

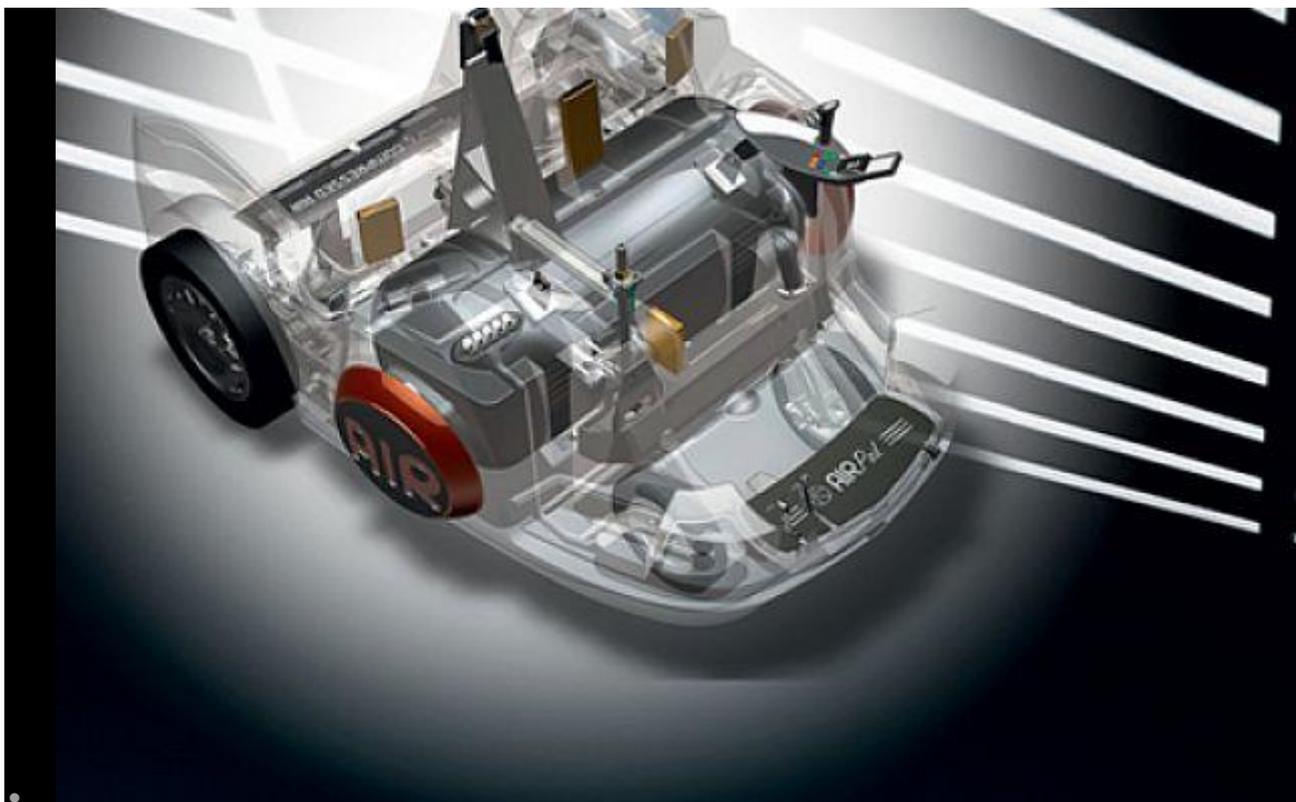
# Автомобили на сжатом воздухе: плюсы и минусы

Несколько лет назад мир облетела новость о том, что индийская компания Tata собирается запустить в серию автомобиль, работающий на сжатом воздухе. Планы так и остались планами, но пневматические автомобили явно стали трендом: каждый год появляется несколько вполне жизнеспособных проектов, а компания Peugeot в 2016 году планировала поставить на конвейер воздушный гибрид. Почему же пневмокары внезапно вошли в моду?

