

ТЕСТИРОВАНИЕ И РЕМОНТ ИНЖЕКТОРОВ СИСТЕМЫ COMMON RAIL

Если 5-7 лет назад мы говорили, что аккумуляторные системы впрыска приобретают все большую популярность, то в настоящее время реальность такова, что COMMON RAIL является основной системой современного дизельного впрыска, охватывая 100% рынка двигателей современных легковых автомобилей, микроавтобусов и большую часть грузовых автомобилей, сельскохозяйственной, строительной и специальной техники. Лишь на отдельных моделях грузовых автомобилей используются насос-форсунки или насосные секции, в то же время ТНВД механическими или электронными регуляторами на двигателях EBP 3, 4 и выше не используются вообще.

Ввиду этого грамотное обслуживание, тестирование и ремонт CR инжекторов является основной частью работы и заработка современного дизельного сервиса.

При написании статьи в качестве примеров использовались стенды и специальный инструмент, в 8-10 раз более дешевые, чем аналогичное оборудование известных мировых производителей, однако дающие похожие и даже лучшие и более быстрые результаты.

Окупаемость описанного комплекта - при ремонте четырех инжекторов в день - составляет от четырех до шести месяцев, в то время как окупаемость более именитых аналогичных стендов - от трех до пяти лет.

ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ ДИЗЕЛЬНОГО ВПРЫСКА

Для предкамерных дизелей, применяемых в восьмидесятих годах, использовались однопружинные форсунки со штифтовыми распылителями, давление впрыска

составляло 130-150 bar.

Для дизелей с непосредственным впрыском топлива девяностых годов - двухступенчатые форсунки с многодырчатыми распылителями. Давление впрыска первой ступени равнялось 175-190 bar, второй ступени составляло 280-300 bar.

С конца девяностых годов прошлого столетия и по настоящее время применяются электромагнитные инжекторы системы COMMON RAIL. Давление впрыска регулируется в зависимости от режима работы двигателя в диапазоне 300-1600 bar, количество впрысков топлива за рабочий такт - от двух до пяти (рис. 1).

Современные CR инжекторы - очень сложные изделия, массовое производство которых наладили только три фирмы в мире - BOSCH, DENSO, DELPHI. Четвертый производитель - SIEMENS - продал свои заводы фирме CONTINENTAL, большого распространения его продукция не имеет.

Для иллюстрации на фото показан разрез грузового CR инжектора фирмы BOSCH, в конструкции которого применяется пять различных регулировочных шайб с шагом регулирования 0,001 мм (рис. 2).

Более крупно показан разрез распылителя с шайбой, задающей подъем иглы, и шайбой регулировки давления открытия (рис. 3).

Разрез электромагнита с клапаном-мультипликатором, пилотным плунжером, шайбами регулировки хода шарика, магнитного зазора, прижимного усилия пружины якоря электромагнита показан на рис. 4.

В данной статье мы подробно рассмотрим всю технологическую цепочку ремонта CR инжектора на примере очень популярного в нашей стране грузового

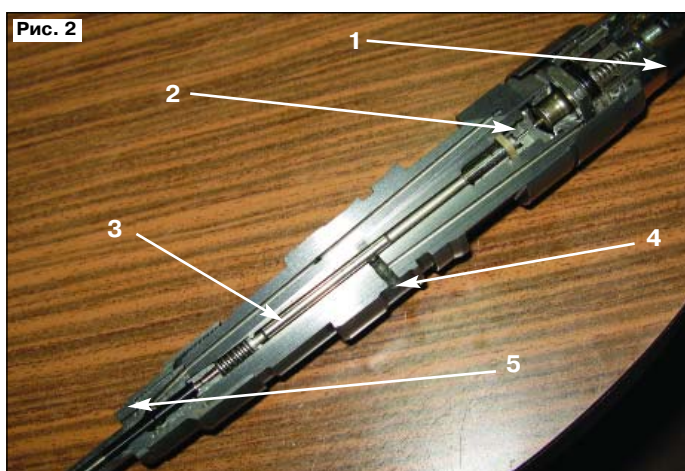
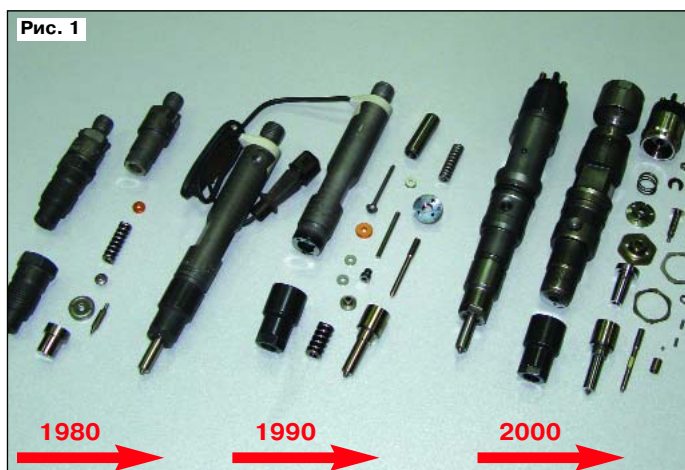


Рис. 2. 1-Электромагнит, 2-Клапан-мультипликатор, 3-Пилотный плунжер, 4- Отверстие обратного слива топлива, 5-Распылитель

автомобиля RENAULT PREMIUM (каталожный номер инжектора по BOSCH: 0 445 120 020). Для пояснения некоторых операций используются фотографии, сделанные при ремонте других

инжекторов.

