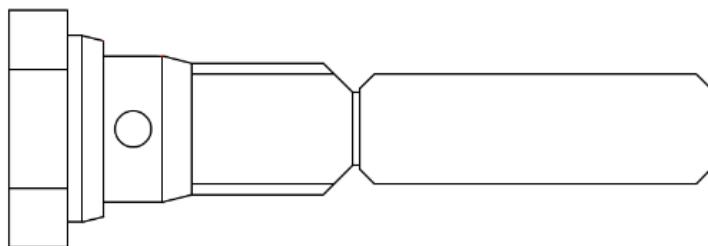


ИНСТРУКЦИЯ

по замене топливных форсунок YC 070 на мерсовские (способ «Забурдаева», версия 1.2)



форсунка YC 070

Бредисловие

Приветствую Вас, владельцы моторов Lom Praha M 332 / 337 !

К сожалению, всем нам хорошо известно, что завод переживает не лучшие времена и может вот-вот закрыться. Это особенно печально, что рядные двигатели этого производителя отличаются долговечностью и запасом прочности. Одной из трёх основных сложностей с этими моторами является отсутствие топливных форсунок. Их уже никто не производит. Однако их можно купить новыми на заводе, а также- у запасливых владельцев. Но цены на заводе баснословные, форсунки лежалые, и они не продают в Россию, а запасливые владельцы просто никому не продают. Однако, есть способ замены этих форсунок на новые, от мерседеса. О неё и пойдёт речь ниже.

Выражаю огромную благодарность Александру Кулага из Минска за бесценную информацию, советы и за моральную поддержку. Первым заменил форсунки на мерсовские именно он, о чём на геаа есть упоминание, датированное аж 2014 годом. При этом заменил он из в 2011 году. Сейчас на дворе 2024, проблема становится всё острее и острее и, наконец, я испытал их на себе, на своём моторе. Свой опыт я опишу ниже. Все без исключения фото с моего мотора (M332B 2002 года).

Отказ от ответственности

Помните, что описанная ниже процедура не рассматривалась и не одобрялась заводом-изготовителем. Все действия, которые вы проводите с самолётом- вы делаете на свой страх и риск.

Визуальная диагностика форсунок- симптомы

1. Внезапная тряска или «просёры зажигания» на любых режимах, но особенно- при сбросе газа;
2. Закопчённые свечи или часть свечей;
3. Различный цвет нагара центрального электрода свечей (белый, кирпичный, чёрный) на разных цилиндрах;
4. Долгий или неустойчивый запуск;
5. Неустойчивая работа на холодном двигателе;
6. Проблемы с не-выключением горячего двигателя: продолжающиеся вспышки или обратное вращение винта;

При этом сброс оборотов при проверке магнето может быть нормальным (именно у меня так и было).

Эти симптомы свидетельствуют о неправильной работе форсунок. Правда- это не только симптомы форсунок, но форсунки легко проверить. Нужно открутить впускной коллектор, вывинтить свечи (хотя бы с одной стороны) и вращать двигатель. По факелу распыла форсунок, которые установлены в нижних «уголках» коллектора можно судить об их исправности или неисправности.

