



ЧТО НАМ СТОИТ ТАНК ПОСТРОИТЬ

АНАСТАСИЯ ПОПОВА
anastasia.popova@fsmedia.ru

Идея создать транспортное средство своими руками рано или поздно приходит в голову, наверное, каждому автолюбителю. И если в момент раздумий рядом оказываются квалифицированные помощники и единомышленники — идея просто обречена. Не обязательно результатом работы будет именно автомобиль вашей мечты, но удовольствие от погружения в эту интересную область гарантировано.

Постройку автомобиля со мной согласился обсудить Фил Тоукач, глава небольшого внедорожного клуба «Фероза-Москва».



— Фил, я хочу разобраться в устройстве автомобиля, и мне кажется, что лучший способ — это его создание своими руками.

— Пожалуй. Но нужно четко понимать, что гаражная постройка такого сложного объекта обойдется в несколько раз дороже покупки готовой машины, не говоря уже о затраченном времени.

— Существуют и более дорогостоящие увлечения... По крайней мере мы можем обсудить предстоящие работы и оценить затраты. С чего начнем?

— Для начала давай определимся с типом машины. Чтобы примерно представить то, что у нас должно получиться, нужно понять, как предполагается использовать наш автомобиль.

— Пожалуй, мне интересно что-то вроде багги, но не для гонок по пересеченной местности, а для веселых выездов на бездорожье — от коротких проулков до трехдневной автономной поездки, с возможностью передвижения по обычным

дорогам. В кабине должно быть предусмотрено место для штурмана, и в машине должен быть вместительный багажник.

— Тогда будем исходить из проходимости на уровне подготовленного внедорожника, но не болотохода, и веса около 700 кг. Эти свойства подразумевают относительно узкую грязевую резину диаметром 30–32". Итак, мы строим легкий и крепкий двухместный автомобиль повышенной проходимости. Нам предстоит спроектировать и собрать раму и кузов, на которых будут закреплены все агрегаты, продумать трансмиссию, найти подходящий двигатель и определиться с типом подвески, обеспечить систему питания топливом и воздухом, рулевое управление, тормоза. После этого останется совсем немного — салон, дополнительное оборудование, электрика.

— Если проектировать все по порядку, то как потом совмещать все системы?

— Проектирование автомобиля, даже любительское, — процесс сложный и многостадийный, по возможности включающий в себя испытание отдельных узлов и агрегатов. Конечно, все будем проектировать согласованно, но вносить изменения по ходу работы все равно придется.

— Это действительно сложно. Мы можем коротко поговорить о каждой системе отдельно?

— Конечно. В рамках короткой беседы многие аспекты конструирования и работы этих систем останутся незатронутыми, но примерный круг проблем и решений я очерчу.

— Предлагаю начать с рамы и корпуса.

— Хорошо. Исходя из требований веса и нагрузок, рама в нашем случае — это пространственная силовая структура. Она обеспечивает надежную защиту людей, в том числе при перевороте, а значит, в раме или кузове должны быть зоны деформации: при аварии что-то обязательно должно согнуться, чтобы деформация металла погасила импульс. Вместе с рамой необходимо проектировать бамперы, пороги и багажник и продумать узлы крепления основных агрегатов. А кузов должен обеспечить защиту от ветра и воды, также на него можно будет закрепить какие-то легкие узлы. Если есть желание сделать красиво, будем формировать его из алюминия или клеить из стеклопластика. Но с учетом особенностей эксплуатации я бы сделал весь кузов из плоских фанерно-алюминиевых сэндвичей, закрепленных на ушках и герметизированных уголками.

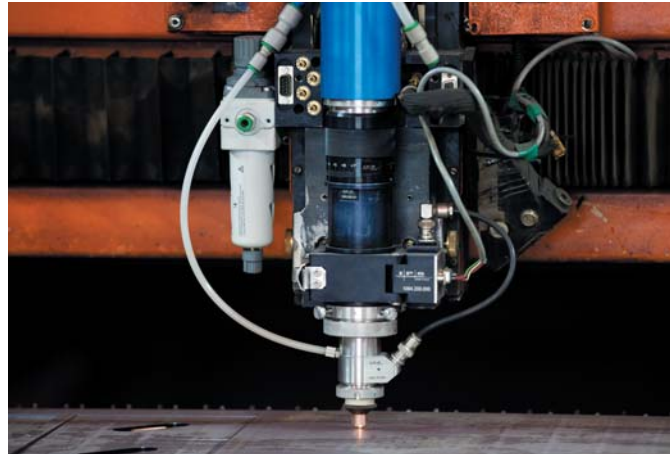
— Теперь поговорим про подвеску. Какую подвеску мы выберем для нашей машины?