О методах определения неисправных инжекторов непосредственно на двигателе и проблемах, которые возникают при их демонтаже, мы подробно писали в

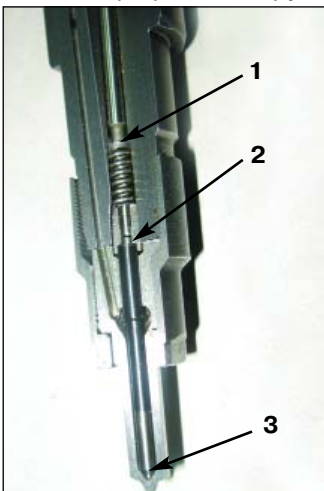


Рис. 3. 1-Шайба давления открытия, 2-Шайба подъема иглы, 3-Запорный конус иглы

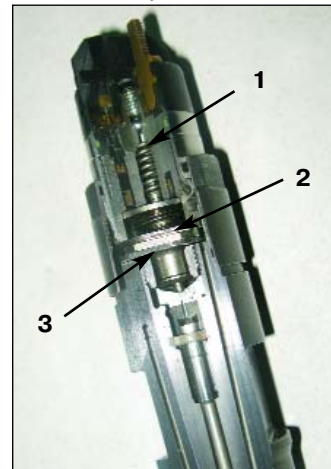


Рис. 4. 1-Шайба прижимного усилия пружины, 2-Шайба магнитного зазора, 3-Шайба хода шарика

майском номере журнала "Авто-Мастер" за 2007 год, поэтому описываем ситуацию, в которой по результатам диагностики на автомобиле известно, что инжекторы требуют ремонта.

Для проведения всех необходимых технологических операций используем верстак, специально оборудованный инструментами, адаптерами, тестерами, зажимным приспособлением, ультразвуковой ванной, микроскопом, модулятором сигналов и т. д., а для тестирования инжекторов - компьютерный стенд С-MAX 3000.

1. НАРУЖНАЯ МОЙКА ИНЖЕКТОРА

Демонтированный инжектор в первую очередь очищаем снаружи в ультразвуковой ванне, при этом электромагнит в ванну не погружаем во избе-

жание его повреждения (рис. 5).

В случае сильного загрязнения корпуса его следует предварительно несколько часов подержать в ванне с химическим очистителем (рис. 6), а затем отмыть горячей водой под высоким давлением (рис. 7).

2. ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ

В первую очередь визуально оцениваем состояние корпусов инжекторов и обязательно штуцеров высокого давления. У многих инжекторов грузовых автомобилей и сельхозтехники штуцер высокого давления вкручивается не в корпус инжектора, а в головку блока цилиндров (рис. 8. 1- Штуцер высокого давления, 2- Седло штуцера в корпусе инжектора).

При частом закручивании одноразовые (!) штуцеры имеют странное

свойство изнашиваться, но бывают гораздо более тяжелые случаи, когда монтаж инжекторов производится неквалифицированными специалистами без всякого соблюдения технологии. Результат такой "работы", когда заказчик решил сэкономить и заставил водителя самостоятельно снимать и устанавливать инжекторы, которые привезли затем на сервис без штуцеров, показан на фото.

Водитель, не владея правильной технологией установки, не попал штуцерами в седла штуцеров в корпусе инжектора, в результате запорные конусы штуцеров были критически повреждены - "задавлены", на стыке с корпусом инжектора происходила утечка высокого давления. Запуск двигателя был очень



Рис. 5



Рис. 9



Рис. 13



Рис. 6



Рис. 10



Рис. 14



Рис. 7



Рис. 11



Рис. 15

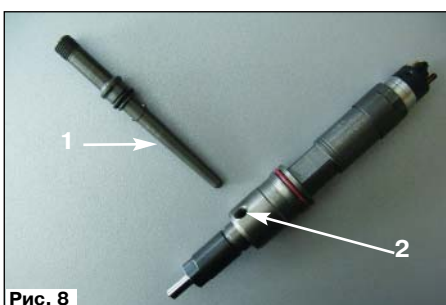


Рис. 8



Рис. 12



Рис. 16

затруднен, двигатель работал со стуками, перебоями, повышенной дымностью, глохнул при резком нажатии на газ. Естественно, заказчик обвинил дизельный сервис в некачественном ремонте инжекторов, и в ситуации удалось разобраться, только затребовав на сервис автомобиль и произведя тщательную проверку всех компонентов системы (рис. 9).

При визуальном входном контроле очень хорошо видны инжекторы, которые ремонтировались неквалифицированными специалистами. Дефектовке таких инжекторов необходимо уделять особое внимание, так как зачастую после такого "сервиса" инжекторы ремонту не подлежат. В качестве примера - при демонтаже корпуса инжекторов были деформированы настолько сильно, что от изгиба полопались гайки распылителей (рис. 10), во втором примере кто-то пытался устранить прорыв газов из камеры сгорания при помощи ... сантехнической пакли! (рис. 11).

