

100 км на 2 литрах солярки

Автомобиль сегодняшнего дня напоминает печь из сказки: дымит, греется, а на оставшейся энергии едет вперед. Изобретатель из Висконсина Инго Валентин знает, как превратить в движение всю энергию, не потеряв ни капли

Текст: Владимир Санников

Современный автомобиль напоминает скверно организованную компанию с постоянно растущими издержками и неэффективным менеджментом. На движение тратится не более 20% вырабатываемой энергии. Потери сопровождают все стадии работы силовой установки, от впрыска топлива в цилиндры до передачи крутящего момента на колеса. Механизм газораспределения, трансмиссия, большое количество дополнительных потребителей энергии: генератор, кондиционер, усилитель рулевого управления, электроприборы автомобиля – все это отнимает существенную долю начальной мощности двигателя. Остатки тратятся на преодоление

ГИБРИДЫ

аэродинамического сопротивления и процесс торможения, при котором теряется еще 14% мощности. На колеса в итоге доходит лишь пятая ее часть. Все это касается нового автомобиля: физический износ нагруженных узлов через несколько лет эксплуатации начинает отбирать еще три-пять процентов мощности.

Дизель-гидравлический гибридный Ingocar, разработанный инженером Инго Валентином, принципиально отличается от привычного для нас современного автомобиля. Его двигатель обходится без клапанного механизма, шатунов, коленчатого вала, системы смазки и охлаждения, сцепления, коробки передач и приводов колес. Карданного вала и дифференциалов

тоже нет, хотя Ingocar – полноприводный автомобиль. Суммарные потери на трение в силовой установке составляют не более 12% (в традиционных автомобилях – не менее 24%). Наконец, расчетная масса пятиместного седана Ingocar не превышает тонну, разгон до сотни занимает 5 секунд, пиковая мощность на колесах достигает 720 л.с., а расход топлива удерживается на уровне 1,8 л на 100 км.

Регенерация акселерации

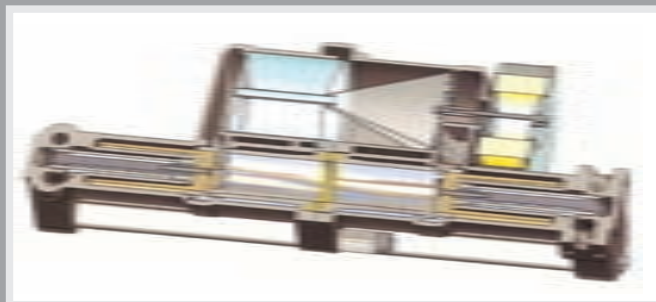
В основе гибридной полноприводной платформы Ingocar лежит вспомогательный двигатель внутреннего сгорания, гидроаккумулятор и гидравлические мотор-колеса. Компактный турбодвигатель закачивает жидкость из бака в гидравлический аккумулятор. Внутри аккумулятора находится прочный эластичный резервуар, наполненный азотом. Тепловая энергия сгорания топлива преобразуется в механическую энергию сжатого газа. Из аккумулятора жидкость под большим давлением поступает через трубопровод на гидростатические мотор-колеса, и автомобиль приходит в движение. Когда аккумулятор полностью заряжен, двигатель автоматически отключается, а при необходимости пополнения запаса энергии запускается вновь.

При торможении поток гидравлической жидкости в мотор-колесе перенаправляется с помощью клапана обратно в аккумулятор. Давление

УЗКОЕ ГОРЛЫШКО

Наиболее популярной концепцией в гибридостроении последнего времени стали так называемые Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) гибриды, комбинирующие основной электромотор постоянного тока и вспомогательный двигатель внутреннего сгорания, который заряжает электрический аккумулятор. Главным элементом технологии является компактный и емкий литий-ионный аккумулятор, который можно заряжать от обычной бытовой электросети, как ноутбук или сотовый телефон. Большую часть времени, особенно если дневной пробег не превышает 60 км, PHEV гибрид приводится в движение электромотором.

Однако литий-ионная батарея не способна обеспечить передачу большого объема энергии в коротком временном интервале, что необходимо для интенсивного ускорения, равно как и для полного усвоения энергии торможения. Она похожа на пузатый кувшин с очень узким горлышком, который одинаково трудно и быстро наполнить, и быстро опорожнить. Пиковые нагрузки вызывают быстрый перегрев всего узла и потери энергии. Для создания скоростных электромобилей используются дорогие обходные технологии с использованием суперконденсаторов. Аккумулятор Валентина, напротив, похож на тарелку для супа. Он быстро наполняется энергией и способен мгновенно отдавать любые ее порции. Все дело в размере вашей ложки!



