

Устройство Ультразвуковой Очистки Автомобильных Инжекторов

Владимир Н. Хмелев, Роман В. Барсуков, Сергей Н. Цыганок, Алексей Н. Сливин,
Сергей В. Левин, Максим В. Хмелев, Андрей Н. Лебедев
Бийский технологический институт, Бийск, Россия

Аннотация—Рассматривается применение ультразвуковой очистки изделий от загрязнений. Устройство может быть использовано при создании современной материально-технической базы станций технического обслуживания автомобильной техники, осуществляющих очистку инжекторов современных автомобилей от нагара.

I. ВВЕДЕНИЕ

Проблема нагарообразования возникла одновременно с созданием мотора. Обусловлено это техническим прогрессом, обеспечившим, с одной стороны, создание и применение высокоэффективных систем впрыска топлива, более требовательных к качеству топлива, а с другой стороны, существенным ухудшением качества современного бензина, получаемого из тяжелых топлив методом крекинга. Такие бензины характеризуются высокой склонностью к нагарообразованию. Их применение приводит к отложениям на инжекторах, нарушающим точность дозировки подачи топлива. Это приводит к снижению мощности двигателя, затрудненному пуском, перерасходу топлива и детонации.

Проблема частично решается добавлением в топливо (бензин) специальных присадок, обеспечивающих внутреннюю чистоту двигателя и (или) использованием специальных очистителей. Они добавляются в бензобак при каждом сервисном обслуживании и по мере ухудшения параметров работы двигателя. Применение присадок вместе с тем имеет и отрицательную сторону – они растворяют все накопленные загрязнения в бензобаке. Затем растворенные отложения вместе с топливом проходят через всю топливную систему автомобиля. Это приводит к еще большему загрязнению топливной системы автомобиля, в частности инжекторов.

Низкое качество бензина, отсутствие в нем специальных чистящих присадок приводят к быстрому появлению незначительных отложений, по крайней мере, на одном инжекторе. Дальнейший рост отложений происходит катастрофически быстро из-за используемой на современных автомобилях электронной системы регулирования качества топливной смеси. Повышение содержания кислорода, вызванное уменьшением подачи

топлива через закоксованные распылители одного или нескольких инжекторов, воспринимается как обеднение смеси. В этом случае, с процессора блока управления, подается команда обогатить смесь путем увеличения времени подачи топлива. Избыток топлива приводит к ускоренному закоксовыванию всех инжекторов.

II. ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Решить проблему можно только заменой инжекторов или применением ультразвукового способа очистки, широко используемого в различных отраслях промышленности, но не нашедшего до настоящего времени широкого применения при очистке узлов и деталей автомобильных топливных систем.

Традиционные устройства ультразвуковой очистки (ультразвуковые ванны, в которые помещается очищаемое изделие и создается достаточно однородное акустическое поле) малоэффективны из-за конструктивных особенностей различных видов инжекторов, отсутствия направленности ультразвукового излучения и трудноудаляемости возникающих в них отложений. Применение ультразвуковых ванн эффективно при очистке больших поверхностей очищаемых деталей за счет однородного акустического поля (интенсивность излучения не превышает 2-3 Вт/см²).

Специализированные устройства для очистки автомобильных инжекторов [1] более эффективны, по сравнению с традиционными ультразвуковыми ваннами. Конструкция устройства позволяет не только усилить ультразвуковые колебания при помощи концентратора, но и направить их в распылительное отверстие инжектора. Колебания распространяются в направлении седла и конца запорного элемента, основных мест появления отложений инжектора. Однако используемые на практике устройства не позволяли произвести качественную очистку инжектора (в частности, его внутренних поверхностей) даже за очень длительное время (30-40 минут).

Обусловлено это тем, что все известные устройства не позволяли реализовать высокоэффективную высокоамплитудную ультразвуковую очистку для тонких протяженных каналов и направить всю энергию создаваемых ультразвуковых колебаний в зону очистки.

