

Федеральная служба войск национальной гвардии  
Российской Федерации

Московское президентское кадетское училище имени М. А.  
Шолохова войск национальной гвардии Российской Федерации

«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОТО-ДВИГАТЕЛЯ  
ПОСРЕДСТВОМ МОДЕРНИЗАЦИИ РЕЗОНАТОРА»

Стюхин Николай Александрович, 11 Б

Евграфова Людмила Владимировна, к.э.н., доцент кафедры связей с  
общественностью, речевой коммуникации и туризма, Институт  
экономики и управления АПК

Жидякова Кристина Николаевна преподаватель физики, МПКУ им.  
М. А. Шолохова ВНГ РФ  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Москва, 2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Устройство двухтактного двигателя.....	3
2. Преимущества и недостатки двухтактных двигателей.....	4
3. Увеличение экологичности, КПД и мощности на примере евромопеда CPI SX 50.....	5
4. Когда происходит увеличение мощности двигателя.....	7
5. Процесс проектирования и изготовления резонатора.....	8
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	11
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	13

## **Введение**

Во многих источниках создание первого двигателя внутреннего сгорания приписывают Готтлибу Даймлеру, другие считают изобретателем Николаса Отто. Однако существует версия, что и те, и другие ошибаются. Еще в 1858 году бельгиец Жан Жозеф Этьен Ленуар создал двухтактный двигатель внутреннего сгорания на газовом топливе.

В России хорошо известны мотоциклы ИЖ «Планета» и «Юпитер» с двухтактными двигателями. В Германии в период Второй мировой двухтактные двигатели активно применялись в самолетостроении. В наше время, к примеру, моторы марки Rotax, широко используются в малой авиации.

С ужесточением норм токсичности двухтактные двигатели перестали рассматриваться в качестве силовых установок для гражданского транспорта, но на скутерах, снегоходах, катерах и в авиамodelьном спорте, то есть там, где требуются моторы малого объема и веса, конкурентов им по-прежнему нет.

### **1. Устройство двухтактного двигателя**

Конструктивно двухтактный и четырехтактный двигатели схожи. Основное различие между ними заключено в принципе газораспределения и в том, что рабочий цикл в двухтактном двигателе совершается за один оборот коленчатого вала.

Отдельного газораспределительного механизма в двухтактном двигателе нет. Роль впускных и выпускных клапанов выполняют отверстия в стенках цилиндра, а выталкивает выхлопные газы наружу и втягивает внутрь очередную порцию рабочей смеси сам поршень. В процессе газообмена участвует и кривошипная камера.

Для наполнения цилиндра топливоздушнoй смесью используется впускное окно, которое также называют продувочным. Второе, выпускное окно, служит для удаления отработавших газов из цилиндра. Оно расположено выше впускного.

В течение первого такта поршень движется вверх, перекрывая продувочное окно, а затем и выпускное. Происходит сжатие топливовоздушной смеси. В это время в кривошипной камере создается разрежение, которое используется для всасывания топливно-воздушной смеси из карбюратора в полость картера.

Далее начинается второй такт. Свеча зажигания воспламеняет сжатую топливовоздушную смесь. Расширяясь, газы толкают поршень вниз. По мере движения поршня вниз открывается выпускное окно, и часть газов удаляется из цилиндра. При движении поршня вниз в кривошипной камере создается избыточное давление. Поршень продолжает двигаться вниз, к нижней мертвой точке, и открывает продувочное отверстие. Начинается наполнение цилиндра топливовоздушной смесью из кривошипной камеры. Свежая смесь выталкивает из цилиндра остатки отработавших газов.

Описанная схема работы характерна для карбюраторных моторов. Схема работы дизельных и инжекторных бензиновых двухтактных моторов отличается тем, что топливо впрыскивается в камеру сгорания через форсунку, а в полость кривошипной камеры засасывается чистый воздух.

## **2. Преимущества и недостатки двухтактных двигателей**

Самое главное преимущество двухтактных двигателей – более высокая, по сравнению с четырехтактными, литровая мощность. Дело здесь в том, что при равном количестве цилиндров и количестве оборотов коленчатого вала в минуту, каждый цилиндр совершает рабочий ход вдвое чаще. При этом, за счет того, что фактический рабочий ход двухтактного двигателя короче (он укорочен за счет процессов газообмена), реально объем двигателя увеличивается на 50-60%.

Не менее важное преимущество — компактность. Благодаря этому качеству двухтактные двигатели нашли широкое применение не только в небольших транспортных средствах наподобие снегоходов, но и в садовой технике, а также инструментах (к примеру, в бензопилах). Кроме того,

отсутствие газораспределительного механизма заметно делает конструкцию проще и дешевле в производстве.