Следующий пример: из-за неправильного подбора тепловых экранов новые инжекторы вышли из строя от сильного перегрева при прорыве га-

зов, причем газы из камеры сгорания попадали даже внутрь распылителей через отверстия обратного слива топлива.

На фото отчетливо видны тепловые экраны большего, чем необходимо, диаметра; цвета побежалости на гайках распылителей (рис. 12); следы нагара, а не плохого топлива, на внутренних деталях инжектора и на игле распылителя (рис. 13).

После визуальной оценки производим входной контроль инжектора на обычном стенде для проверки классических форсунок, который используем для создания давления, а сигнал на электромагнитный клапан инжектора подаем от прибора под названием COMMON RAIL TESTER (рис. 14).

Для тестирования инжекторов RENAULT, а также MAN, IVECO, CASE, CAMMINS, MASSEY FERGUSON, JOHN DEERE и им подобным, необходим специальный адаптер (рис. 15, 1- CR инжектор IVECO, 2-CR инжектор MAN, 3-CR инжектор RENAULT).

Подбираем адаптер соответствующей конструкции, устанавливаем в него инжектор (рис. 16).

Для грубой проверки гидравлической плотности инжектора зада-

ем среднюю длительность сигнала и высокую частоту срабатывания инжектора, а для контроля состояния распылителя, степени засоренности или наоборот размытости распыливающих отверстий необходимо выбрать длинный сигнал с низкой частотой срабатывания инжектора (рис. 17).

3. РАЗБОРКА ИНЖЕКТОРА, КОНТРОЛЬ УСТАНОВочНЫХ РАЗМЕРОВ

Далее необходимо полностью разобрать инжектор. Для проведения этой операции используется специально спроектированное зажимное приспособление, которое позволяет разбирать и собирать любую форсунку дизельных двигателей с непосредственным впрыском топлива, любой инжектор системы COMMON RAIL и любую насос-форсунку как грузовых, так и легковых автомобилей (рис. 18, 19).

Использовать тиски для разборки инжекторов категорически не рекомендуется, так как велик риск деформации корпуса зажимными губками, изгиба корпуса при откручивании гайки распылителя, среза направляющих штифтов распылителя и т. д.



Рис. 17



Рис. 20



Рис. 21

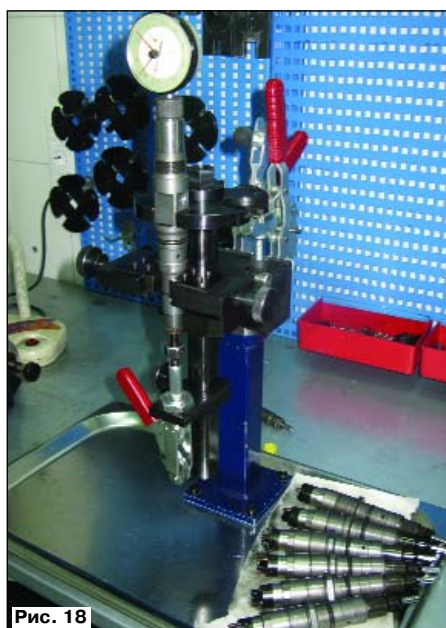


Рис. 18

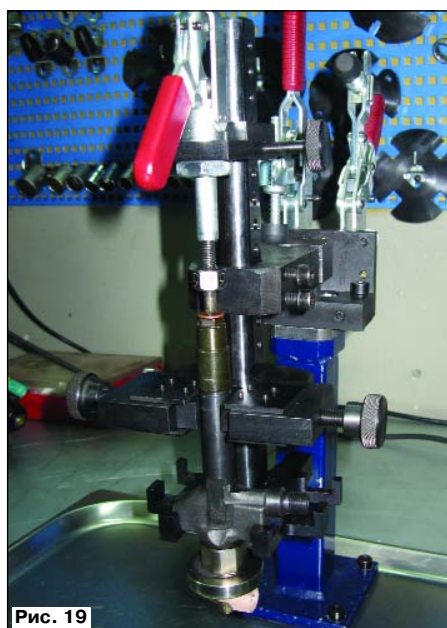


Рис. 19

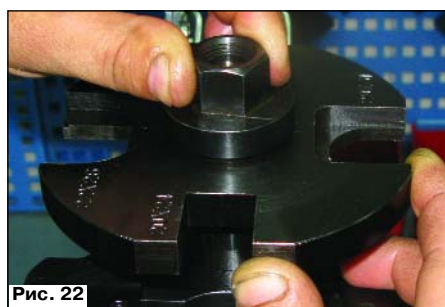


Рис. 22

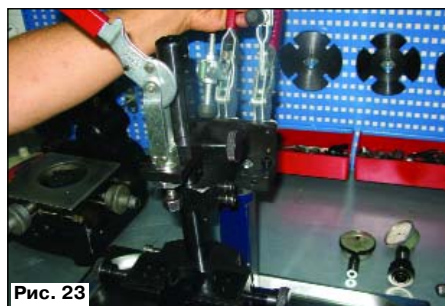
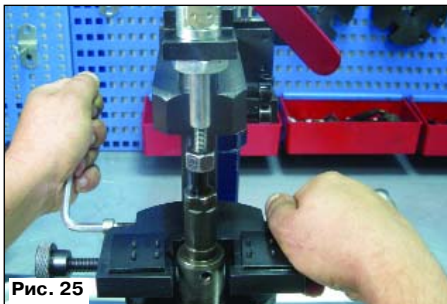


Рис. 23

Рис. 20. Деформация корпусов инжекторов при разборке в обычных тисках с "рубчатыми" губками

Измеряем диаметр корпуса D и размер установочных лысок S . В случае с RENAULT эти размеры равны $D=24$ мм, $S=20$ мм (рис. 21), подбираем плиту-адаптер с пазом с соответствующей маркировкой и устанавливаем ее на вертикальную стойку зажимного приспособления (рис. 22).