Тим Скоренко

23 августа 2016

21795



### **Аудиоверсия статьи:**

Все новое — это хорошо забытое старое. Так, электромобили в конце XIX века были популярнее бензиновых собратьев, затем они пережили столетнее забвение, а потом снова «восстали из пепла». То же касается и пневмотехники. Еще в 1879 году французский пионер авиации Виктор Татен спроектировал самолет A? gorlane, который должен был подниматься в воздух благодаря двигателю на сжатом воздухе. Модель этой машины успешно летала, хотя в полном размере самолет построен не был.

Родоначальником пневмодвигателей на наземном транспорте стал другой француз, Луи Мекарски, разработавший подобный силовой агрегат для парижских и нантских трамваев. В Нанте машины испытали в конце 1870-х, а к 1900 году Мекарски владел парком из 96 трамваев, что доказывало эффективность системы. Впоследствии пневматический «флот» был заменен электрическим, но начало было положено. Позднее пневмолокомотивы нашли себе узкую сферу повсеместного применения — шахтное дело. В то же время начались и попытки поставить воздушный двигатель на автомобиль. Но до начала XXI века эти попытки оставались единичными и не стоящими внимания.

## **Преимущества воздуха**

Пневматический двигатель (или, как говорят, пневмоцилиндр) преобразует энергию расширяющегося воздуха в механическую работу. По принципу действия он аналогичен гидравлическому. «Сердце» пневмодвигателя — поршень, к которому прикреплен шток; вокруг штока навита пружина. Воздух, поступающий в камеру, с увеличением давления преодолевает сопротивление пружины и перемещает поршень. На фазе выпуска, когда давление воздуха падает, пружина возвращает поршень в исходное положение — и цикл повторяется. Пневмоцилиндр вполне можно назвать «двигателем внутреннего несгорания».

Более распространена мембранная схема, где роль цилиндра выполняет гибкая мембрана, к которой точно так же прикреплен шток с пружиной. Ее преимущество заключается в том, что не нужна столь высокая точность посадки подвижных элементов, не требуются смазочные материалы, а герметичность рабочей камеры повышается. Существуют также роторные (пластинчатые) пневмодвигатели — аналоги ДВС Ванкеля.

Основные плюсы пневмодвигателя — это его экологичность и низкая стоимость «топлива». Собственно, из-за безотходности пневмолокомотивы и получили распространение в шахтном деле — при использовании ДВС в замкнутом пространстве воздух быстро загрязняется, резко ухудшая условия работы. Отработанные же газы пневмодвигателя — это обычный воздух.

Один из недостатков пневмоцилиндра — относительно низкая плотность энергии, то есть количество вырабатываемой энергии на единицу объема рабочего тела. Сравните: воздух (при давлении 30 МПа) имеет плотность энергии порядка 50 кВт•ч на литр, а обычный бензин — 9411 кВт•ч на литр! То есть бензин как топливо эффективнее почти в 200 раз. Даже с учетом не очень высокого КПД бензинового двигателя он «выдает» в итоге около 1600 кВт•ч на литр, что значительно выше, чем показатели пневмоцилиндра. Это

ограничивает все эксплуатационные показатели пневмодвигателей и движимых ими машин (запас хода, скорость, мощность и т.д.). Помимо того, пневмодвигатель имеет относительно небольшой КПД — порядка 5–7% (против 18–20% у ДВС).

### **Плюсы**

- + *Отсутствие вредных выбросов*
- + *Возможность заправки автомобиля в домашних условиях*
- + *Невысокая стоимость ввиду простоты конструкции двигателя*
- + *Возможность применения рекуператора энергии (например, сжатия и накопления дополнительного воздуха за счет торможения автомобиля)*

### **Минусы**

- *Низкие КПД (5–7%) и плотность энергии*
- *Необходимость во внешнем теплообменнике, поскольку при уменьшении давления воздуха двигатель сильно переохлаждается*
- *Низкие эксплуатационные показатели пневмоавтомобилей.*

## **Пневматика XXI века**

Актуальность экологических проблем XXI века заставила инженеров вернуться к давно забытой идее использования пневмоцилиндра в качестве двигателя для дорожного транспортного средства. По сути, пневмоавтомобиль экологичнее даже электромобиля, элементы конструкции которого содержат вредные для окружающей среды вещества. В пневмоцилиндре же — воздух и ничего кроме воздуха.