ИЗЮМИНКА МОТОРА INGOCAR – экстремальные значения давления на впрыске. Классические форсунки в системе заменены шестнадцатью отверстиями диаметром всего 0,025 мм, расположенными на внутренней стенке камеры сгорания в виде кольца. Топливо в них поступает из общего тракта, как в современной дизельной технологии Common Rail. Давление на впрыске достигает 3500 бар и создает практически однородное топливовоздушное облако, что позволяет добиться наиболее полного и эффективного сгорания топлива. Для изготовления узла применяется специальный сплав с низкой теплопроводностью. Интервалы поступления смеси в камеру сгорания регулируются компактным гидравлическим механизмом с электронным управлением. Энергия выхлопных газов вращает не только крыльчатку турбоагнетателя, но и вал электрогенератора для питания бортовой электроники.

1 | Двигатель с оппозитной архитектурой и свободными поршнями

Тестирование математической модели работы двигателя проводил профессор Университета Висконсин-Мэдисон доктор Ральф Райтц. Его методика используется такими крупнейшими автопроизводителями, как BMW, Porsche и Mercedes

2 | Гидростатическое мотор-колесо

При торможении мотор-колесо работает как pompa или гидрогенератор и превращает более 80% энергии торможения в энергию сжатого газа, которая затем направляется обратно на поршень и разгоняет автомобиль.

3 | Гидравлический аккумулятор

Потери энергии в аккумуляторе не превышают 2-5% и вызваны незначительным нагреванием азота при быстром сжатии. Потери энергии в современных литий-ионных аккумуляторах достигают 10% и более.

4 | Экологически чистая гидравлическая жидкость

Гидравлическая жидкость в аккумуляторе Инго Валентина имеет растительное происхождение. Она не ядовита и может быть восстановлена на 75-80%. Процесс восстановления несложен – это элементарная очистка!

5 | Аэродинамичный кузов на плоской платформе

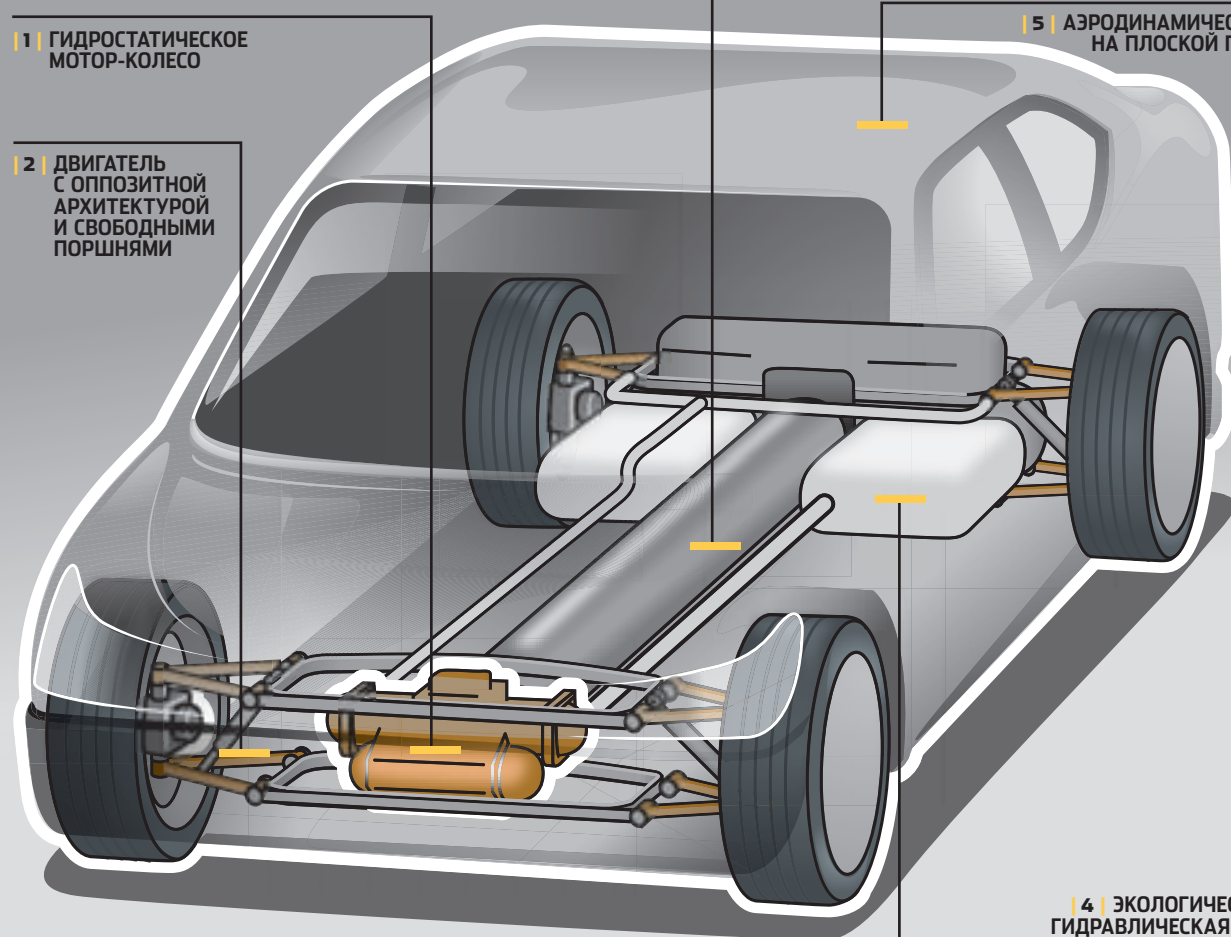
Коэффициент лобового сопротивления Ingocar условно принят за 0,22, хотя с учетом “плоского” дизайна платформы можно добиться и более высокого результата. В среднем, лучшие современные седаны имеют аэродинамическое сопротивление 0,28-0,30..