Есть у двухтактных ДВС и существенные недостатки. Они расходуют больше топлива впустую, так как при открытии выпускного окна в систему выхлопа попадает часть несгоревшей смеси. Соответственно и КПД у 2т двигателя ниже, относительно 4т ДВС, при существенно более высокой мощности первого. Система смазки классического двухтактного мотора крайне примитивна – бензин смешивается с маслом заранее, и оба эти вещества попадают в камеру сгорания одновременно. Обусловлено это тем, что организовать масляную ванну в картере невозможно – картер участвует в процессе газообмена. В результате масло, не пошедшее на смазывания стенок цилиндра, сгорает вместе с топливом. Ресурс двухтактного двигателя также значительно меньше, главным образом, за счет высоких оборотов коленвала. По этой причине в двигателях этого типа применяется только специальное высококачественное масло, разработанное для применения в двухтактных двигателях. Экологические параметры также оставляют желать лучшего: в выхлопе, из-за особенностей газораспределения, содержится большое количество СО и СН.

### **3. Увеличение КПД, экологичности и мощности на примере евромопеда CPI SX 50**

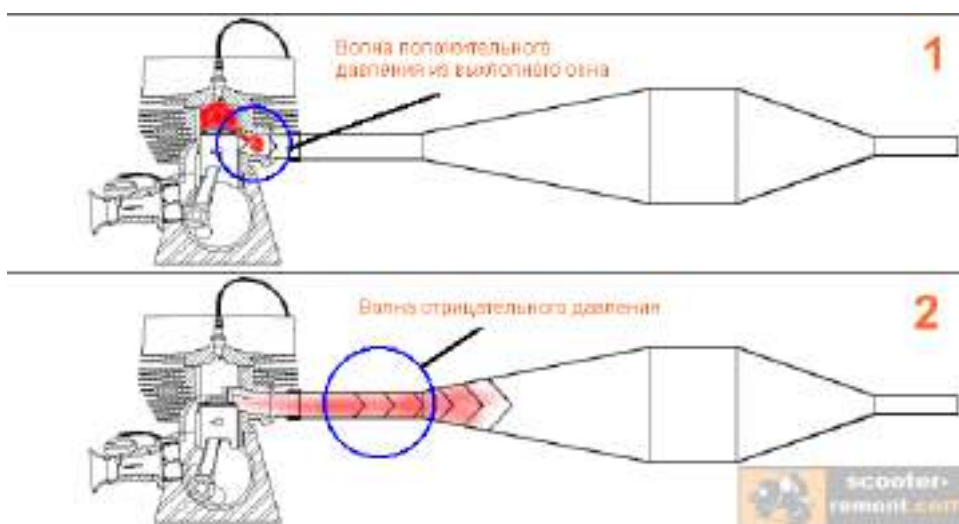
Перечислив все недостатки, присущие двухтактному двигателю, можно подумать, что данный тип ДВС уже давно должен быть списан со счетов. Ведь, даже всевозможные экологические ограничители не способны приблизить 2т ДВС к его четырехтактному собрату, при этом в значительной степени теряется главный его плюс - литровая мощность.

Данный вывод является ошибочным. в последние 2 десятилетия было изобретено устройство, позволяющее одновременно поднять такие противоречивые в машиностроении показатели как мощность, КПД и экологичность. Имя ему - резонатор. Работа правильно подобранного резонатора напоминает процесс работы турбины, когда увеличивается сжатие

смеси внутри цилиндра. Принцип работы двухтактника определяет потерю части топливно-воздушной смеси во время такта впуска-сжатия, когда она просто вылетает в трубу. Задача резонатора – создать нужное давление в трубе, тем самым максимально эффективно сдержать часть выхлопных газов. Это не дает топливно-воздушной смеси свободно выйти из выпускного канала, вследствие чего увеличивается наполнение камеры сгорания, увеличивается и давление в камере сгорания, а значит и мощность двигателя.

Во время движения поршня вниз, когда открывается выпускной канал, в резонаторе происходит череда событий, определяющих последующее увеличение крутящего момента и мощности двигателя. Сразу после воспламенения смеси в двухтактном двигателе, поршень уходит вниз и открывает выпускной канал цилиндра. Естественно, выхлопные газы стремятся в выхлопную трубу с огромной скоростью, создавая там определенную волну положительного давления. Этот процесс приведен на рис.1.

Временной промежуток между моментами открытия канала выпуска и впуска в данном случае следует называть термином «ход выхлопа». По сути, ход выхлопа позволяет выйти горячим выхлопным газам, находящимся под давлением, в резонатор. В этот момент в камере сгорания создается разрежение, после чего, при дальнейшем движении поршня вниз и открытии выпускного окна, в цилиндр засасывается свежая порция топливовоздушной смеси, и, собственно, воспламеняется. Без этого трудно избежать контролируемого воспламенения.



