшенные на 0,05 мм. Повышенные зазоры, образовавшиеся в шатунных и коренных подшипниках, почти достигают допустимых пределов (0,12 мм). Так как подшипники хорошо работали до замены вкладышей при зазорах 0,2—0,25 мм, то можно рассчитывать на нормальную работу этих сопряжений на протяжении 60—80 тыс. км.

Об износе распределительного вала можно судить из табл. 5. Овальность шеек колеблется от 0 до 0,01 мм, конусность — от 0,01 до 0,03 мм (вторая шейка). Шейки изношены очень неравномерно: первая — на 0,03—0,04 мм; вторая — на 0,14—0,16 мм; третья — на 0,19—0,20 мм; четвертая — на 0,26—0,27 мм.

Таблица 6

Кольца	Зазор в замке, мм				
	Номер цилиндра	1	2	3	4
Компрессионные	I	4,7	4,5	4,3	4,6
	II	4,4	4,2	4,1	4,0
	I	4,3	4,1	4,2	4,8
Маслосъемные	II	4,1	3,7	3,5	3,5

В поршнях больше всего изнашивались канавки под верхние компрессионные кольца — на 0,12—0,15 мм; износ вторых, третьих и четвертых канавок составляет соответственно: 0,08—0,10; 0,05—0,07; 0,03—0,04 мм. Юбки поршней изнашивались на 0,04—0,05 мм, износ отверстий в бобышках незначителен. Износ цилиндров по диаметру на расстоянии 10 мм от верхнего торца составил 0,25—0,30 мм, на расстоянии 50 мм от нижнего торца — 0,05 мм.

О величине износа поршневых колец можно судить по данным табл. 6.

Зазоры в замках измерялись при установке колец по неизношенной поверхности цилиндра. Упругость компрессионных колец уменьшилась незначительно (до 1,8—1,9 кг), а упругость масло-

съемных (1,8—2,0 кг) находилась в пределах нормы. Прорези маслоъемных колец и отверстия для прохода масла в поршнях были полностью закоксованы, чем и объясняется повышенный расход смазки на последних этапах эксплуатации двигателя (маслоъемные кольца перестали выполнять свои функции).

Поршневые пальцы изнашивались равномерно на 0,04 мм в бобышках поршней и втулках шатунов. Зазоры между стержнями клапанов и направляющими втулками (0,12—0,18 мм), а также между стержнями толкателей и отверстиями в блоке (0,06—0,08 мм) были в пределах нормы.

После анализа всех измерений сборка двигателя производилась без расточки цилиндров, шлифования коленчатого и распределительного валов и какого-либо ремонта других деталей. При сборке были поставлены коренные и шатунные вкладыши, уменьшенные на 0,05 мм. В цилиндрах установлены старые поршни. Предварительно на поршнях были проточены по высоте канавки для компрессионных и маслоъемных колец с целью установки новых витых стальных поршневых колец. В соответствии с рекомендациями, приведенными в работе [3, 4], стальные кольца устанавливались в канавки поршня по схеме, представленной на рис. 1. Наиболее трудным в этой операции являлся правильный выбор высоты канавки в поршне, так как от этого зависит посадка комплекта колец. Опыт показал, что для нормальной подвижности комплекта, собранного из четырех колец, высота канавки (вторая сверху, рис. 1) должна быть на 0,3—0,35 мм больше суммарной толщины колец, замеренной перпендикулярно к плоскости кольца. В верхнюю расточенную канавку ставится обычное чугунное кольцо вместе со стальным. Высота верхней канавки на 0,08—0,10 мм больше суммы номинальных размеров этих колец (по высоте).

Повышенный осевой люфт коленчатого вала (0,20 мм) был уменьшен в результате установки латунной фольги толщиной 0,10 мм между задней шайбой упорного подшипника и блоком двигателя.