— Существует довольно много типов подвесок. В качестве компромисса между проходимостью, динамическими свойствами, энергоемкостью и простотой обслуживания я бы порекомендовал четырехрычажную пружинную подвеску с тягой Панара и неразрезной мост сзади и независимую подвеску на двойных поперечных рычагах с торсинами и стабилизатором поперечной устойчивости спереди. Несмотря на то, что для багги, а именно для движения

с большой скоростью по пересеченной местности, эта подвеска вряд ли самая оптимальная, такая конструкция хорошо проработана, потребует минимум экспериментов после расчета, хорошо держит удары и относительно легко ремонтируется. Можно попробовать вместо неотключаемого стабилизатора соединить крест-накрест верхние и нижние емкости амортизаторов, создав тем самым отключаемый гидравлический стабилизатор.

— Расскажи теперь про двигатель.

— Строить самому механическую часть двигателя — дело очень длительное и дорогое, к тому же ошибки выявляются только на конечном этапе. А готовых двигателей на рынке достаточно, и многие из них уже доведены до совершенства. Будем искать атмосферный бензиновый двигатель объемом от литра до полутора, средней степени форсированности. Нам не требуется огромная мощность, а вот плато крутящего момента на низких оборотах желательно. Поэтому берем проверенный годами впрысковый четырехцилиндровый рядный или, если найдем, V-образный двигатель, без наддува, под 92-й бензин. Останется только оптимизировать впускной и выпускной тракт, добавить шноркель, возможно, слегка подправить фазы, найти оптимальную прошивку «мозгов» и сконструировать систему питания, разместив бак с учетом свободного места и развесовки. Соединение мотора с трансмиссией может потребовать фрезерных работ, а сам двигатель — переборки.



— Что насчет остальных компонентов?

— Сначала о трансмиссии. В общих чертах механическая трансмиссия состоит из сцепления, коробки передач, раздаточной коробки, мостов или редукторов с дифференциалами и приводов колес. Мы будем по возможности использовать существующие агрегаты, попытаемся обойтись без зуборезных и сложных токарных работ. Чтобы соединить выбранные нами компоненты, придется точить проставки, переходники, кроить опоры. Для упрощения конструкции я предлагаю использовать самоблокирующиеся дифференциалы в мостах и бездифференциальную раздаточную коробку с жестко подключаемым передним или задним мостом. Если нам понадобится увеличить управляемость на твердых грунтах, в будущем заменим ее на дифференциальную. А вот как мини-

▲ Опволоконный лазер IPG



◀ Инструмент для координатно-пробивного станка



▲ Кронштейны после гибки и оцинковки

мум одну понижающую передачу предусмотрим сразу. Коробка передач, разумеется, будет механическая. Портальные мосты для таких легких автомобилей найти почти невозможно, так что ограничимся обычными, а главные пары подберем, исходя из параметров доступных дифференциалов и размера колес.

Рулевое управление и тормоза, вплоть до дисков, возьмем с существующих машин. Скорее всего, это будет механизм «червяк-ролик» с гидроусилителем, а тормозная система — классическая двухконтурная без ABS и с вентилируемыми дисковыми механизмами: они эффективнее самоочищаются. Передние тормоза попробуем разместить около редуктора, чтобы снизить неподдресоренную массу спереди.

— Похоже, основные агрегаты мы обсудили. Что еще остается?

— Остается электрика и дополнительное оборудование. Так как кузов будет не силовой, тяжелое и нагруженное оборудование должно крепиться на раму. Значит, на этапе проектирования рамы надо не забыть про расположение и крепление бамперов, одной или двух лебедок, ящика для инструментов, багажника, сидений, педалей, рулевого вала, бензобака, запасного колеса. Кроме этого, хайджек, сендтраки и канистры также требуют надежного крепления с учетом высоты центра тяжести. Электрику можно взять даже от мотоцикла, самую простую, укомплектовать ее автомобильными аккумулятором, стартером и генератором, в салоне предусмотреть радиосвязь и устройство для навигации. Предполагаю, что обвес двигателя, форсунки, дат-

чики, «мозги» и прочее будут приобретены вместе с мотором.