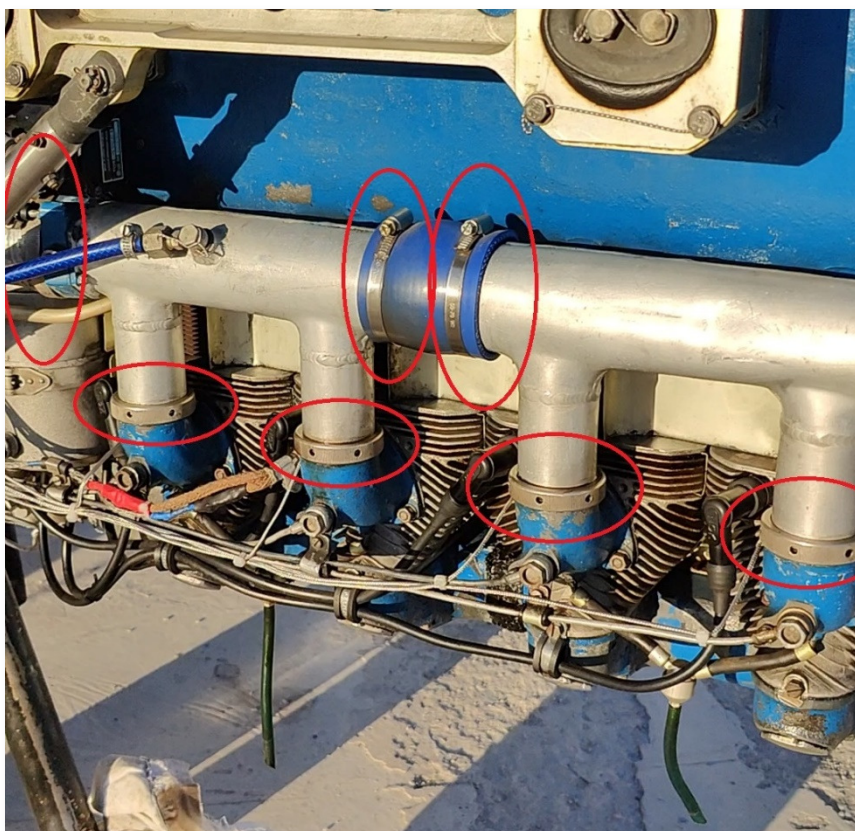
Понадобится:

1. Отвёртка
2. Специальный ключ для откручивания круглых гаек впускного коллектора. Если такого нет (а у большинства его нет), то можно открутить при помощи «большого попугая»- так называются переставные клещи размером от 250 и более.
3. Помощник для вращения винта. Если помощник слился, то его можно заменить на отрезок провода для вращения стартером.

Визуальная диагностика форсунок – снятие впуска

1. Аккуратно откручиваем круглые гайки на уголках. Аккуратно- потому что они могли прикипеть, а впускной коллектор алюминиевый, его легко повредить. Ещё легче повредить магниевый уголок, в котором вкручена форсунка. Если вы его сломали- я Вам не завидую: найти новый нереально. Поэтому заблаговременно обильно набрызгайте на все эти соединения WD-40 или любой «жидкий ключ».
2. Точно так же откручиваем круглую гайку на дроссельной заслонке. Предварительно нужно снять с него шланги.

3. Откручиваем хомуты, стягивающие гибкую трубу между секциями коллектора.



4. Снимаем коллекторы и убираем их куда-нибудь, чтобы не повредить;
5. Выкручиваем свечи, хотя бы с одной стороны.

В итоге мы увидим вот такую картинку на каждом впуске каждого цилиндра:



Визуальная диагностика форсунок – процедура проверки

1. Проверяем, что открыт пожарный кран;
2. Накачиваем давление в топливную магистраль штатным образом; Если ваш самолет- низкоплан- проверяйте, что давление не падает до нуля в процессе проверки; Вообще говоря, топливная система может быть устроена и по другому. Наша задача- обеспечить постоянное наличие топлива в топливном насосе («инжекторе»).
3. Проверяем, что магнето отключены. Это важно, потому что вспышка в цилиндре может доставить некоторое неудобство: сажа с лица не отмывается. Вообще.
4. Просим помощника включить нагнетатель, скомандовать «от винта» и начать вращать двигатель стартером. Если вы внимательно читали инструкцию выше, то двигатель будет вращаться легко (потому что свечи выкручены), а вы сможете оценить работу форсунок. Лучше записать сразу на видео (с включенной подсветкой на камере), чтобы потом можно было показать другу или состряпать прикольный ролик «до и после».