1 | ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ МОТОР-КОЛЕСО

2 | ДВИГАТЕЛЬ С ОППОЗИТНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ И СВОБОДНЫМИ ПОРШНЯМИ

3 | ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ АККУМУЛЯТОР

5 | АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ КУЗОВ НА ПЛОСКОЙ ПЛАТФОРМЕ



4 | ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЖИДКОСТЬ

жидкости быстро достигает пиковых нагрузок, и мотор-колесо замедляет вращение. Теряется лишь незначительное количество энергии торможения, большая же ее часть, от 70–85%, идет на сжатие азота. В этом цикле мотор-колесо работает как помпа, по тормозному усилию не уступая дисковым тормозам современных автомобилей. При торможении со скорости 100 км/ч до полной остановки автомобиля накопленная энергия регенеративного торможения позволит Ingoscar снова разогнаться от нуля до 70–85 км/ч! Этот процесс Инго называет “регенеративной акселерацией”. Таким же образом работает пружинный механизм в детских заводных машинках: чем сильнее вы закручиваете пружину, тем быстрее игрушка разгоняется. Системы регенеративного торможения в электрических гибри-

ОДИН В ПОЛЕ ВОИН



Инго Валентин – профессиональный инженер-разработчик гидравлических систем. Свою карьеру он начал в далеком

1967 году в исследовательском центре немецкой компании Hydromatik. За 11 лет Инго удалось создать гидравлический двигатель абсолютно нового типа и получить бесценный опыт самостоятельной исследовательской работы. В 1978 году он переехал в Америку, где до 1982-го работал по специальности в одной из технологических компаний. В 1982 году Инго создал собственный бизнес, связанный с разработкой раз-

личных гидравлических механизмов. Профессиональный интерес к применению эффективных гидравлических узлов в конструкции автомобилей возник у него в середине 1980-х годов. Итогом последующей пятнадцатилетней работы стали два запатентованных изобретения – оппозитный одноцилиндровый двигатель внутреннего сгорания со свободным поршнем и гидростатический мотор-колесо оригинальной конструкции. Они составляют основу новаторской концепции дизель-гидравлического гибрида Ingoscar. Всю работу Инго сделал в одиночку. Лучшие эксперты признали расчеты и выводы Валентина правильными, а независимая американская ассоциация New Energy Congress включила проект Ingoscar в список самых перспективных современных технологий по энергосбережению.

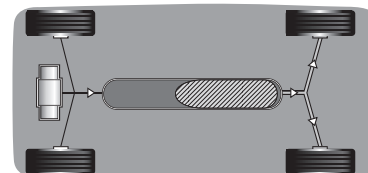
ТИПЫ И ВИДЫ

1

ЗАРЯДКА АККУМУЛЯТОРА И ДВИЖЕНИЕ

Компактный дизельный двигатель нагревает гидравлическую жидкость в аккумуляторе и одновременно приводит в движение мотор-колеса автомобиля. Время

полной зарядки аккумулятора составляет около одной минуты, затем двигатель останавливается автоматически. При истощении запаса энергии он включается вновь.