В общих чертах, это все. Когда мы обнаружим подводные камни автоконструирования, тогда и познакомимся с ними поближе.

— Что нам понадобится кроме деталей?

— Как минимум, инструменты, материалы, пресс, сверлильный, точильный и простой токарный станки, сварочный полуавтомат и большой гараж с подъемником. А также возможность заказать токарные работы, фрезеровальные, трубогибные. И, конечно, много энтузиазма и готовность заплатить больше, чем стоимость серийного автомобиля и его «стандартно-внедорожной» переделки. Но мы же ради процесса работаем!

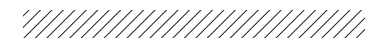
Теперь мне предстоит приступить к черчению, но для начала хотелось бы выяснить, какие возможности металлообработки нам доступны. Реализацию моих идей в металле согласился обсудить Александр Витшас, генеральный директор компании «Страж Лазер», одного из крупнейших отечественных предприятий, занимающихся лазерной резкой и металлообработкой.



— Александр, может ли ваша фирма помочь мне в реализации моего проекта?

— Конечно, тем более что у нас уже есть опыт работы с командой МГТУ им. Баумана Bauman Racing Team, создавшей гоночный болид для соревнований «Формула Студент». По их чертежам мы изготавливали трубы для рамы гоночного болида.

— Почему они обратились именно к вам? Есть ли альтернативы лазерной резке?



— Достойных альтернатив нет, ведь речь идет о довольно сложной конфигурации реза, который позволяет соединять трубы под разными углами практически без зазора, и добиться этого другими способами крайне трудно. По словам ребят, технология лазерной резки позволила им существенно сократить время сборки рамы.

— За счет чего это получилось?

— Чтобы соединить две трубы, мы делаем сложный рез: в одной трубе шипы, в другой пазы, и когда они вставляются друг в друга, соединение фиксируется достаточно надежно, остается только проварить его. Можно нарисовать в трехмерных программах необходимое соединение, сделать развертку, а из развертки — программу для лазера, и лазер вырежет в трубе необходимые отверстия, в точности соответствующие чертежу. Заранее нарисованная конструкция с этими соединениями собирается двумя людьми без навыков и приспособлений достаточно быстро.

— Замечательно. А если для силового каркаса понадобится сделать дугу? Мы можем согнуть трубу?

— Да, мы можем это сделать. Для гибки водопроводных труб на любом строительном рынке продаются ручные бездорновые трубогибы. Они представляют собой ролик и ответную часть — дугу, труба вставляется в зазор между ними, ролик прокручивается и труба изгибается по соответствующему радиусу. Проблемы возникают, когда требуется согнуть трубу на очень маленький радиус, или когда она тонкостенная. В месте перегиба одна стенка трубы вытягивается, а другая складывается, и велика вероятность просто переломить изделие. Чтобы гнуть трубу с минимальной деформацией, используют дорновую гибку. Принцип гибки тот же самый, но внутрь трубы помещается специальная оснастка — дорн, гибкая металлическая структура. Таким образом стенка трубы не мнется и не может сломаться.

— Можем согнуть любую трубу под любым углом?

— Да, в очень широком диапазоне. Надо будет только менять ролики и дорн — он должен точно соответствовать внутреннему диаметру трубы.

— А как это происходит на производстве?

— Точно также, только больше автоматике. А вот лазерной резкой труб мало кто занимается, таких трубрезных станков, как у нас, на всю Россию несколько штук.

— *Получается, мы сможем по чертежу нарезать и согнуть трубы для рамы, а как мы соединим их?*

— Лазерная резка позволяет состыковать трубы и зафиксировать их в нужном положении, а потом места соединений необходимо проварить. У нас есть робот-сварщик, но его целесообразно использовать при работе с большой партией изделий, например когда нам понадобится сварить тысячу одинаковых рам. Тогда мы делаем специальную оснастку, в которой будет жестко зажиматься конструкция.

— *Наверное, еще необходимо написать программу работы?*

— Сейчас программирование довольно простое: можно вручную подвести робота к нужной точке и установить начало линии сварки, потом подвести к другой и назначить конец, а в случае сложного шва используется линейная интерполяция дуги.