Значительный износ имел масляный насос: зазор между торцами шестерен и крышкой — 0,22 мм; зазор между зубьями шестерен — 0,35 мм. Торцевой зазор был устранен притиркой корпуса и

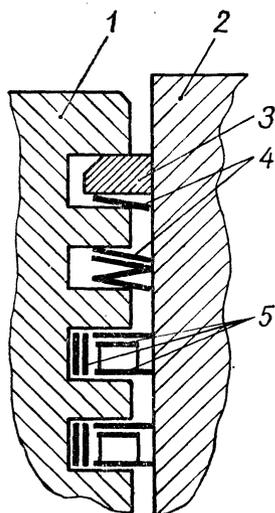


Рис. 1. Установка стальных витых колец:

1 — поршень; 2 — цилиндр;  
3 — чугунное кольцо; 4 —  
компрессионные стальные  
витые кольца; 5 — комплект  
деталей маслоъемного  
кольца

крышки по плите. Зазор между зубьями остался прежним, так как шестерни не заменялись.

После холодной и горячей обкатки (по 2 ч каждая) двигатель обкатывался на автомобиле на протяжении 1500 км пробега. После обкатки расход масла составлял не более 30 г на 100 км, мощность двигателя соответствовала номинальной.

Отмечены следующие дефекты: 1) давление масла на горячем двигателе ( $1,5 \text{ кг/см}^2$ ) несколько ниже нормы. После установки нового масляного насоса давление в системе повысилось до  $1,8—2,0 \text{ кг/см}^2$  при скорости движения 50 км/ч; 2) незначительный стук распределительного вала в подшипниках при запуске холодного двигателя. После прогрева двигателя и повышения оборотов до средних стук исчезает. Стук не опасен, и причиной его следует считать увеличенные зазоры между третьей и четвертой шейками и втулками.

После обкатки пробег двигателя составляет свыше 50 000 км, и можно предполагать, что общий пробег с начала эксплуатации достигает 260—280 тыс. км без ремонта.

На основании опыта эксплуатации, а также учитывая многочисленные сообщения в печати [1, 2, 3, 5], можно сделать следующие выводы.

1. Отечественные автомобильные двигатели имеют значительные резервы долговечности. Если пробег двигателей типа ГАЗ-20 может быть доведен до 260—280 тыс. км без ремонта и замены основных деталей, то вполне реально ожидать от более совершенных двигателей типа ГАЗ-21, ГАЗ-24, ЗИЛ-130 пробега 350—400 тыс. км до капитального ремонта.

2. Основными предпосылками для полной реализации ресурса двигателя являются: высокий уровень технического обслуживания, мастерство водителей и обязательное выполнение ряда профилактических мероприятий, к которым относится, например, замена коренных и шатунных вкладышей через 40—50 тыс. км пробега. Необходимость этой операции вызывается не износом двигателей, а стремлением повысить долговечность вала, так как рабочие поверхности старых вкладышей в период обкатки и приработки насыщаются абразивными частицами и металлической пылью. Установка новых вкладышей нормальных размеров позволяет не только значительно (на 40—50%) снизить общий износ и сохранить чистоту поверхности шеек, но и уменьшить неравномерность износа.

3. В условиях нормальной эксплуатации овальность и конусность шеек коленчатого вала незначительны и не превышают 0,02—0,03 мм при общем износе шеек 0,15—0,20 мм после пробега 180—190 тыс. км. Чистота поверхности шеек за это время почти не изменяется, если нормальные вкладыши заменить тоже нормальными после пробега 40—50 тыс. км.

4. Увеличение зазоров в подшипниках коленчатого вала до 0,3 мм не вызывает появления стуков или других отклонений от нормальной работы при правильном подборе смазочных масел. Указанные в различных источниках максимально допустимые зазоры (0,12 мм) для этого сопряжения сильно занижены и приводят к сокращению ресурса двигателей.