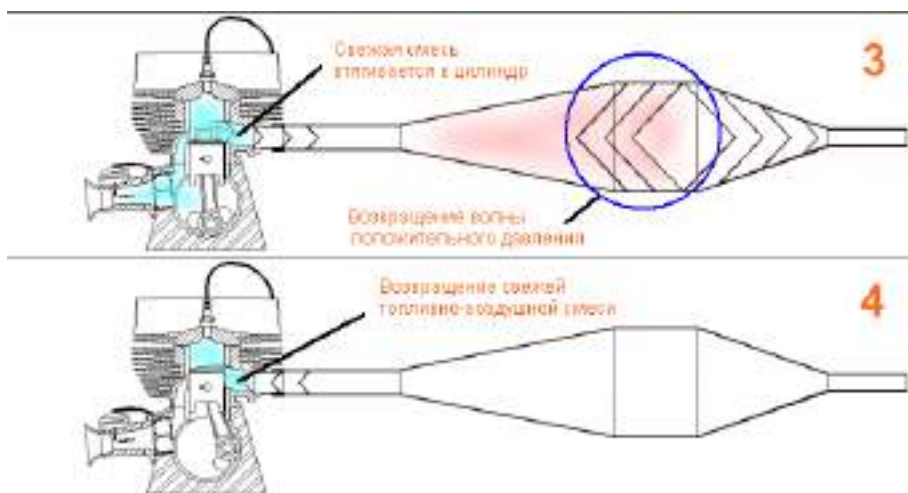
Далее следует волна отрицательного давления (рис.2). Суть этого процесса в том, что в камере сгорания создается сильное отрицательное давление возле открывающего впускного канала. Происходит это из-за того, что газы, вылетающие с огромной скоростью, обладают большой инерцией. Во время волны отрицательного давления в камеру сгорания засасывается свежая порция смеси и тут же часть ее вылетает в выхлопную трубу из-за того, что небольшой промежуток времени выпускной и впускной каналы остаются открытыми одновременно. Такое уж строение двухтактного двигателя.

После этого следует очередная волна положительного давления, когда вылетевшие в выхлопную трубу газы, расширяясь в первом конусе, стремятся дальше и, проходя через резонатор, ударяются о противоположный конус, который резко сужается, тем самым и не дает выхлопным газам сразу же выйти наружу. В этот момент часть газов возвращается обратно к выхлопному каналу цилиндра, после чего прекращается дальнейшее образование вакуума в камере сгорания двигателя.

#### **4. Когда происходит увеличение мощности двигателя**

На рис.3 показан процесс наддува через выхлопной порт. Сразу после того, как поршень перекрывает впускной канал, часть вылетевшей неиспользованной топливно-воздушной смеси возвращается обратно в камеру сгорания под действием давления, которое было создано оставшимися в резонаторе выхлопными газами, как показано на рис.4. Именно этот пункт

определяет увеличение мощности двигателя вследствие того, что на момент зажигания в цилиндре находится больше горючей смеси под большим давлением.



## 5. Процесс проектирования и изготовления резонатора



Рисунок 5 - CPI SX 50

Собственно, на рис.5 представлено тайваньско-австрийское детище - CPI SX 50 и его стандартный резонатор (рис.6). Невооруженным глазом видно отсутствие приемного конуса, что значительно ухудшает газодинамику. Было



принято решение самостоятельно изготовить резонатор с исправленными заводскими недоработками.



Рисунок 6 - стандартная выхлопная труба (резонатор)

В качестве прототипов для изготовления выступали резонаторы схожих по кубатуре современных спортивных кроссовых мотоциклов (рис.7), на которых практически всегда установлены выхлопные системы данного типа из-за высоких требований в спорте к мощности и отзывчивости двигателей. Характерная черта, доказывающая работоспособность таких выпускных систем - наличие двух конусов: приемного и отражающего рис.8.



Рисунок 7 - Kawasaki kx 85



Рисунок 8 - выпускная система кроссового мотоцикла

В процессе изготовления резонатора, несмотря на заранее проведенные замеры, неоднократно приходилось примерять заготовку, чтобы завершенная деталь могла быть без труда установлена (рис.9). Данную особенность следует

учитывать при изготовлении выпускной системы такого типа в гаражных условиях, поскольку, как выяснилось, учесть все факторы невозможно (поведение обработанного металла, геометрию рамы и расположение в ней навесного оборудования). Однако, данные трудности не помешали создать и установить новый резонатор на CPI SX 50.



Рисунок 9 - примерка резонатора на CPI SX 50

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге, ходовые испытания доказали работоспособность данной системы и ее превосходство над стандартной волновой трубой. Отклик двигателя на ручку газа стал заметно резче, возросли максимальный обороты, а вслед за ними мощность, на всем диапазоне оборотов тяга увеличилась, пусть и сместилась к более высоким оборотам. Неожиданным минусом стал

возросший шум всего ДВС, вызванный повышенными оборотами и распространением усилившейся в трубе звуковой волны. Видимо, именно эта особенность не позволяет получить резонаторам широкое распространение, поскольку такой звук способен раздражать окружающих. Я смог справиться с данной проблемой, перенабив ватой родной глушитель, но есть предположение, что данную процедуру придется проводить 2-3 раза за сезон. Но ради возросшей мощности, теоретически не в ущерб ресурсу, КПД и экологичности, думаю, многие будут готовы мириться с возросшей частотой технического обслуживания. Результат всех проделанных работ представлен на рис.10.



Рисунок 10 - установленный резонатор

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Blamper.ru. Двухтактный двигатель внутреннего сгорания. Блог Drive2.ru
2. Глушитель саксофон на скутере – принцип работы и технические особенности. scooter-remont.com
3. Форум Московский Скутер Клуб