

**РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДВС
С МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ПОДАЧИ
ТОПЛИВО-ВОДО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ
ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В ВЫХЛОПНЫХ ГАЗАХ**

DEVELOPMENT OF A SCHEME FOR AN EXPERIMENTAL INSTALLATION OF AN
INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH A MODERNIZED FUEL-WATER-AIR MIXTURE
SUPPLY SYSTEM IN ORDER TO REDUCE HARMFUL EMISSIONS IN EXHAUST GASES

Толстов С.А., кандидат технических наук, доцент, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Tolstov S.A., PhD in Technical Sciences, Docent, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Панченко С.Л., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Panchenko S.L., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Толстова А.С., студент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Tolstova A.S., Student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Набатов Д.Р., студент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Nabatov D.R., Student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Трощенко Р.В., студент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Troshchenko R.V., Student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. Одним из основных поставщиков вредных веществ в атмосферу является автомобильный транспорт, оснащенный двигателем внутреннего сгорания. Топливом для ДВС служат фракции от переработки нефти, в основном, это бензин и солярка. В настоящее время в мире эксплуатируется около миллиарда автомобилей, которые потребляют более 70 % всей добываемой нефти. При сгорании автомобильного топлива в атмосферу выбрасываются различные токсичные вещества, негативно воздействуя на окружающую природу и здоровье людей, ухудшая экологическую ситуацию. В настоящее время экологическая обстановка настолько серьезная, что некоторые развитые страны уже начинают вводить запрет на использование классических ДВС. Таким образом, модернизация ДВС с целью уменьшения

токсичных выбросов в атмосферу является актуальной задачей. В статье описывается разработанная схема установки на базе четырехтактного двигателя внутреннего сгорания, которая позволит уменьшить количество токсичных газов в продуктах сгорания.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, двигатель внутреннего сгорания (ДВС), топливо, впрыск воды, токсичные газы, экология, газоанализатор.

Abstract. One of the main sources of harmful substances in the atmosphere is motor transport equipped with an internal combustion engine. The fuel for internal combustion engines is fractions from oil refining, mainly gasoline and diesel fuel. Currently, about a billion cars are used in the world, which consume more than 70% of all oil produced. When motor fuel is burned, various toxic substances are emitted into the atmosphere, negatively affecting the environment and human health, worsening the environmental situation. Currently, the environmental situation is so serious that some developed countries are already beginning to ban the use of classic internal combustion engines. Thus, upgrading internal combustion engines to reduce toxic emissions into the atmosphere is an urgent task. The article describes the developed installation scheme based on a four-stroke internal combustion engine, which will reduce the amount of toxic gases in the combustion products.

Keywords: road transport, internal combustion engine (ICE), fuel, water injection, toxic gases, ecology, gas analyzer.

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) – это тепловая машина, в которой тепловая энергия сгораемого топлива преобразуется в механическую работу. В настоящее время ДВС являются самыми распространенными видами двигателей, производятся и используются повсеместно. Можно сказать, что мы живем в веке ДВС. В мире огромное количество авто- и мототранспорта с ДВС используется в промышленности и в личных целях.

Топливом для ДВС служат фракции от переработки нефти, в основном, это бензин и солярка. В настоящее время в мире эксплуатируется около полутора миллиарда автомобилей, которые потребляют более 70% всей добываемой нефти. При сгорании автомобильного топлива в атмосферу выбрасываются различные токсичные вещества (оксид углерода (CO), углекислый газ (CO₂), оксиды азота (NO_x), а также углеводороды (C_nH_m)), негативно воздействуя на окружающую природу, здоровье людей и создавая серьезную экологическую ситуацию [1-3]. Таким образом, одним из основных поставщиков вредных веществ в атмосферу является автомобильный транспорт, оснащенный двигателем внутреннего сгорания (Рис. 1).

В настоящее время экологическая обстановка настолько серьезна, что некоторые развитые страны уже начинают вводить запрет на использование классических ДВС. Кроме того, топливные кризисы и снижение мировых запасов нефти заставили ученых и инженеров во множестве стран начать поиски альтернативного топлива для двигателей. На сегодняшний день практически все мировые лидеры автоиндустрии отказываются от дальнейших разработок ДВС, сконцентрировав свое внимание, в частности, на электродвигателях. Если 10 лет назад электромобиль был в диковинку, то сегодня этим уже никого не удивишь. Интенсивно развивается и инфраструктура для автомобилей на электротяге. С такими тенденциями за несколько десятков лет электромобили придут на смену традиционным на сегодняшний день автомобилям с ДВС [3-6].