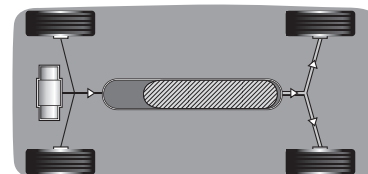


2

ДВИЖЕНИЕ НА НАКОПЛЕННОЙ ЭНЕРГИИ

Автомобиль приводится в движение только на накопленной энергии. Полной зарядки аккумулятора достаточно для того, чтобы проехать от 7 до 9 км в городских условиях. В шоссейном

режиме из-за резкого роста аэродинамического сопротивления и увеличения нагрузки на мотор-колеса запас хода составляет около 5 км.

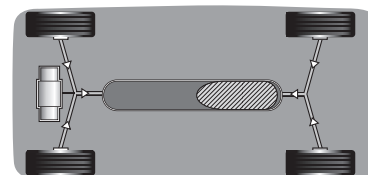


3

РЕГЕНЕРАТИВНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ

Во время торможения мотор-колеса начинают закачивать рабочую жидкость в аккумулятор, вместо того чтобы потреблять энергию. Давление возрастает лавинообразно, и автомобиль останавливается из-за того, что

вращение мотор-колес становится невозможным. Таким образом, более 70% энергии торможения сохраняется в аккумуляторе и используется для дальнейшего движения.

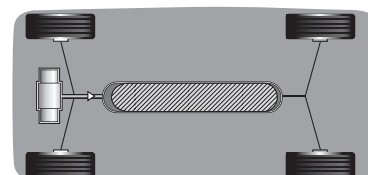


4

ЗАРЯДКА АККУМУЛЯТОРА

При необходимости во время стоянки аккумулятор можно зарядить от бытовой электросети, солнечной батареи на крыше автомобиля или дизельного

двигателя. Количество энергии, полученной от солнечной батареи за один световой день, дает запас хода от 15 до 25 км.



ИЗРАБ. АВТОРИ

дах более чем в два раза уступают Ingosar по эффективности, будучи при этом значительно тяжелее.

В городском цикле полной зарядки аккумулятора хватает в среднем на 8 км пробега. Затем включается дизельный мотор, который в течение минуты полностью заряжает аккумулятор, одновременно вращая мотор-колеса. Далее цикл повторяется. В шоссейном режиме движения расход топлива возрастает из-за резкого повышения аэродинамического сопротивления, но в целом цикл работы силовой установки не меняется – топливо тратится лишь на пятую часть поездки.

Коленвал уходит в отставку

Удивительно простая конструкция двигателя Инго Валентина, защищенная двумя патентами, предусматривает полное отсутствие вращающихся деталей, за исключением крыльчаток турбоагнетателя. Благодаря оппозитной архитектуре и свободным поршням мотор обходится без шатунов, коленчатого вала, клапанного механизма. Два поршня располагаются в общей камере сгорания: на такте сжатия они движутся навстречу друг другу, а на такте рабочего хода отталкиваются друг от друга. Оппозитная архитектура в моторостроении сейчас набирает популярность благодаря простоте, идеальному балансу и высокой удельной мощности. К примеру, американская технологическая компания Advanced Propulsion Technologies (APT) недавно обнародовала принципиально похожий прототип двухцилиндрового оппозитного турбодизеля, который превосходит традиционные моторы по удельной мощности в 2,5 раза, будучи в пять раз легче. К 2011 году компания планирует вывести на рынок несколько модификаций двигателя.

Концепция свободных поршней означает, что каждый из них одновременно служит поршнем ДВС и гидравлической помпы. После рабочего хода давление жидкости в гидравлической системе возвращает поршень в исходное положение и обеспечивает сжатие топлива.