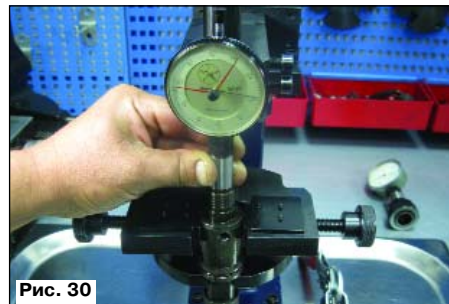
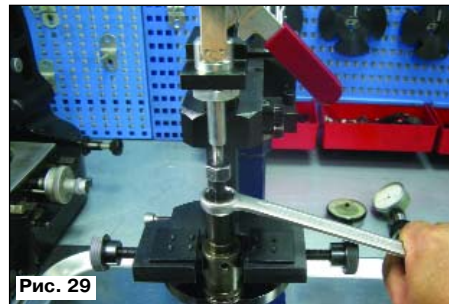
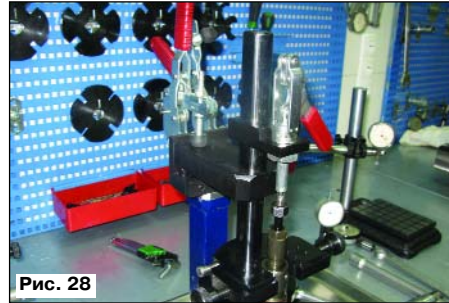
Разворачиваем вертикальную стойку на 180° (рис. 23) и устанавливаем инжектор лысками в паз плиты-адаптера. Устанавливаем каретку осевого зажима на требуемую для работы высоту, регулируем вертикальное прижимное усилие при помощи винта осевого зажима (рис. 24).



Перемещаем радиальную струбцину по вертикальной стойке на необходимую высоту (сразу под гайку распылителя), и фиксируем струбцину в этом положении (рис. 25).

В первую очередь, прижимаем плоскую губку радиальной струбцины к корпусу инжектора (рис. 26), затем окончательно зажимаем корпус треугольной губкой радиальной струбцины (рис. 27). Таким образом, зажимное приспособление настроено на работу с инжекторами RENAULT PREMIUM.

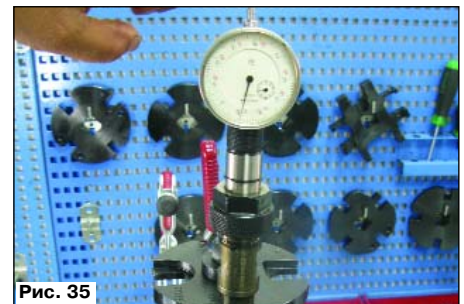
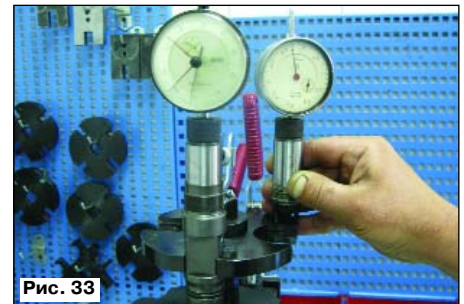
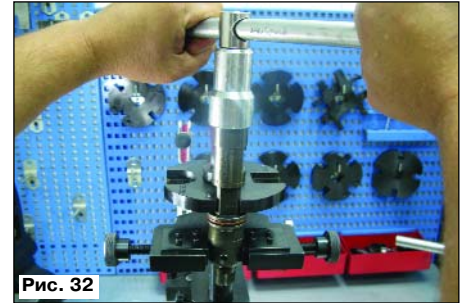
В дальнейшем, какое бы количество инжекторов такого типа ни требовалось разобрать, для фиксации каждого следующего инжектора необходимо установить его в паз плиты-адаптера, прижать носик распылителя осевым зажимом и зажать корпус инжектора треуголь-



ной губкой радиальной струбцины (рис. 28). Благодаря такой запатентованной конструкции, установка инжектора в зажимное приспособление занимает считанные секунды, а его полная разборка — дело нескольких минут.

Откручиваем гайку распылителя (рис. 29), снимаем с вертикальной стойки осевой зажим, устанавливаем на место распылителя адаптер с индикатором и контролируем ход иглы распылителя (рис. 30).

Разворачиваем на 180° и фиксируем вертикальную стойку плитой-адаптером вверх (рис. 31), при этом электромагнит инжектора оказывается в удобном для дальнейшей разборки положении, сам инжектор надежно зафиксирован радиальной струбциной.



Отворачиваем гайку и демонтируем управляющий электромагнит (рис. 32).

Измеряем магнитный зазор между электромагнитом и якорем (рис. 33).

Устанавливаем на место электромагнита адаптер с индикатором (рис. 34) и измеряем ход шарикового клапана (рис. 35).