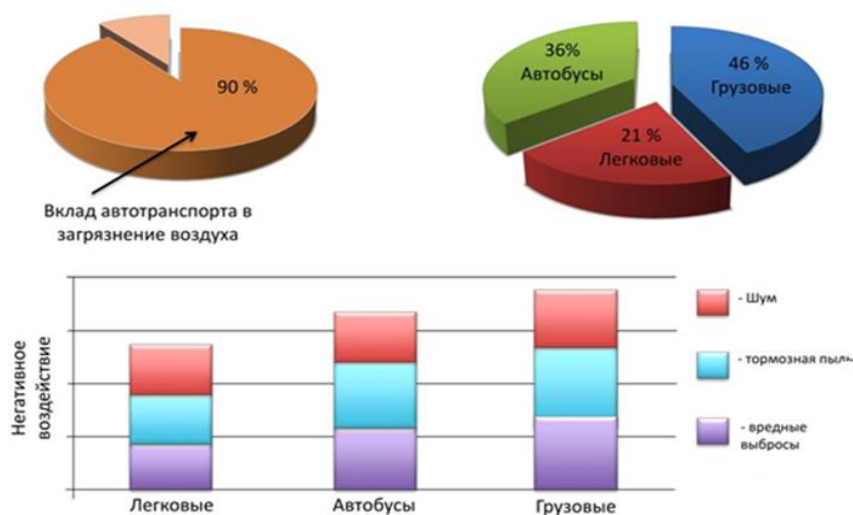


Рисунок 1 – Вклад автотранспорта с ДВС в экологию города

Но даже если предположить, что в ближайшем будущем будут производиться только автомобили на электротяге, все равно останется огромное количество классических автомобилей с ДВС, а значит, актуальна проблема по уменьшению вредных выбросов в атмосферу. Варианты есть. Это применение более чистого топлива, внедрение инновационных катализаторов, переход на газовое топливо. Еще один из способов снижения токсичности выхлопных газов – это добавление воды в топливно-воздушную смесь. Этот способ известен давно. Вопрос о применении воды в качестве охлаждающей и антидетонационной присадки к топливу был исследован еще в 30-х годах прошлого века в СССР, Германии, Соединенных Штатах Америки и даже использовался в некоторых областях на промышленных образцах. Но, тем не менее, данная технология широкого применения не получила и в настоящее время практически не используется, так как еще не до конца исследована, нет необходимой теории [4, 7, 8].

С точки зрения теплотехники, добавленная в топливо вода является балластом, так как часть тепла, выделяющегося при сгорании топлива, тратится на нагрев воды, испарение и перегрев пара, чем и объясняется охлаждающий эффект воды, впрыснутой в цилиндры двигателя. Вода благодаря высокой теплоемкости уменьшает температуру в двигателе. При стандартной работе на придание движению автомобиля уходит 30-45 % энергии от сжигания топлива, остальная часть «обогревает» окружающую среду. Впрыск же воды, уменьшая температуру внутри цилиндров, позволяет повысить эффективность работы мотора, так как более прохладный газ сжать намного легче и энергия, уходящая на сжатие, существенно снижается. Также вода попадает в цилиндр в распыленном виде и, соединяясь с бензином, помогает топливу заполнить всё пространство, благодаря чему оно равномерно выгорает. Такое явление должно обеспечить рост КПД, уменьшить детонацию и увеличить мощность двигателя. В подтверждение этому исследователи водяного впрыска отмечают следующие достоинства применения смеси топлива и воды:

- увеличение мощности двигателя;
- уменьшение расхода топлива;
- повышение КПД двигателя;

- увеличение срока эксплуатации двигателя;
- существенное снижение риска детонации ДВС;
- снижение токсичности выхлопных газов.

Недостатки:

- необходимость иметь сложные специальные устройства для подачи воды, ее распыления и автоматического регулирования;
- необходимость иметь запас чистой (дистиллированной) воды;
- при минусовой температуре работа впрыска может быть под угрозой, ибо вода может замерзнуть;
- возможность коррозии деталей двигателя от воды, поэтому перед остановкой двигателя необходимо отключить подачу воды.

Если говорить о достоинствах, то они впечатляют. Главное, на наш взгляд, это то, что при введении воды снижаются вредные выбросы в атмосферу и увеличивается срок эксплуатации двигателя. В подтверждение этому автомобилисты, которые используют данный способ на практике, единогласно уверяют, что даже после нескольких лет эксплуатации ДВС с впрыском воды внутренности его цилиндров имеют меньше нагара и выглядят совсем как новые [7, 8].