Поэтому основной инженерной задачей было приведение пневмокара к виду, в котором он мог бы конкурировать с электромобилями по эксплуатационным характеристикам и стоимости. Подводных камней в этом деле множество. Например, проблема дегидратации воздуха. Если в сжатом воздухе будет хотя бы капля жидкости, то из-за сильного охлаждения при расширении рабочего тела она превратится в лед, и двигатель просто заглохнет (или даже потребует ремонта). Обычный летний воздух содержит примерно 10 г жидкости на 1 м<sup>3</sup>, и при наполнении одного баллона нужно затратить дополнительную энергию (около 0,6 кВт•ч) на дегидратацию — причем эта энергия невосполнима. Данный фактор сводит на нет возможность качественной домашней заправки — оборудование для дегидратации невозможно установить и эксплуатировать в домашних условиях. И это лишь одна из проблем.

Тем не менее тема пневмоавтомобиля оказалась слишком привлекательной, чтобы о ней забыть.

## **Сразу в серию?**

Одно из решений, позволяющих минимизировать недостатки пневмодвигателя, — облегчение автомобиля. Действительно, городской микролитражке не нужен большой запас хода и скорость, а вот экологические показатели в мегаполисе играют значительную

роль. Именно на это рассчитывают инженеры франко-итальянской компании Motor Development International, которые на Женевском автосалоне 2009 года представили миру пневмоколяску MDI AIRpod и ее более серьезный вариант MDI OneFlowAir. MDI начали «сражаться» за пневмокар еще в 2003-м, показав концепт Eolo Car, но лишь спустя десять лет, набив множество шишек, французы пришли к приемлемому для конвейера решению.