Отворачиваем специальным шестигранным ключом (рис. 36) с осевым отверстием гайку клапана-мультипликатора (рис. 37).

При помощи цангового съемника (рис. 38) демонтируем клапан-мультипликатор и пилотный плунжер из корпуса инжектора (рис. 39), удаляем из корпуса уплотнительные кольца и прокладки.

Инжектор полностью разобран и готов к ремонту (рис. 40).

4. КОНТРОЛЬ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ИНЖЕКТОРА

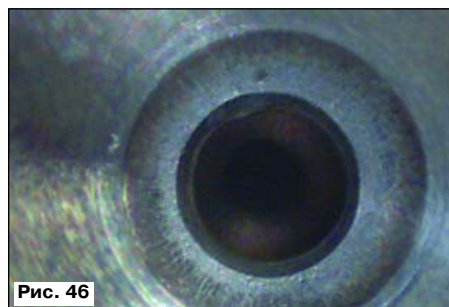
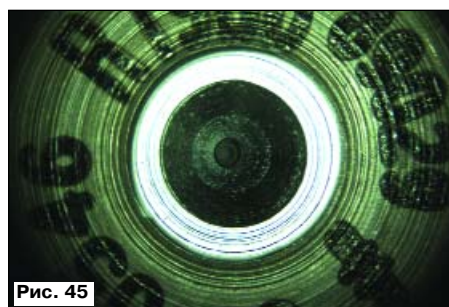
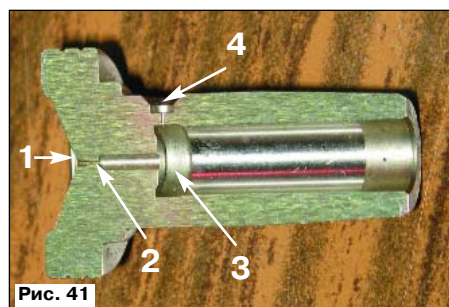
Состояние основных внутренних деталей инжектора - распылителя, клапана-мультипликатора, пилотного плунжера - необходимо тщательно контролировать с целью определения возможности их дальнейшего использования.

Главной, но не единственной причиной повышенной утечки топлива из корпуса инжектора в обратку, является негерметичность сопряжения "шарик - седло" клапана-мультипликатора.

На фото показан клапан-мультипликатор в разрезе (рис. 41. 1- Седло шарикового клапана, 2-Управляющее жиклерное отверстие, 3- Контрольная камера, 4-Наполняющее жиклерное отверстие).

Производим проверку этих деталей в несколько этапов.

Вначале для контроля состояния седла клапан-мультипликатор с новым шариком устанавливаем в пневматический тестер, подаем давление сжатого воздуха и оцениваем износ седла по интенсивности появления воздушных пузырьков в контрольной камере прибора (рис. 42).



Затем состояние конического седла клапана-мультипликатора оцениваем визуально. Для этого используем тринокулярный стереомикроскоп с необходимым увеличением, картинку от присоединенной камеры выводим на экран компьютера, это очень помогает в диалоге с заказчиками. (Рис 43. 1-Коническое седло при необходимом увеличении, 2-Клапан-мультипликатор)

Для примера ниже показаны:

- новый клапан-мультипликатор в паре с пилотным плунжером. На рис. 44 фото конического седла этого клапана-мультипликатора при необходимом увеличении (рис. 45);
- естественный износ конических седел клапана-мультипликатора при длительной эксплуатации (рис. 46, 47);

- седла клапана-мультипликатора, промытые вследствие попадания в топливо твердых частиц, грязи (рис. 48, 49);

- седла клапана-мультипликатора после интенсивной некачественной притирки (рис. 50, 51);

- трещина на корпусе клапана-мультипликатора (рис. 52).

На этом этапе очень важно оценить степень износа седла и принять решение - возможно ли притереть конус, восстановив рабочую поверхность седла, или клапан-мультипликатор необходимо менять.

Довольно часто мастера, в попытке "спасти" эту деталь от замены, до такой степени притирают конус седла, углубляясь в тело клапана, что при сборке инжектора шарик проваливается в седло, так что до него

попросту не достает якорь электромагнита. Большинству мастеров понятно, что в таком состоянии клапан необходимо менять, но некоторые "сражаются" до последнего, производя шлифовку торцевой поверхности клапана-мультипликатора для компенсации этого провала. Пример такого "ремонта" показан на рисунке: слева клапан со шлифованной торцевой поверхностью, справа - новый клапан. Четко видно отличие заводской обработки от кустарной механической обработки на плоскошлифовальном станке (рис. 53. 1-Шлифованная поверхность, 2-Притертое коническое седло, 3-Новый клапан-мультипликатор).