Если помощника нет, то можно отрезком провода соединить плюсовую клемму стартера и плюс аккумулятора и замыкать руками. Только пальцы держите подальше от контактов- там проскакивает неслабая искра, об которую можно обжечься. Болит уже третий день 😞

Вот что мы, надеюсь, не увидим на Вашем самолёте:

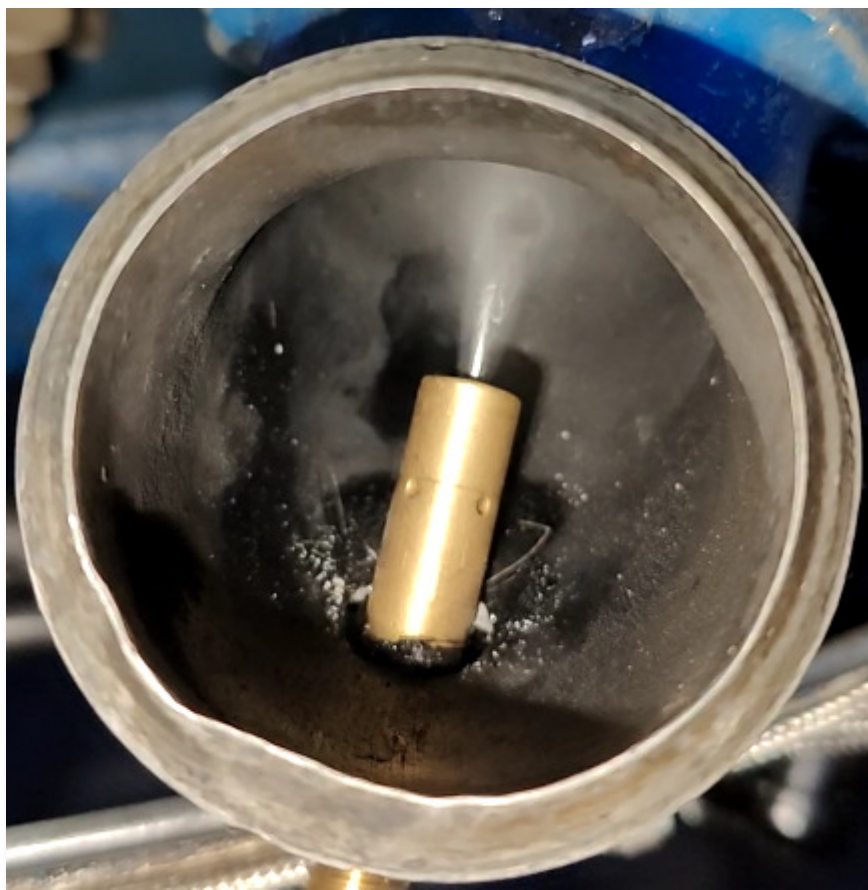


Форсунки курильщика: работают отвратительно

При этом в моменты после(!) фазы впрыска форсунки ещё некоторое время могут давать струю «иголочку» или просто подтекать. Именно такие подтекания и приводят к проблемам при выключении двигателя.



Для примера ниже приведу хороший факел распыла:



Обратите внимание на хороший распыл: он равномерный, имеет чёткое начало и чёткий конец, а топливо он распыляет в мелкую пыль (или туман), а не каплями или струями.

Форсунка здорового самолёта.

Не забывайте, что у вас есть ещё одна форсунка- в шприце. Она установлена между нагнетателем (у кого он есть) и дроссельной заслонкой.

Рекомендую её вкрутить в один из цилиндров и тоже проверить. Распыл этой форсунки качественно влияет на первый запуск: если полностью соблюдать процедуру по РЛЭ, то исправный мотор всегда запускается с пол-оборота. Менять или не менять эту форсунку- решать Вам. Часто достаточно просто вставить в неё одну из снятых форсунок, ту, которая работает получше.

Что делать?

Если у ваши форсунки хулиганят, то можно попробовать их промыть. Есть специальные организации, которые занимаются чисткой и проверкой форсунок, но обычно результат «ниже среднего», а то бывает и ухудшение.

Про покупку я уже писал выше. Но, может, Вам повезёт.

Ну и крайний вариант- замена форсунок на автомобильные от мерседеса. Именно о ней и пойдёт речь ниже.