5. Высокая чистота поверхности и незначительные овальность и конусность шеек позволяют восстановить начальный зазор в подшипниках даже при большом общем износе шеек (0,15—0,20 мм) путем установки вкладышей, уменьшенных по диаметру на 0,10—0,15 мм. Такие вкладыши могут быть изготовлены путем расточки вкладышей первого ремонтного размера, в том числе бывших в употреблении, но не дефектных.

Целесообразность выпуска указанных вкладышей промышленностью следует обосновать более обширными исследованиями.

6. Детали цилиндра-поршневой группы двигателей типа ГАЗ-20, ГАЗ-21 могут работать без замены на протяжении 180—200 тыс. км пробега. Следует считать неправильными встречающиеся в различных источниках указания о необходимости замены поршневых колец и даже поршней после регламентированного пробега (40—50 или 80—90 тыс. км). Опыт позволяет считать целесообразной первую разборку поршневой группы через 80—100 тыс. км пробега автомобиля. Цель разборки — очистка поршневых колец и поршней от нагара, кокса и отложений. Вторую разборку поршневой группы следует производить, когда расход масла значительно увеличится (обычно через 160—180 тыс. км). Во время этой разборки проверяют состояние поршневых колец и при необходимости их заменяют — ставят стальные витые кольца, пользуясь рекомендациями работы [4]. Поршни не следует менять до капитального ремонта.

7. Большое влияние на долговечность двигателя оказывает правильный выбор смазочных масел. При снижении давления масла износ деталей двигателя прогрессирует. В свою очередь величина давления масла является функцией износа подшипников двигателя, деталей масляного насоса и других факторов. Как известно из гидродинамической теории смазки, минимальная толщина слоя смазки в подшипнике, работающем при жидкостном трении, находится в прямой зависимости от вязкости масла и в обратной — от зазора в сопряжении. Во всех расчетах зазор в сопряжении считают постоянной величиной. В действительности зазор изменяется в значительных пределах (в 5—6 раз). Поэтому масла, рекомендованные для данного двигателя, имеют оптимальную вязкость только на определенном этапе эксплуатации. Минимальная толщина слоя смазки, необходимая для жидкостного трения, может быть сохранена только путем компенсации возросшего зазора соответствующим увеличением вязкости масла (при прочих равных усло-

виях). Из этого следует, что с износом двигателя надо менять сорта смазочных масел, постепенно повышая их вязкость.

В технической литературе отсутствуют рекомендации правильного научно обоснованного подбора смазочных масел определенной вязкости для двигателей с различными степенями износа. Эксплуатационники иногда применяют масла повышенной вязкости для изношенных двигателей, но подбор масел или смеси масел делается «на глазок». Между тем правильным подбором вязкости масел можно значительно (на 60—80%) повысить срок службы основных деталей двигателя.

Необходимы дальнейшие исследования по определению оптимальных вязкостей масел для двигателей с различными степенями износа.

8. Существенное влияние на износ двигателя оказывают износ и снижение производительности масляного насоса. Этот недостаток может быть устранен путем периодической замены масляного насоса. Конструктивно этот вопрос можно решить, установив на двигателе насос повышенной производительности с регулируемым сливным клапаном. В этом случае необходимо предусмотреть возможность регулировки давления в системе смазки на работающем двигателе без разборки каких-либо узлов.

### Л и т е р а т у р а

1. Бондарь П. Итоги эксплуатации автомобилей ЗИЛ-130. «Автомобильный транспорт», 1967, № 8.
2. Зарубин А. Ресурс двигателя и его использование. «Автомобильный транспорт», 1967, № 4.
3. Пономарев В. Итоги эксплуатации двигателей ЗИЛ-130. «Автомобильный транспорт», 1966, № 7.
4. Чанчаев А., Коган Ю., Наумов С., Зорин А. Стальные витые поршневые кольца. «Автомобильный транспорт», 1965, № 4.
5. Чередниченко П., Песенко А. О сроках службы поршневых колец. «Автомобильный транспорт», 1964, № 5.