При рабочем объеме 500 см³ мотор Инго Валентина развивает мощность 64 л.с. (почти 130 “лошадок” на литр). Расход топлива варьируется от 1,35 до 1,85 л на 100 км пробега в зависимости от скорости движения. Масса мотора – всего 32 кг, он в пять раз легче традиционного ДВС и в шесть – современных гибридных силовых установок. Мотор способен переваривать различные виды топлива: дизель, бензин, биоэтанол и биодизель. Меняются только настройки системы управления. Никакой специальной системы охлаждения двигателя не требуется, так как он всегда работает в оптимальном режиме – без провалов и пиковых нагрузок. Для эффективного отвода тепла достаточно естественной циркуляции воздуха в моторном отсеке. Это позволяет отказаться от радиатора, воздухозаборник которого на больших скоростях значительно увеличивает аэродинамическое сопротивление. За счет оптимальных зазоров между поршнем и стенкой цилиндра смазка двигателю Инго тоже не нужна, а значит, из списка обязательного оборудования вычеркиваются масляный картер, помпа и радиатор.

Табун внутри колеса

Второй ключевой элемент конструкции Ingosar, гидростатическое мотор-колесо, защищено двумя патентами 2002 года. Простая конструкция, состоящая из поршня, планетарной передачи, системы каналов и управляющих клапанов, легко справляется с передачей большого крутящего момента и пиковыми нагрузками при торможении. При массе менее 6 кг и размерах с обычный дисковый тормозной механизм мотор-колесо развивает мощность до 230 л.с. И это далеко не предел. Инго утверждает, что при увеличении размера мотора его динамические характеристики возрастают пропорционально. Но в этом нет особого смысла, ведь в городском режиме движения каждый из четырех моторов использует лишь 5% своей мощности, а в шоссейном – не более 20%.

Электронная система управления позволяет гибко регулировать крутя-

щий момент, передаваемый на каждое колесо в отдельности. Разумеется, это касается и тормозного усилия. При таком устройстве реализация любых алгоритмов системы стабилизации (ABS, ESP, интеллектуальный полный привод) не требует усложнения конструкции (дифференциалов, вискомуфт, механизмов управления тормозами) и дополнительных энергетических затрат. Благодаря простоте, малому количеству движущихся деталей, низким скоростям течения рабочей жидкости и полной герметичности мотор-колесо работает практически бесшумно в любом режиме.

В настоящее время разработкой собственных моделей гидростатического мотор-колеса занимаются многие крупные компании. Наибольшие успехи в этой области демонстрируют немецкие Bosch–Rexroth и Sauer–Danfoss, а также американский производитель тяжелой техники Caterpillar. Но в сравнительных испытаниях образец Валентина превосходит все аналоги с точки зрения массы, размеров и удельной мощности. “Громкое имя компании и размер зарплаты руководителя проекта, к счастью, не являются решающими факторами в таких областях науки, где необходимы опыт и глубокие специфические знания”, – комментирует этот факт сам Инго Валентин.

Дозаправка об забор

Самый дорогостоящий элемент конструкции гибрида Валентина – гидравлический аккумулятор: металлопластиковый двухсекционный резервуар, армированный карбоновым волокном. Расположенный в центре платформы, аккумулятор способствует оптимальному распределению нагрузки на колеса автомобиля и понижению центра тяжести, что в свою очередь улучшает управляемость. Валентин утверждает, что аккумулятор абсолютно надежен и безопасен. Конструкция емкостей, трубопроводов и соединений допускает серьезную деформацию без потери герметичности. Все соединения имеют двойные кольцевые прокладки особой конструкции, исключая произвольную утечку жидкости.

Рабочее давление в аккумуляторе варьируется от 120 до 480 бар.

Потери энергии в аккумуляторе не превышают 2–5% и вызваны незначительным нагреванием азота при быстром сжатии. Для сравнения: потери энергии в современных литий-ионных аккумуляторах достигают 10% и более и заложены в самой технологии. Важно, что гидравлический аккумулятор способен быстро заряжаться и разряжаться. Быстрая разрядка требуется для резких ускорений или движения в тяжелых дорожных условиях.

Объем гидравлической жидкости для Ingocar – около 60 л. Вся она растительного происхождения, что немаловажно с точки зрения экологии. По словам Инго, ее не нужно менять в течение всего срока эксплуатации автомобиля. Если замена все же потребуется, она обойдется не дороже обычной смены моторного масла.

На крыше Ingocar может быть установлена солнечная батарея площадью чуть больше 1 м². Она питает компактную электрическую помпу, которая, так же как и дизельный двигатель, нагнетает жидкость в аккумулятор. Часть электричества во время движения потребляется дополнительным оборудованием автомобиля. Расчеты показывают, что солнечной энергии полученной в течение светового дня, достаточно для 25-километровой поездки без включения ДВС! Солнечная батарея – не дешевое удовольствие, но она легко окупается за полтора-два года эксплуатации автомобиля. Впрочем, это опция, и от нее можно попросту отказаться. Предус-

мотрена также возможность зарядки аккумулятора от обычной бытовой электросети.