Имеющиеся данные [2] свидетельствуют о том, что для эффективной очистки каналов, имеющих малые поперечные и большие продольные размеры, (каналы инжекторов зачастую закрываются металлическими мембранами с калиброванными отверстиями для обеспечения факела распыла с заданными параметрами) необходимо обеспечить режим высокоинтенсивного ультразвукового воздействия (высокоинтенсивная очистка).

Экспериментальные исследования, проведенных на изделиях с малыми по диаметру отверстиями (менее 1 мм) и протяженностью до 50 мм позволили установить, что очистка таких каналов становится эффективной при интенсивности ультразвуковых колебаний в зоне очистки 35-100 Вт/см². Амплитуда механических колебаний излучающей поверхности преобразователя при этом превышает 100 мкм. При таком методе очистки кавитационные пузырьки уносятся гидродинамическими потоками в периферийные области ультразвукового поля, в том числе и в каналы изделий, где они «размывают» загрязнения и выносят их из каналов.

Одна из основных проблем практической реализации высокоамплитудной очистки связана с получением ультразвуковых колебаний столь высокой интенсивности. Это может быть решено двумя путями: увеличением амплитуды ультразвуковых колебаний и фокусировкой ультразвуковых колебаний в жидкой технологической среде.

III. ВЫСОКОАМПЛИТУДНОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Для высокоамплитудной очистки необходимо создать ультразвуковую колебательную систему, которая обеспечивает интенсивность воздействия не менее 50 Вт/см² на излучающей поверхности. Для этих целей была спроектирована и разработана ультразвуковая колебательная система, выполненная по полуволновой ступенчато-экспоненциальной схеме и объединяющая преобразователь Ланжевена и концентратор ультразвуковых колебаний [3].

При практическом использовании такой колебательной системы для очистки автомобильных инжекторов было установлено, что диаметр излучающей поверхности концентратора значительно превышал диаметр распылительного отверстия. Это не позволило обеспечить ввод высокоамплитудных колебаний в седло и на распылительный конус инжектора. Попытки выполнения излучающей поверхности соизмеримую с диаметром распылительного отверстия привели к возникновению осевой неустойчивости при ультразвуковой очистке. При этом выходной участок концентратора начинал прецессировать относительно акустической оси, и продольные ультразвуковые колебания преобразовались в

изгибные. Эффективность ультразвукового воздействия в направлении оси инжектора существенно уменьшалась.

Для устранения такого недостатка и обеспечения режима высокоамплитудной очистки, было предложено конструктивно совместить ультразвуковую колебательную систему [3] с фокусирующим рабочим инструментом. Диаметр торцевой рабочей поверхности концентратора выбирался из условия исключения осевой неустойчивости концентратора, а на торцевой излучающей поверхности концентратора ультразвуковой колебательной системы выполнялось сферическое углубление в основании радиусом R с углом раскрытия 2α . Инжектор устанавливался от концентратора на расстоянии L , определяемом из условия

$$L = (r - R) \cdot \operatorname{ctg} 2\alpha, \text{ где } 90^\circ < 2\alpha < 180^\circ,$$

где r – радиус распылительного отверстия очищаемого инжектора.

Предложенное и разработанное устройство для очистки автомобильных инжекторов схематично показано на рисунке.

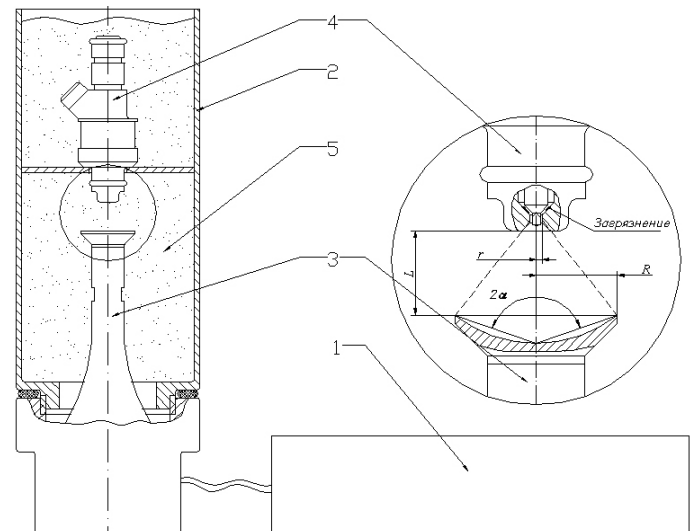


Рисунок – Устройство ультразвуковой очистки

На рисунке приняты следующие обозначения:

- 1 – генератор электрических колебаний;
- 2 – технологический объем;
- 3 – ультразвуковая колебательная система;
- 4 – очищаемый инжектор;
- 5 – моющая жидкость.