История «изобретения»

Дело в том, что давление открытия форсунок YC 070, установленных в наших моторах составляет 3,4 или 3,6 атмосферы. Форсунки маркируются и их нельзя смешивать. Я обратил внимание, что точно такое же давление в системах KE-Jetronic. Это старые автомобильные механические инжектора, работающие похожим образом. Только у нас впрыск фазированный, но вообще он бывает разный.

Поэтому сразу же возникла идея использовать форсунки от этих автомобильных инжекторов. Сначала я выбрал от ауди ввиду их распространённости у нас в регионе, но затем обнаружил, что форсунки от 190-го мерседеса более тонкие и гораздо лучше подошли бы вместо наших, тоже тонких.

Мерседесовские форсунки A0000785623 бывают стальные и латунные. Стальные весьма недешевые. Давление открытия- 3,5 атмосферы. При этом, у них есть вдвое более дешевый аналог с номером 0437502047. Бошевский аналог отличается долговечностью, и не в лучшую сторону. При этом в самолете они работают в гораздо более жёстком режиме, чем в автомобиле. Пока по опыту Александра Кулаги- один переделанный на бошевские форсунки борт отработал всего пол года, после чего форсунки умерли. Другой- уже шесть лет, такие же форсунки работают.

Стальные точно проработают дольше, на сколько- вопрос. Пока у нас слишком мало статистики.



Бosch 0437502047 (сверху) и Lucas C070 (снизу)

Я купил одну форсунку и стал думать как же её вкрутить. И тут неожиданно, в Злин-группе подсказали, что на r2aa уже кто-то делал это. Я нашёл тему и связался с автором переделки- Александром Кулага из Минска. Выяснилось, что он использовал эти же форсунки, но у него было несколько вариантов переделки. Один из первых был описан на форуме. Другой, более удобный рецепт он описал примерно так: «рассверливаем втулку форсунки в уголке и нарезаем там резьбу М10х1. На форсунке нарезаем её же вместо части гайки, а также М10х1 в хвостовике для подключения автомобильных топливных трубок, которые можно купить на разборке».



Речь про эту втулку для форсунки (в центре). Штуцер форсунки вверху кадра.

Мне такой способ не понравился по нескольким причинам:

1. Самое главное- изменение резьбы в уголке, отчего невозможно вернуть «всё как было»;
2. Форсунка установлена значительно глубже и непонятно как это будет влиять на работу мотора. С его слов никак не влияет.
3. Необходимость использования других топливных трубок.

Поэтому я решил, что постараюсь сохранить узлы и агрегаты мотора в неизменном виде, тем более что диаметр форсунки это позволяет.

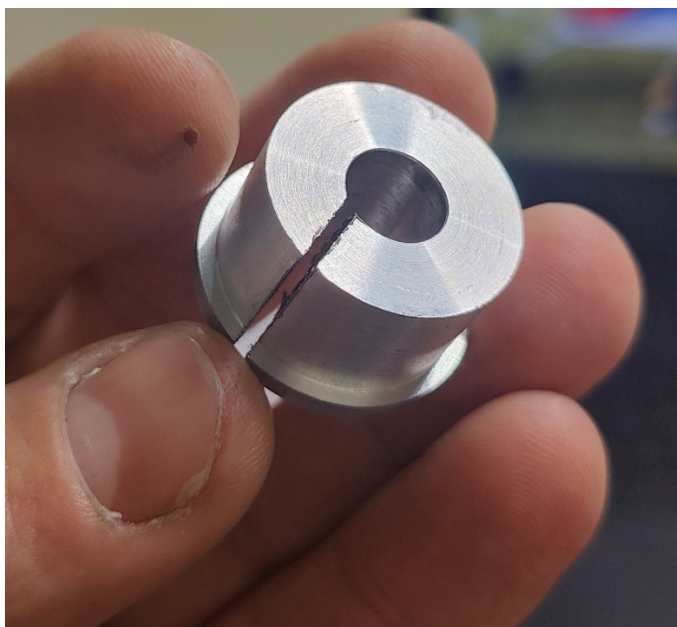
На форсунке я нарезал резьбу и вкрутил её в уголок изнутри.