Оцениваем состояние пилотного плунжера. Если инжектор уже был в ремонте, и поверхность этой детали

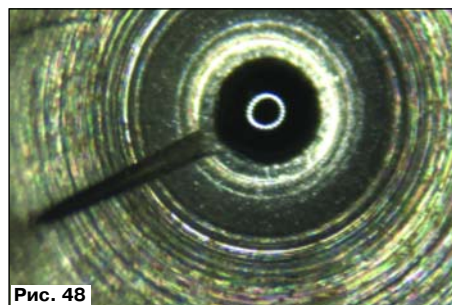


Рис. 48

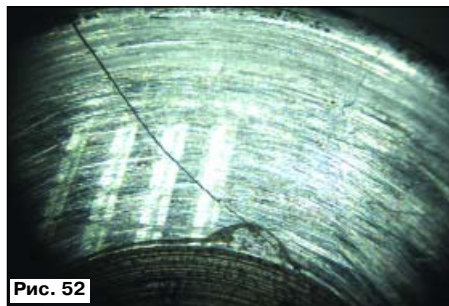


Рис. 52

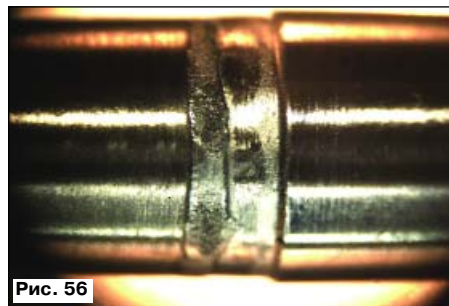


Рис. 56

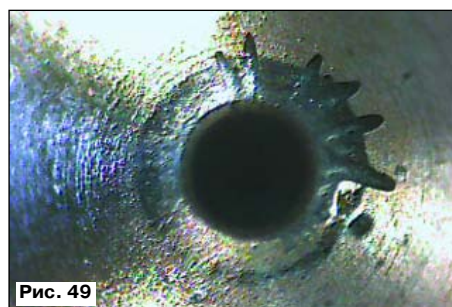


Рис. 49

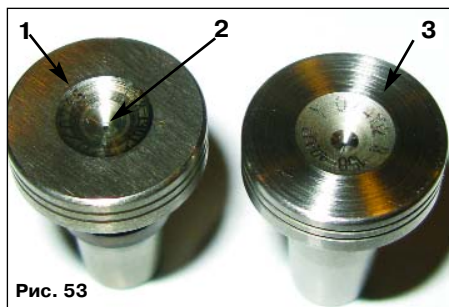


Рис. 53

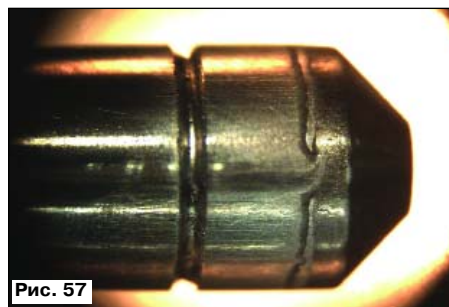


Рис. 57

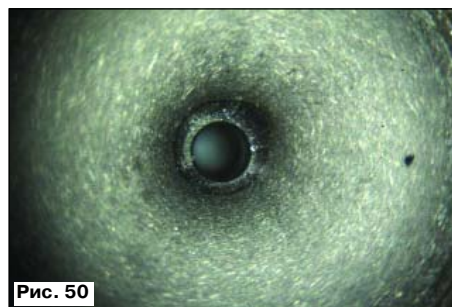


Рис. 50



Рис. 54

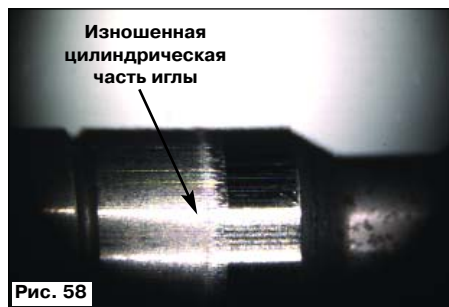


Рис. 58

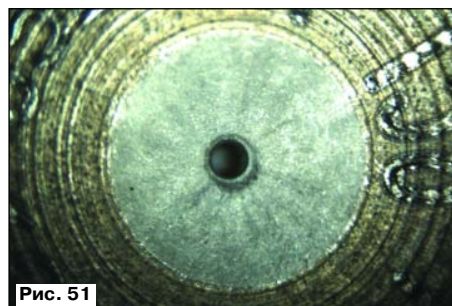


Рис. 51

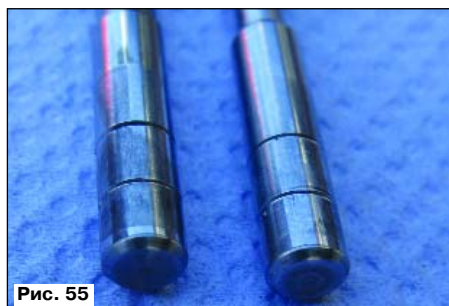


Рис. 55



Рис. 59

подвергалась "восстановлению" при помощи нанесения хрома, то повторно использовать пилотный плунжер нельзя, так как именно хром чаще, чем плохое топливо, является причиной выхода из строя и заклинивания пилотного плунжера в клапане-мультипликаторе. Примеры хромированных пилотных плунжеров с "посыпавшемся" хромом на углах кольцевых канавок показаны на рисунках (рис. 54, 55).

При увеличении четко видны "напылы" хрома в канавках, неравномерное нанесение покрытия, что привело к отрыву частичек металла и к выходу из строя инжектора сразу после "ремонта с восстановлением" (рис. 56, 57).