R – радиус торцевой излучающей поверхности концентратора ультразвуковой колебательной системы;

r – радиус распылительного отверстия очищаемого инжектора;

L – расстояние между излучающей поверхностью концентратора и распылительным отверстием инжектора.

Выбранная конструктивная схема позволила создать колебательную систему длиной менее 110 мм и диаметром 38 мм (на рабочую частоту 22 кГц) или длиной менее 60 мм и диаметром 30 мм (на рабочую частоту 44 кГц).

Для питания ультразвуковой колебательной системы используется ультразвуковой генератор, преобразующий электрическую энергию промышленной частоты (50 Гц) в электрическую энергию ультразвуковой частоты (22 или 44 кГц). Генератор электрических колебаний включает в себя: задающий генератор, предварительный усилитель, усилитель мощности и узел обратной связи, обеспечивающий автоматическую подстройку частоты. Необходимость автоматической подстройки частоты обусловлена изменениями резонансной частоты колебательной системы в процессе очистки, из-за повышения температуры моющей жидкости, колебательной системы и, как следствие, изменения акустической нагрузки.

Устройство очистки автомобильных инжекторов работает следующим образом. Генератор вырабатывает электрические колебания ультразвуковой частоты, предназначенные для питания пьезоэлектрического преобразователя колебательной системы. В пьезоэлектрическом преобразователе, за счет обратного пьезоэффекта происходит преобразование электрических колебаний в упругие ультразвуковые. Упругие ультразвуковые колебания усиливаются концентратором и достигают торцевой излучающей поверхности. Торцевая поверхность обеспечивает направленное излучение ультразвуковых колебаний вдоль акустической оси колебательной системы на распылительное отверстие инжектора, повышая интенсивность ультразвуковых колебаний в зоне очистки до требуемой величины. Расстояние L между торцевой поверхностью концентратора, имеющей сферическое углубление в основании радиусом R с углом раскрытия 2α , и распылительным отверстием инжектора выбирается из тех условий, что излучение концентрируется на участке, соответствующем распылительному отверстию инжектора. Это позволяет обеспечить высокую интенсивность ультразвукового излучения в зоне очистки (достаточную для реализации режима высокоамплитудной очистки) и исключает нерациональное использование ультразвуковой энергии.

Действие устройства очистки автомобильных инжекторов основано на использовании ультразвуковых колебаний высокой интенсивности, создающих в жидкой среде взрывающиеся кавитационные пузырьки и потоки жидкости. Кавитационные пузырьки обеспечивают механическое разрушение пленки загрязнений, а акустические потоки выносят растворенные загрязнения из зон очистки.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить, с применением предложенного устройства и без применения специальных моющих средств (например, бензин) за 5...10 минут полностью восстанавливается работоспособность любого инжектора и его эффективность поднимается до номинального значения (по производительности распыляемого топлива и виду формируемого факела).

Предложенное техническое решение реализовано в виде работоспособного ультразвукового технологического аппарата, испытано в лабораторных условиях и внедрено в опытную эксплуатацию на станциях технического обслуживания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Хмелёв В.Н., Барсуков Р.В., Сливин А.Н., Цыганок С.Н. Ультразвуковая очистка автомобильных инжекторов и клапанов. Материалы I Всероссийской научно-практической конференции «Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях (ИАМП-2000)». - Барнаул: АлтГТУ, 2000, с.248-252.
- [2] Келлер О.К., Кратыш Г.С., Лубяницкий Г.Д. Ультразвуковая очистка. Л. Машиностроение (Ленинградское отделение), 1977, с. 52-53.
- [3] Хмелёв В.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н. Патент РФ №2141386, 1999. Ультразвуковая колебательная система.