Далее- я изготовил переходник с родных топливных трубок, но он попускал по резьбе. Тогда я изменил уплотнение и изменил конструкцию переходника, но это тоже не помогло- мне так и не удалось загерметизировать резьбу и топливо подтекало. Пришлось полностью менять концепцию топливных трубок: изготовить новую трубку из новых деталей. Это позволило положить старые трубки на полку, вдруг придётся всё вернуть как было. Это и есть первый мой удачный вариант, о котором ниже:

Процедура замены – часть 1 (токарные работы)

1. Проверяем, что у Вас есть достаточно места под капотами. Новые форсунки будут торчать на 5 см дальше старых. С учётом трубки может быть даже больше. Для уверенности хорошо бы иметь запас в 10 см.
2. Покупаем форсунки. Заказать можно по каталожному номеру где угодно. Что интересно- на авито можно встретить почти новые эти же бошевские форсунки в полцены комплектами по 4 или 5 штук. Это результаты непрекращающихся попыток оживить уже мёртвые мерседесы (кстати и не только их, ещё старые ренохи и прочую технику с таким же форсунками). Кстати- подходит на какие-то модели феррари 😊.
3. Распрямляем скрепку и с её помощью измеряем глубину отверстия до сетки. Это страховочный замер, т.к. внутренка форсунки может отличаться от производителя и даже от времени, а нарезать резьбу можно только там, где нет других деталей, только отверстие для подачи топлива. Его диаметр всего 2 мм, всё остальное- тело форсунки, которую можно точить и нарезать.
4. На самой форсунке нужно нарезать резьбу М9 с шагом 1,25. Резьба должна начинаться с расстояния 25 мм от сопла форсунки и идти сплошняком до конца форсунки, где расположен штуцер. Резьба

очень редкая, найти для неё лёрку довольно проблематично (но можно). Проще заказать эту работу токарю. Тем более, что без токаря всё равно тут не обойтись. Токарь должен изготовить специальную оправку, чтобы правильно зажать форсунку в станке, иначе можно повредить её сопло.



Оправка для токарных работ на форсунке

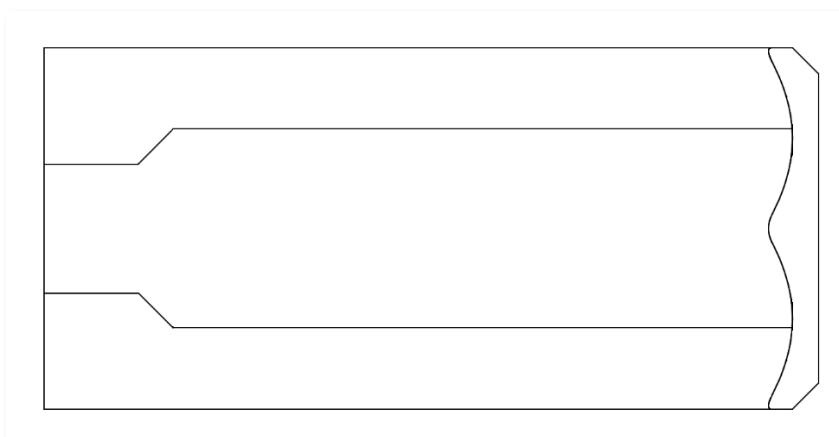


Разметка форсунки для токаря



Результат токарных работ

5. Также, токарь должен изготовить контргайку и накидную гайку для подключения топливных трубок. Контргайка- обычная М9х1,25, её можно купить (см ниже), а накидная гайка примерно такая:



эскиз накидной гайки

(для медной трубки 4,8 мм- отверстие слева, на резьбу М9х1,25 -справа)

Длина накидной гайки зависит от материала: дюралевой - 30 мм, а стальную можно изготовить вдвое более короткую. Остальные размеры довольно свободны.