Далее проверяем состояние распылителя. Многие мастера при визуальной проверке распылителя обращают внимание только на цилиндрическую поверхность иглы. Это, конечно, очень важно, так как именно износ этой поверхности стоит на втором месте в списке причин утечки топлива в обратку из корпуса инжектора. Пример изношенной цилиндрической части иглы - на рис. 58.

Однако не менее важно проверять состояние запорного конуса иглы,

особенно для распылителей DSLA-типа, где запираение происходит по распыливающим отверстиям.

Пример критически изношенной иглы распылителя - запорный конус выглядит, как после обработки наждачной бумагой. Причина - попадание в топливо твердых частиц. Такой распылитель будет негерметичен по стыку "седло распылителя - запорный конус иглы" (рис. 59).

Второй пример также для распылителя DSLA типа - выгорание металла на запорном конусе напротив распыливающих отверстий. Этот распылитель будет выдавать многократно увеличенные дозы топлива в момент, когда выгоревшие участки на игле будут оказываться напротив распыливающих отверстий (рис. 60, 61).

На следующем фото - иглы от распылителей одного каталожного номера, но игла сверху - от нового распылителя, а нижняя - после так называемого "ремонта", произведенного путем шлифовки запорного конуса распылителя (рис. 62). Для читателей, не знакомых с данным вопросом, поясню, что никакой оригинальный производитель распылителей не предусматривает их ремонт, а только замену при пробеге автомобиля 60 000-120

000 км. Естественно, при использовании некачественного топлива или несвоевременной замене фильтров этот интервал снижается, и выход из строя может наступить очень быстро.

На фото четко видно, что запорный конус "восстановленного" нижнего распылителя не окрашен в черный цвет. Это означает, что при шлифовке был удален слой так называемого DLC покрытия.

Шлифованная игла "утонула" глубже в корпус распылителя, соответственно, ее ход увеличился. Для компенсации этого "мастерам по восстановлению" пришлось шлифовать торец распылителя, и их не смутило то, что шероховатость поверхности получилась значительно выше, чем заводская (рис. 63).

В результате такого "ремонта" работоспособность распылителя была восстановлена, но на очень короткое время, и вскоре клиенту вновь пришлось посетить дизельный сервис, но уже другой, где ремонт был произведен путем замены поврежденных деталей на новые, согласно технологии. Примечательно, что за работы по "восстановлению" клиент заплатил больше, чем за стоимость новых деталей.



Рис. 60



Рис. 63



Рис. 66



Рис. 61



Рис. 64



Рис. 62

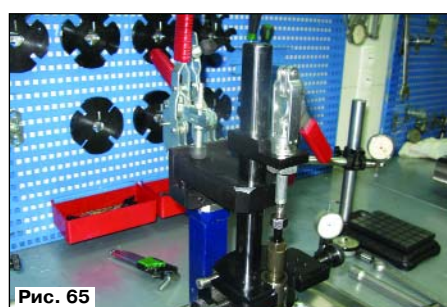


Рис. 65



Рис. 67

5. СБОРКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ИНЖЕКТОРА

После очистки корпуса и внутренних деталей в ультразвуковой мойке, производим сборку инжектора в обратной последовательности, начиная со стороны электромагнита (рис. 64).

В процессе сборки производим все необходимые регулировки установочных размеров и зазоров, которые для данного инжектора РЕГУЛИРУЮТСЯ В ДИАПАЗОНАХ:

- ТЫСЯЧНЫХ ДОЛЕЙ МИЛЛИМЕТРА ДЛЯ хода шарикового клапана и магнитного зазора,

- СОТЫХ ДОЛЕЙ МИЛЛИМЕТРА ДЛЯ хода иглы распылителя (рис. 65).

После сборки производим экспресс-проверку инжектора при помощи обычного стенда для проверки форсунок и модулятора сигналов "COMMON RAIL TESTER". Цель проверки - убедиться, что при сборке не было допущено каких-либо ошибок (рис. 66).

Далее устанавливаем инжектор с адаптером на одноканальный стенд C-MAX 3000 (рис. 67) или на шестиканальную модель C-MAX 4000 (рис. 68). Данные стенды ненамного отличаются по цене от своих собратьев с пнев-

матическим приводом и мензурками. Но, в отличие от них, являются полностью профессиональными стендами для полного тестирования инжектора согласно параметрам, заложенным в память компьютера стенда; оснащены электронной безмензурочной системой измерения с компьютерным контролем результатов теста; системой создания и поддержания высокого давления в диапазоне от 120 до 2000 Bar; принтером для вывода на печать результатов теста.

Уникальной особенностью этих стендов является система термической стабилизации тестовой жидкости, которая оснащена электрическим подогревом и встроенным кондиционером с хладагентом, напрямую охлаждающим бак стенда при длительной работе.

Аналогичные стенды других производителей используют для охлаждения проточную воду, которую необходимо подвести от водопроводной системы и после прохождения по змеевику в баке слить в канализацию. Это далеко не всегда удобно и возможно для дизельного сервиса, к тому же за воду надо платить.

Другой альтернативой для владельцев стендов-аналогов является покупка автономного охладителя, в котором

хладагент кондиционера охлаждает бак с водой, затем вода насосом подается в бак с тестовой жидкостью стенда. Однако сама по себе такая система стоит 5000-6000 евро, к тому же занимает много места на сервисе.

Устанавливаем инжектор на компьютерный стенд C-MAX (рис. 69).