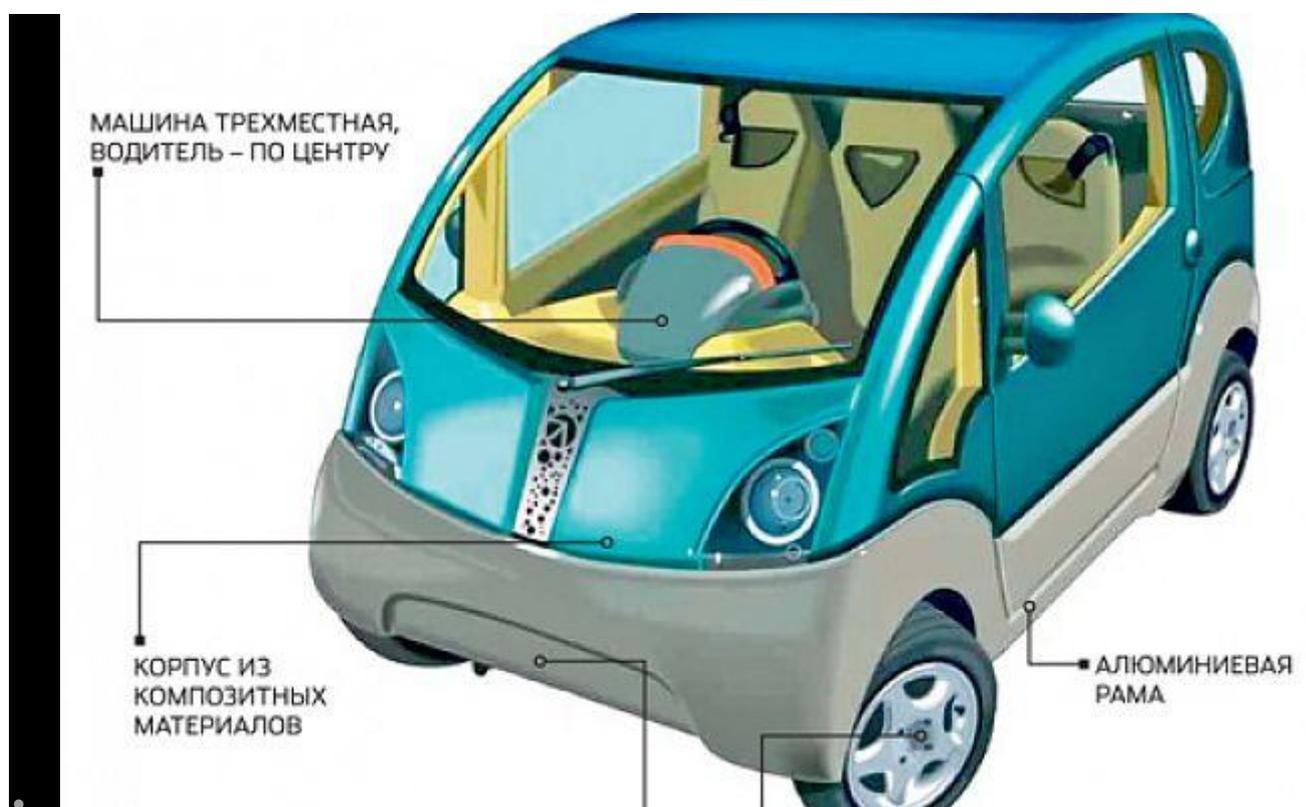
## MDI AIRPOD

Крошечный трехместный пневмоавтомобиль французской MDI был представлен широкой публике на Женевском автосалоне 2009 года. Он имеет право передвигаться по выделенным велодорожкам и не требует наличия водительских прав. Пожалуй, самый перспективный пневмокар.

MDI AIRpod — это нечто среднее между автомобилем и мотоциклом, прямой аналог мотоколяски-«инвалидки», как ее частенько называли в СССР. Благодаря 5,45-сильному воздушному двигателю трехколесная малолитражка массой всего 220 кг может разогнаться до 75 км/ч, а запас ее хода составляет 100 км в базовом варианте или 250 км в более серьезной конфигурации. Интересно, что у AIRpod вообще нет руля — машина управляется джойстиком. В теории она может передвигаться как по дорогам общего пользования, так и по велодорожкам.

У AIRpod есть все шансы на серийное производство, поскольку в городах с развитой велоструктурой, например в Амстердаме, такие машинки могут быть востребованы. Одна заправка воздухом на специально оборудованной станции занимает около полутора минут, а стоимость передвижения составляет в итоге порядка ?0,5 на 100 км — дешевле просто некуда. Тем не менее заявленный срок серийного производства (весна 2014 года) уже прошел, а воз и ныне там. Возможно, MDI AIRpod появится на улицах европейских городов в 2015-м.

Второй предсерийный концепт — это известный проект индийского гиганта Tata, автомобиль MiniCAT. Проект был запущен одновременно с AIRpod, но, в отличие от европейцев, индусы заложили в программу нормальный, полноценный микроавтомобиль с четырьмя колесами, багажником и традиционной компоновкой (в AIRpod, заметим, пассажиры и водитель сидят спинами друг к другу). Масса Tata чуть побольше, 350 кг, максимальная скорость — 100 км/ч, запас хода — 120 км, то есть MiniCAT в целом похож на машину, а не на игрушку. Интересно, что в компании Tata не мучились с разработкой воздушного двигателя «с нуля», а за \$28 млн приобрели права на использование разработок MDI (что позволило последней удержаться на плаву) и усовершенствовали двигатель для приведения в движение более крупного транспортного средства. Одна из фишек этой технологии — использование тепла, выделяющегося при охлаждении расширяющегося воздуха, для нагрева воздуха при заправке баллонов.



## Tata MiniCAT

Изначально Tata собиралась поставить MiniCAT на конвейер в середине 2012 года и производить порядка 6000 единиц в год. Но обкатка продолжается, а серийное производство отложено до лучших времен. За время разработки концепт успел сменить имя (ранее он назывался OneCAT) и дизайн, так что какая его версия поступит в итоге в продажу, не знает никто. Кажется, даже представители Tata.

## На двух колесах

Чем легче автомобиль на сжатом воздухе, тем он более эффективен в плане эксплуатационных и экономических показателей. Логичный вывод из этого утверждения — почему бы не сделать скутер или мотоцикл?