Процедура замены – часть 2 (снятие и установка)

6. Снимаем с мотора форсунки;
7. Демонтируем топливные трубки полностью. Перед демонтажом необходимо отметить на бензонасосе порядок- какой цилиндр к какому выходу подсоединён;
8. Демонтируем трубки дренажных клапанов. Для этого с них сдвигаются алюминиевые обоймы, только затем стягиваются сами шланги.
9. Откручиваем и снимаем уголки. С уголками очень осторожно- они магнєвые, очень лёгкие, но при падении могут расколоться. Найти такой, думаю, нереально (или очень дорого).
10. Внутри уголков в районе форсунки может быть «порожек», который будет препятствовать вкручиванию форсунки. Этот «порожек» нужно сошлифовать. Можно напильником, но удобнее всего- шуруповёртом со специальной насадкой. Делать это, повторяю, нужно осторожно. Деталь тонкая, из хрупкого сплава.



Процесс и результат выглядит примерно так

11. Вкручиваем форсунку на место. Перед ввинчиванием на поясок наносим немного герметика-прокладки, для того, чтобы воздух не поступал в коллектор по резьбе.
12. Установить уголок на место. Не перетяните крепление уголка, иначе он может лопнуть.
13. Затем накручиваем на форсунку две(!) гайки. Примерно в центре. Гайку найти довольно сложно, т.к. очень редкая резьба. Подходит от крепления маховика тойоты, номер 9017909006. Или можно заказать у токаря. Гайки сводим и затягиваем между собой. Далее вращаем эту пару гаек, чтобы закрутить и затянуть форсунку на своём месте.
14. Далее- раскручиваем пару гаек и снимаем одну из них. Далее нужно нанести герметик на край форсунки у уголка и закрутить оставшуюся гайку. Тем самым форсунка будет затянута в своём гнезде и законтрена гайкой на герметике. Гайка является контргайкой, поэтому саму гайку контрить не нужно.



перед закручиванием и после

15. Излишки герметика необходимо удалить.

Процедура замены – часть 3 (топливные трубки)

Теперь нужно изготовить новые топливные трубки. Для них нужно приобрести инструмент для вальцовки (он недорогой) либо обратиться к кондиционерщику. Кроме того- купить необходимое количество медных трубок диаметром 5 мм (по факту 4,75 мм) и латунных бочат (по количеству цилиндров x 2 + запас на случай испортить). Также- сверло 4,75 мм или 4,8 мм. Ещё Вам понадобятся тиски и мелкий молоток. Всё это нужно собрать в тёплом и удобном месте с хорошим освещением.



бочата



инструмент для вальцовки

Длины трубок нужно увеличить примерно на 3 см, по отношению к родным трубкам, т.к. расположены они будут иначе.

Также, необходимо купить штуцеры, для пластиковых трубок 4 мм. Гайки от них подходят по резьбе к бензонасосу. Каждый такой штуцер «даст» нам две гайки. Важно- строго из нержавеющей стали, но не латунные, т.к. латунь слишком мягкая.





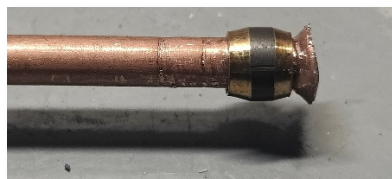
Выглядит этот фитинг вот так, но на витрине был латунный, а нам нужен из нержавейки или стали. Сверлом на 4,8 рассверливаем отверстие в гайке, чтобы в него проходила трубка.

Далее- один из бочат нужно сточить напильником до половины. Использовать со стороны бензонасоса будем только половинку.

Использовать или не использовать половинку зависит от длины гайки, т.к. они бывают разных моделей. Если она короткая, то можно просто развальцевать таким образом:



Далее- режем и собираем. На каждую трубку одеваем гайки (резьбами наружу), бочата (если нужна, то со стороны бензонасоса- половинку). Затем делаем широкую однослойную вальцовку. Затем эту вальцовку мелкими постукиваниями молоточка или самодельными «приспособами» разворачиваем на бочата. Таким образом у нас получается вальцовка «яблоко». Далее эту вальцовку желательно залудить. Это не обязательно, но лужёные соединения меньше подвержены коррозии, а также более надёжны.