С целью исследования возможности применения впрыска воды в ДВС для снижения вредных выбросов в атмосферу и теоретического описания процессов, протекающих при этом, предложена схема экспериментальной установки на базе четырехтактного бензинового двигателя (Рис. 2). Причем, использовать воду будем не в жидком состоянии, а в газообразном. Для реализации этого способа разработан генератор для получения влажного насыщенного воздуха (тумана). Схема и разработанный генератор, представлены на рисунках 3 и 4. Ввод тумана в топливно-воздушную смесь предлагается осуществлять после воздушного фильтра во входной коллектор. Данный вариант ввода воды достаточно прост, не требует серьезного вмешательства в конструкцию двигателя и вспомогательного оборудования, что является существенным достоинством работы.

Основным элементом генератора для получения влажного воздуха (тумана) является ультразвуковой излучатель. Ультразвуковая мембрана излучателя вибрирует с высокой частотой, «разбивая» воду на мельчайшие капли (туман). Питание излучателя происходит от 12 В постоянного напряжения, т.е. не требует дополнительного электрического источника и может осуществляться от аккумуляторной батареи автомобиля.

Принцип работы данной системы прост: в резервуар с водой помещается ультразвуковой излучатель, который превращает воду в туман. Вентилятор вытесняет его из емкости в паропровод, который идет к впускному коллектору карбюратора двигателя, где происходит его смешивание с топливом, после чего смесь поступает в камеру сгорания двигателя. Кран, установленный на паропроводе, позволяет перекрывать подачу тумана в необходимых случаях. А именно, запуск двигателя необходимо осуществлять в обычном режиме на бензине, дождаться стабильной работы двигателя, а затем открыть кран подачи влаги. При глушении двигателя необходимо действовать в обратном порядке, сначала перекрыть кран влаги, дать двигателю поработать некоторое время в стандартном режиме, а затем заглушить. Эти условия необходимо выполнять для того, чтобы в цилиндре и картере двигателя не оставалась и не накапливалась вода.

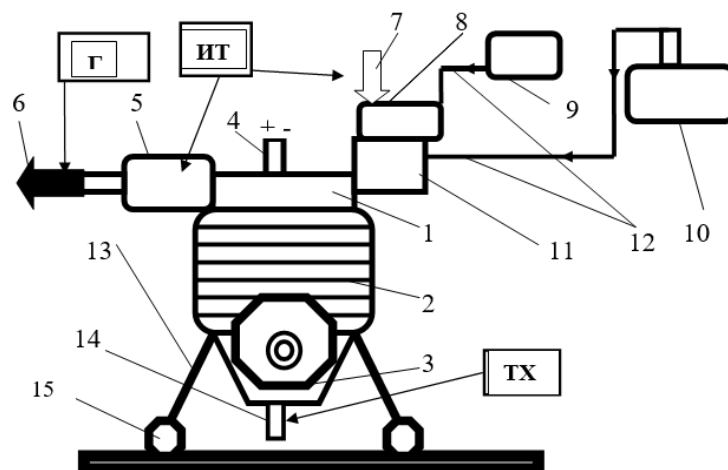


Рисунок 2 – Принципиальная схема экспериментальной установки для исследования работы поршневого ДВС на влажном насыщенном воздухе: 1 – головка цилиндра; 2 – цилиндр с картером; 3 – стартер; 4 – свеча зажигания; 5 – глушитель; 6 – выхлопные газы; 7 – атмосферный воздух; 8 – воздухоочиститель; 9 – топливный бак; 10 – парогенератор; 11 – карбюратор; 12 – топливо-паропроводы; 13 – рама; 14 – выходной вал; 15 – амортизаторы. Средства измерения: Г – газоанализатор; ИТ – измеритель температур; ТХ – тахометр

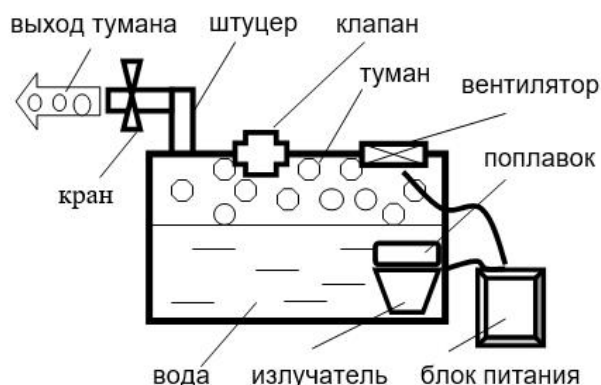


Рисунок 3 – Принципиальная схема и образец генератора влажного воздуха

Для определения температуры воздуха и продуктов сгорания будем применять датчики температур. Датчиками служат термопары с выносным кабелем и электронным указателем температур с диапазоном измерения 0 – 2000 °С. Для определения скорости вращения вала двигателя используем тахометр, для определения токсичности выхлопных газов – газоанализатор.