## Фото

Кроссовый мотоцикл, построенный австралийцем Динем Бенстедом на шасси Yamaha, способен разогнаться до 140 км/ч и безостановочно ехать в течение трех часов на скорости 60 км/ч. Воздушный двигатель системы Анжело ди Пьетро весит всего лишь 10 кг.

Этим озаботился австралиец Дин Бенстед, который в 2011 году продемонстрировал миру кроссовый мотоцикл O<sub>2</sub> Pursuit с силовым агрегатом, разработанным фирмой Engineair. Последняя специализируется на уже упомянутых роторных воздушных двигателях разработки Анжело ди Пьетро. По сути, это классической компоновки «ванкели» без сгорания — ротор приводится в движение подачей воздуха в камеры. Бенстед пошел при разработке от обратного. Сперва он заказал Engineair двигатель, а потом построил вокруг него мотоцикл, используя раму и часть элементов от серийной Yamaha WR250R. Машина получилась на удивление энергоэффективной: на одной заправке она проходит 100 км и в теории развивает максимальную скорость 140 км/ч. Эти показатели, к слову, превышают аналогичные у многих электрических мотоциклов. Бенстед остроумно сыграл на форме баллона, вписав его в раму, — это позволило сэкономить место; двигатель в два раза компактнее своего бензинового собрата, а свободное место позволяет установить второй баллон, увеличив пробег мотоцикла в два раза.

Но, к сожалению, O<sub>2</sub> Pursuit остался лишь одноразовой игрушкой, хотя и был номинирован на престижную изобретательскую премию, учрежденную Джеймсом Дайсоном. Спустя два года идею Бенстеда подхватил другой австралиец, Дарби Бичено,

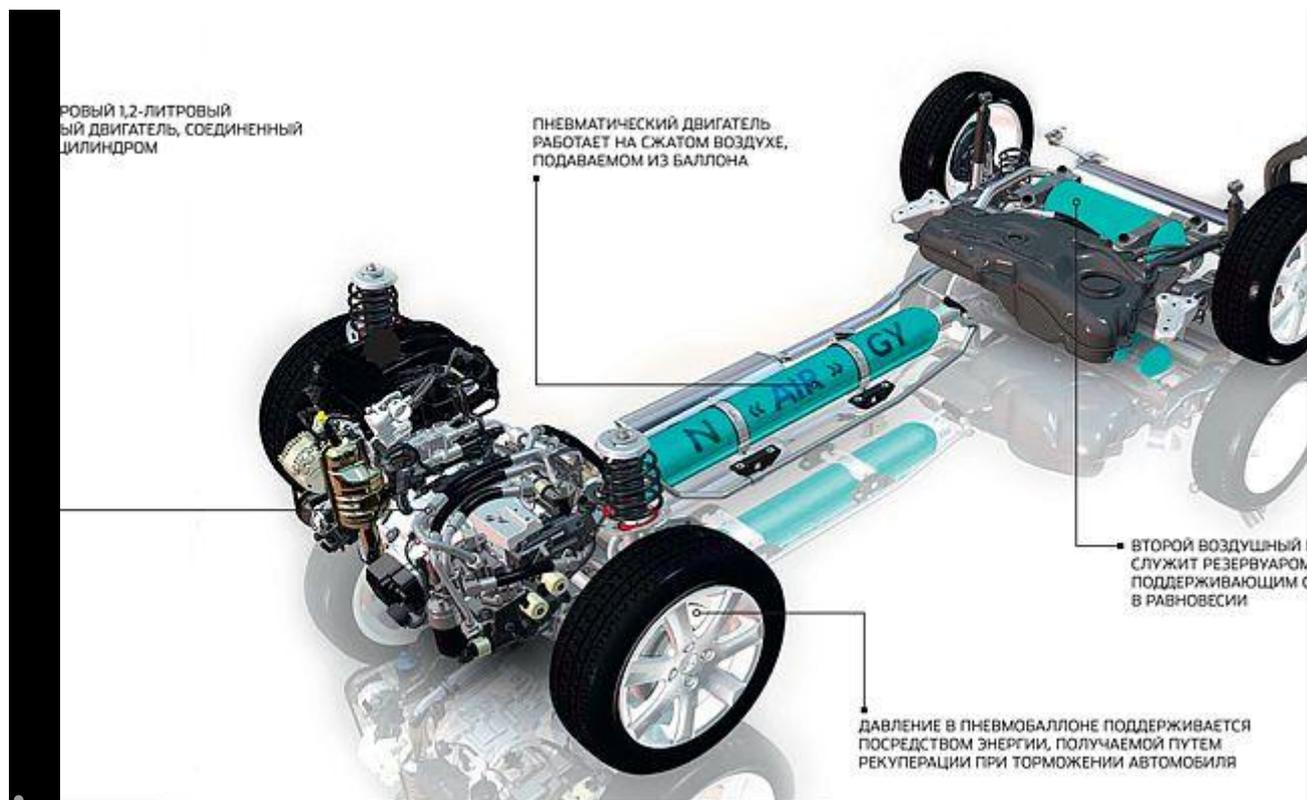
который предложил создать по схожей схеме не мотоцикл, а сугубо городское транспортное средство, скутер. Его EcoMoto 2013 должен быть сделан из металла и бамбука (никакого пластика), но дальше рендеров и чертежей дело пока что не продвинулось.