улыбнитесь, это мои первые опыты по вальцовке

После изготовления трубки проверьте хорошо ли она продувается. Олово может закупорить трубку внутри.

Процедура замены – часть 4 (установка и проверка)

После изготовления ставим топливные трубки. Процедура такая:

1. Сначала устанавливаем, затягиваем и снова снимаем. Это нужно для того, чтобы вальцовка приняла окончательную нужную форму.
2. Затем желательно пройти лёркой форсунки. Дело в том, что при затяжке конус немного распирает и он начинает подклинивать резьбу накидной гайки.
3. Затем устанавливаем форсунки стороной на бензонасос.
4. После затяжки соединений вращаем винт до тех пор, пока не начнёт капать бензин со всех трубок (особенно с самой длинной). Набирается он туда довольно долго, т.к. диаметр трубок стал больше. Но на работу форсунок это не повлияет. Если не капает- значит или трубка забита (испорчена), или при установке на бензонасос вальцовка встала криво и испорчена.
5. После этого ставим трубки на форсунки и закручиваем. Если при этом форсунка проворачивается, значит вы её плохо законтрили.
6. Вращаем винт, проверяем, что на гайках или под ними не появляются капельки топлива. Если появляются- соединение нужно немного подтянуть или переделать (перевальцевать). Не переусердствуйте-

форсунку можно сломать, приложив большое усилие на гаечном ключе.

7. Вращаем винт ещё немного и смотрим, что форсунки работают нормально, дают распыл. Качественный распыл получается даже при вращении винта руками. Ещё раз контролируем отсутствие протечек (уже под давлением).
8. Запускаем двигатель, тем самым проверяя, что трубки подсоединены к насосу в правильной последовательности. Если какие-то трубки будут стоять не на своём месте, то эти цилиндры работать не будут, или будут очень плохо. Перед снятием я предупреждал, что нужно пометить выходы бензонасоса.
9. Укладываем трубки ровно и ставим их на крепления, чтобы они не болтались. Этот процесс довольно индивидуален, в зависимости от формы капота и имеющихся креплений. Сразу скажу, что в штатные крепления они не помещаются, потому что больше. Но штатные крепления можно немного переделать (увеличить) и тогда получится примерно как и было.

Каков результат?

1. Лёгкий запуск. И на холодную, и на горячую. У меня раньше на горячую запускался почему-то неохотно.
2. После замены резко выросли холостые обороты, аж до 1 100 об/мин. Отрегулировал.
3. В процессе регулировки «баловался» и установил обороты малого газа на 300 об/мин- удивительно, но работает! Конечно, так эксплуатировать нельзя, поэтому вернул к паспортным значениям.
4. Максимальная мощность НЕ выросла. Оно и понятно- старые форсунки «ссали» абы как, но объём топлива на максимальной мощности давали такой же, практически не закрываясь, поэтому разницы не заметно.
5. Мотор стал работать заметно ровнее на всех режимах

Как продлить срок службы

Пока мы не знаем как долго могут проработать латунные форсунки. Но мы знаем, что стальные проработают больше. Стоит ли разница потраченных денег – непонятно.

По опыту Александра Кулаги- один борт убил эти форсунки всего за пол года, другой уже использует 6 лет (но летает мало) и они пока работают.

Есть общие рекомендации по продлению срока службы форсунок:

1. Главное- форсунка должна постоянно работать. В идеале- каждый день, но в нашем случае хотя бы раз в неделю. При работе игла вращается, топливо поступает, а коррозия отступает.
2. Чистое топливо. К сожалению, авиационные бортовые фильтры значительно хуже автомобильных (но надёжнее). Поэтому важно следить за чистотой топлива. Мелкий абразив негативно влияет на иглу и седло клапана.
3. Снижайте коррозию в баках. По сути – это тоже относится к чистоте топлива, но тем не менее. Чтобы снизить коррозию баках, а значит и попадание этих мельчайших частиц в форсунку- достаточно заправлять полные баки сразу после полётов.