Подвеска Ingocar, разумеется, гидравлическая. Она полностью интегрирована в общую гидравлическую систему и может быть настроена под индивидуальные предпочтения водителя. Гидравлика задействована даже в системе пассивной безопасности авто: при экстремальном торможении или при срабатывании сенсорного датчика передний и задний бамперы выдвигаются вперед и назад на 40 см каждый. Степень упругости активных бамперов определяется электронной системой управления, учитывающей текущую динамику автомобиля, количество пассажиров и их расположение в автомобиле. Активный бампер работает как поршень и превращает энергию удара в энергию сжатия, закачивая гидравлическую жидкость в аккумулятор. Так что за счет ДТП можно даже подзаправиться! Управление гибридным Ingocar ничем не отличается от управления традиционным автомобилем с автоматической коробкой передач.

Гонка за десятью миллионами

На самом деле автомобиля как такового Инго еще не построил. В металле существуют лишь дизельный мотор и мотор-колесо. Но концепция платформы Ingocar рассчитана полностью и успешно выдержала многочисленные экспертизы в ведущих американских научных лабораториях. Инго рассказывает, что начиная с 1986 года он неоднократно обра-

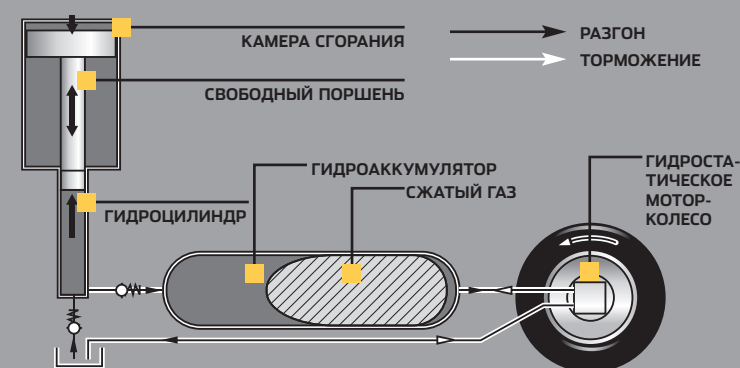
щался в крупнейшие автомобильные компании, такие как Ford, BMW и Porsche, с предложением о внедрении своих изобретений. Но всегда сталкивался с вежливым отказом. Устав стучаться в закрытые двери, он решил действовать самостоятельно.

Одним из источников инвестиций в серийное производство Ingocar может стать победа в гонке X-Prize, которая состоится в 2009–2010 годах. Призовой фонд в размере \$10 млн предоставлен благотворительной организацией X PRIZE Foundation. К участию в предварительных соревнованиях допущена 31 команда из Америки, Германии, Великобритании и Швейцарии. Чтобы получить заветный чек, надо создать автомобиль, способный проехать 100 км на 2,35 л топлива, при этом выбрасывая в атмосферу не более 200 г парниковых газов на милю. Каждая команда обязана иметь реальный бизнес-план по выпуску как минимум 10 000 автомобилей.

Инго сообщил “Популярной механике”, что обязательно примет участие в гонке X PRIZE. Прошлой осенью на Франкфуртском автосалоне он встречался с представителями одного крупного кузовного ателье, которые выразили заинтересованность в сотрудничестве. Ателье, название которого Инго суеверно не разглашает, готово произвести весь цикл работ по созданию кузова – от разработки внешнего и внутреннего дизайна Ingocar до постройки действующего прототипа. Создание одного экземпляра, по прикидкам Инго, обойдется примерно в \$80 000 – сущие копейки по нынешним временам.

ИМ

ПОДТВЕРЖДЕНО ЭКСПЕРТАМИ



“Как профессиональный инженер я считаю концепцию Инго Валентина безукоризненной, а ожидаемое снижение энергозатрат реалистичным”. Профессор Ричард Э. Кронауэр, Гарвардский университет, США. Независимая экспертиза системы впрыска двигателя Инго Валентина проведена доктором Скоттом Голдсборо из Университета Маркетт, ведущим в мире экспертом по процессам HCCI (образование гомогенной топливовоздушной смеси в камере сгорания). В 1999 году он был удостоен специальной премии Общества автомобильных инженеров (SAE) имени Харри Л. Хорнинга за исследования в этой области.

ИМРАД 16.04.2008