Таким образом, на разработанной установке можно будет практически исследовать работу ДВС на смеси топлива с влажным насыщенным воздухом и зафиксировать изменения величины значений токсичных газов в продуктах сгорания, скорости вращения вала двигателя и значения температуры продуктов сгорания на выходе из камеры сгорания. Анализ полученных на экспериментальной установке результатов позволит более глубоко изучить данный способ повышения экологичности ДВС и возможности его широкого использования. Банк экспериментальных данных позволит внести вклад в теорию расчета циклов ДВС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяченко, Н.Х. Теория двигателей внутреннего сгорания. Рабочие процессы / Н.Х. Дьяченко. – Ленинград: Машиностроение, 1974. – 551 с.
2. Свистула, А.Е. Двигатели внутреннего сгорания: учебное пособие / А.Е. Свистула. – Барнаул: Издательство АлтГТУ, 2009. – 81 с.
3. Кульчинский, А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей / А.Р. Кульчинский. – Владимир: Издательство Владимирского государственного университета, 2000. – 256 с.
4. Лефёров, А.А. Актуальность и проблемы совершенствования цикла ДВС применением непосредственного впрыска воды / А.А. Лефёров, Н.Д. Куприянов // Труды МАИ. – 2010. – № 39. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-i-problemy-sovershenstvovaniya-tsikla-dvs-primeneniem-neposredstvennogo-vpryska-vody> (дата обращения 15.03.2025).
5. В России начались испытания электромобиля. – URL: <https://www.yuga.ru/news/453302-v-adygee-sobrali-pervyj-v-rossii-elektricheskij-mikroavtomobil> (дата обращения 27.09.2024).
6. Впрыск воды в двигатель, форум. – URL: <https://vistacub.ru/forum/viewtopic.php?t=995342&start=15> (дата обращения 11.10.2024).
7. Как впрыск воды повышает мощность мотора. – URL: <https://quto.ru/journal/articles/kak-vprysk-vody-povyshaet-moschnost-motora.htm> (дата обращения 03.12.2024).
8. Системы впрыска воды в ДВС. – URL: <https://www.drive2.ru/c/1695222/?ysclid=m659rtp59y543101011> (дата обращения 03.12.2024).

REFERENCES

1. Dyachenko, N.H. Theory of internal combustion engines. Workflows / N.H. Dyachenko. – Leningrad: Mashinostroenie Publ., 1974. – 551 p.
2. Svistula, A.E. Internal combustion engines: training manual / A.E. Svistula. – Barnaul: AltSTU Publishing House, 2009. – 81 p.
3. Kulchinsky, A.R. Toxicity of automobile and tractor engines / A.R. Kulchinsky. – Vladimir: Vladimir State University Press, 2000. – 256 p.
4. Leferov, A.A. The relevance and problems of improving the internal combustion engine cycle using direct water injection / A.A. Leferov, N.D. Kupriyanov // Proceedings of MAI. – 2010. – Iss. 39. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-i-problemy-sovershenstvovaniya-tsikla-dvs-primeneniem-neposredstvennogo-vpryska-vody> (accessed 15.03.2025).
5. Tests of an electric car have begun in Russia. – URL: <https://www.yuga.ru/news/453302-v-adygee-sobrali-pervyj-v-rossii-elektricheskij-mikroavtomobil> (accessed 27.09.2024).
6. Water injection into the engine, forum. – URL: <https://vistacub.ru/forum/viewtopic.php?t=995342&start=15> (date of circulation 11.10.2024).
7. How water injection increases engine power. – URL: <https://quto.ru/journal/articles/kak-vprysk-vody-povyshaet-moschnost-motora.htm> (accessed 03.12.2024).
8. Water injection systems in the internal combustion engine. – URL: <https://www.drive2.ru/c/1695222/?ysclid=m659rtp59y543101011> (accessed 03.12.2024).