Варианты по улучшению.

1. Форсунку можно укоротить. И вместо внутреннего штатного конуса сделать внешний. Это позволит устанавливать форсунки в тесных капотах (если вам это критично), а также упростит вальцовку и немного- установку. Но накидную гайку нужно делать стальную, т.к. она будет довольно короткой;
2. Крепления топливных трубок лучше всего делать штатным образом (как и было), просто увеличить сами крепления;
3. Можно использовать другие форсунки. Код этой форсунки заканчивается на – 047 и давление открытия 3,5 атмосферы. Наш инжектор («бензонасос») плунжерного типа и спокойно выдаёт 10 атмосфер. Поэтому поставить форсунку на большее давление открытия- интересная идея. При этом распыл улучшится, а на рабочих режимах может даже снизиться расход топлива. Эти форсунки имеют коды, заканчивающиеся на 032 или 043 и давление открытия 6 атмосфер. Но их устанавливать сложнее. Например 043- от ауди. Она имеет диаметр меньше отверстия и легко проходит через него. И как его крепить в отверстии- неясно.

Финансовые затраты

Стоимость на ноябрь 2024 (рубли)

для М332 (без учёта шприца)

Наименование	кол-во	ед.изм.	Цена	Итого
Форсунки Bosch (латунь)	4	шт	2 400	9 600
Токарные работы + материал для изготовления оправки для фиксации форсунки в патроне	1	шт	1 500	1 500
Токарные работы по форсункам	4	шт	1 500	6 000
Изготовление+материал или покупка контргаяк	5	шт	500	2 500
Изготовление+материал накидных гаек	4	шт	1 500	6 000
Трубка медная 5мм	4	м	310	1 240
Бочата для медной трубки 5 мм	10	шт	11	110
Штуцер для пластиковой трубки 4 мм (нерж)	2	шт	125	250
Сверло 4,8 мм	1	шт	110	110
Лёрка М9х1,25 для установки	1	шт	800	800
Услуги вальцовки с лужением	4	шт	1 000	4 000

32 110

(~ 320 \$)

для М337 (без учёта шприца)

Наименование	кол-во	ед.изм.	Цена	Итого
Форсунки Bosch (латунь)	6	шт	2 400	14 400
Токарные работы + материал для изготовления оправки для фиксации форсунки в патроне	1	шт	1 500	1 500
Токарные работы по форсункам	6	шт	1 500	9 000
Изготовление+материал или покупка контргаяк	7	шт	500	3 500
Изготовление+материал накидных гаек	6	шт	1 500	9 000
Трубка медная 5мм	6	м	310	1 860
Бочата для медной трубки 5 мм	15	шт	11	165
Штуцер для пластиковой трубки 4 мм (нерж)	3	шт	125	375
Сверло 4,8 мм	1	шт	110	110
Лёрка М9х1,25 для установки	1	шт	800	800
Услуги вальцовки с лужением	6	шт	1 000	6 000

46 710

(~ 460 \$)

Плюс примерно две недели на покупку материалов, заказ работ и на самостоятельную установку.

Оглавление

Бредисловие	1
Отказ от ответственности	1
Визуальная диагностика форсунок - сипмптомы	2
Визуальная диагностика форсунок – снятие впуска	2
Визуальная диагностика форсунок – процедура проверки	4
Что делать?	6
История «изобретения»	6
Процедура замены – часть 1 (токарные работы)	8
Процедура замены – часть 2 (снятие и установка)	11
Процедура замены – часть 3 (топливные трубки)	13
Процедура замены – часть 4 (установка и проверка)	15
Каков результат?	16
Как продлить срок службы	16
Варианты по улучшению	17
Финансовые затраты	18