Для установки используем тот же адаптер, с которым инжектор тестировали при помощи форсуночного стенда (рис. 70).

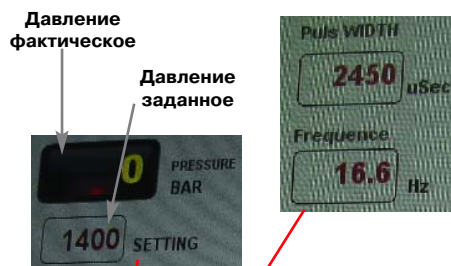
Входим в меню программы управления стендом и выбираем в списке производителей инжекторов фирму BOSCH (рис. 71).

В списке каталожных номеров - выбираем номер тестируемого инжектора: 0 445 120 020 (рис. 72).

В окне слева от списка инжекторов появится список тестов, необходимые условия Теста 1 автоматически отобразятся в окнах заданного давления, частоты срабатывания, длительности импульса. Допуски эталонных значений подачи топлива и обратного слива для Теста 1 отображены на экране (рис. 73).

Далее необходимо запустить привод насоса высокого давления, нажав на кнопку STOP/START под надписью "OIL PUMP" (рис. 74).

Активируем систему модулирова-



ния сигналов на тестируемый инжектор, нажав на кнопку START/STOP в меню длительности импульса (рис. 75).

Переводим работу стенда в режим AUTO (рис. 76).

При значениях давления и длины импульса, соответствующих Тесту 1, производим разогрев тестовой жидкости и тестируемого инжектора.

Затем отключаем подачу импульса на инжектор, активируем линию измерения обратного слива топлива (рис. 77), поднимаем давление в системе до 1800 bar, и производим статическую проверку утечек на стыках инжектора и в обратку.

Активируем линию измерения подачи топлива, возобновляем подачу импульса на инжектор, и производим Тест 1 (рис. 78).

Компьютерная система управления сгенерирует необходимые условия Теста 1 и измерит полученные значения подачи топлива и обратного слива топлива.

Положительный или отрицательный результаты теста отображаются на LCD мониторе зеленым (норма), желтым (ниже нормы), и красным (выше нормы)

цветами, а так же в цифровой форме.

Переходим к Тесту 2, кликнув левой кнопкой мышки по соответствующей надписи в меню тестов, компьютерная система управления стенда сгенерирует условия Теста 2 автоматически, и произведет измерения полученных значений и сравнение их с заданными параметрами (рис. 79).

Производим Тест 3 в автоматическом режиме, проверяем количество нагнетаемого инжектором топлива при давлении 1000 bar и длительности импульса 180 микросекунд (рис. 80).

Затем наводим курсор на окно длительности импульса и нажимаем правую кнопку мышки, в появившемся окне "CHANGE" уменьшаем импульс до тех пор, пока не прекратится впрыск инжектора. Затем поднимаем импульс до тех пор, пока впрыск не возобновится. Значение импульса, при котором впрыск возобновился, равно 140 микросекунд. Это значение является временем реакции инжектора (рис. 81).

Переходим к Тесту 4, проводим его в автоматическом режиме при давлении 300 bar и длительности импульса 750 микросекунд (рис. 82).

Затем наводим курсор на окно давления и нажимаем правую кнопку мышки. В появившемся окне "CHANGE" уменьшаем давление до тех пор, пока не прекратится впрыск инжектора, затем поднимаем давление до тех пор, пока впрыск не возобновится. Значение давления, при котором впрыск возобновился, равно 150 bar. Это значение является давлением начала впрыскивания инжектора (рис. 83).

Тесты завершены, их результаты выводим на печать, сохраняем в архиве и выдаем Заказчику, для подтверждения корректности ремонта инжекторов и демонстрации оснащения дизельного сервиса современным компьютеризированным оборудованием.

Дмитрий ШАМРОВСКИЙ



Рис. 75

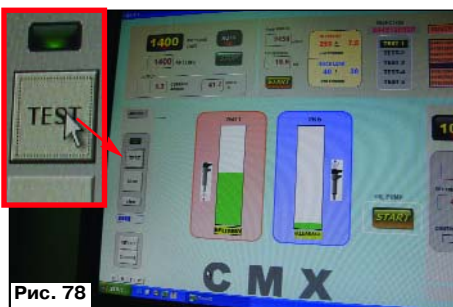


Рис. 78



Рис. 76



Рис. 79



Рис. 77



Рис. 80

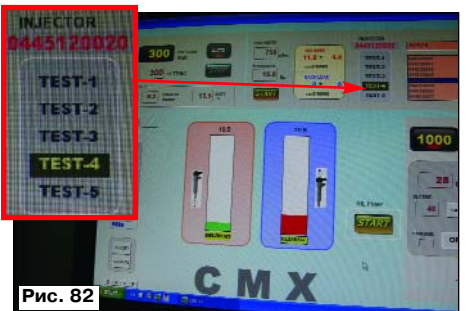
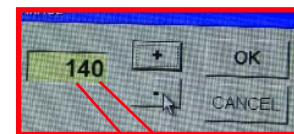


Рис. 82

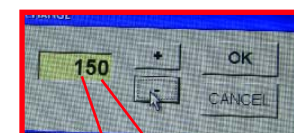


Рис. 83