Помимо Бенстеда и Бичено, схожую машину в 2010 году построил Эвин И Ян (его проект назывался Green Speed Air Motorcycle). Все три конструктора, к слову, были студентами Королевского технологического института Мельбурна, и потому их проекты схожи, используют один и тот же двигатель и... не имеют шанса на серию, оставаясь исследовательскими работами.

## Корпорации на старте

Вышесказанное подтверждает, что у воздушных автомобилей будущее есть, но, скорее всего, не в «чистом виде». Все-таки они имеют свои ограничения. Тот же MDI AIRpod провалил абсолютно все краш-тесты, поскольку его сверхлегкая конструкция не позволяла должным образом защищать водителя и пассажиров.

А вот использовать пневмотехнологии в качестве дополнительного источника энергии в гибридном автомобиле вполне реально. В связи с этим компания Peugeot объявила о том, что с 2016 года часть кроссоверов Peugeot 2008 будет выпускаться в гибридном варианте, одним из элементов которого будет установка Hybrid Air. Эта система разработана в сотрудничестве с Bosch; суть ее в том, что энергия ДВС будет запасаться не в форме электроэнергии (как в обычных гибридах), а в баллонах со сжатым воздухом. Планы, правда, так и остались планами: на данный момент на серийные автомобили установка не ставится.



## Шасси Peugeot 2008 Hybrid Air

На полном баке и полной заправке воздухом Peugeot 2008 Hybrid Air может проехать до 1300 км.

Peugeot 2008 Hybrid Air сможет двигаться, используя энергию ДВС, воздушного силового агрегата или их комбинации. Система будет сама распознавать, какой из источников энергоэффективнее в той или иной ситуации. В городском цикле, в частности, 80% времени будет использоваться энергия сжатого воздуха — он приводит в движение гидронасос, который вращает вал при отключенном ДВС. Суммарная экономия топлива при такой схеме составит до 35%. При работе на чистом воздухе максимальная скорость автомобиля ограничивается 70 км/ч.

Концепт Peugeot выглядит абсолютно жизнеспособным. С учетом экологических преимуществ подобные гибриды вполне смогут потеснить электрические в течение ближайших пяти-десяти лет. И мир станет немножечко чище. Или не станет.

## *Соревнование на скорость*



*В 2011 году спортивный автомобиль Toyota Ки: Rin установил мировой рекорд скорости для транспортных средств, приводимых в движение энергией сжатого воздуха. Обычно пневмоавтомобили не разгоняются более чем до 100–110 км/ч, концепт же Toyota показал официальный результат 129,2 км/ч. Ввиду «заточенности» на скорость, Ки: Rin на одной зарядке мог проехать всего 3,2 км, но больше трехколесному одноместному болиду и не требовалось. Рекорд установлен. Интересно, что до того рекорд составлял всего лишь 75,2 км/ч и был установлен в Бонневилле болидом Silver Rod конструкции американца Дерекса Макклиша летом 2010 года.*