— *Так просто? И насколько сложную программу ему можно задать?*

— Сварка очень сложных конструкций, как ни странно, это один из тех случаев, когда использовать робота оказывается выгодней, чем варить вручную.

— *То есть, можно задать настолько непростую программу, что человеку с ней будет сложно справиться?*

— Да, для того, чтобы выполнять сложные работы, сварщика необходимо долго обучать. Например, мы выполняем заказы по резке металла для бамперов внедорожников от разных фирм, и обычно сварка конструкции происходит вручную, но один из заказчиков делает довольно сложные объекты, и, хотя им не нужно варить тысячу бамперов, компания купила робота, были написаны программы и изготовлена оснастка для всего модельного ряда. Это решение было принято после того, как несколько раз производство вставало по причине неявки на работу с таким трудом обученных сварщиков. Кроме того, обнаружилась существенная выгода во времени: человек работает несколько часов, а робот — двадцать минут, при этом точно известна скорость



▲ Сварщик за работой

и практически нет форс-мажорных обстоятельств.

— *Моему автомобилю тоже понадобится бампер*

— У нас есть все технологии для этого, но в первую очередь бампер надо спроектировать. Самый простой вариант — когда конструктор берет штангенциркуль, линейку, рулетку и производит необходимые замеры. Потом на основе измерений создает 3D-модель, потом, как правило, вырезает и склеивает картонную модель, прикладывает ее к машине, проверяя, все ли было правильно замерено, и только потом проектируется сам бампер и делается оптимальная конструкция, которая встанет точно на место, не будет щелей, все сочленения будут ровные. Но есть более прогрессивный способ: использовать трехмерный сканер. Машину со снятым бампером сканируют в автоматическом режиме, и к полученной модели в программах трехмерной графики дорисовывают бампер, который точно подходит к машине. Созданный по этой модели бампер обеспечивает идеальное сопряжение.

При конструировании бампера возникает несколько противоречивых требований: с одной стороны, он должен быть достаточно

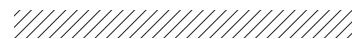
прочным (особенно бампер для внедорожника), а с другой стороны — он должен быть достаточно легким, потому что избыточный вес скажется на проходимости машины. И, кроме того, он должен быть достаточно безопасным.

— *То есть, в бампере тоже должны быть зоны деформации?*

— Да, на стальных бамперах их обычно делают в местах крепления. Кронштейны, крепящие бампер к раме, делают сминаемыми: в них предусмотрены специальные перемычки, которые в случае достаточно сильного удара ломаются

▼ Ручная резка





и кронштейн сминается. В этом случае бампер принимает на себя удар и частично гасит импульс.

А для того, чтобы облегчить конструкцию, сохранив при этом ее жесткость, ее усложняют. Самый простой вариант бампера — это швеллер, или рельс. Но он будет очень тяжелый. Продвинутый бампер представляет собой структуру более сложного профиля, из довольно тонкого металла (буквально 2,5 мм), но зато в определенных местах в него вставляются ребра жесткости, которые могут быть трех- или даже пятимиллиметровой толщины. Эти ребра нужно варить, что делает работу довольно сложной, но за счет применения лазерной резки, технологии «шип-паз», можно сделать так, что под эти ребра в бампере четко предусмотрены пазы, они просто вставляются и провариваются без специального кондуктора.

— *Теперь нам предстоит сделать корпус. Это возможно с помощью ваших технологий?*

— Да, можно раскроить металл лазером, сделать сложную выкройку, которую потом согнем и получим панели, которыми будем обшивать.

— *Как резать лазером понятно, кладем материал на координатный стол и по заданной программе режем. А что насчет гибки?*

— Это делается на листогибах с ЧПУ. Принцип простой: есть матрица, U-образный инструмент, который имеет две опорные грани, и пуансон, между ними помещается лист металла, и пуансон прогибает его между опорными гранями матрицы. Конечно, все происходит гораздо

сложнее, но принцип работы именно такой.

— *Таким образом мы сделаем складку. А если понадобится криволинейный сгиб?*

— Вообще для формования мы можем использовать координатно-пробивной станок. Он представляет собой координатный стол с расположенным над ним пробойником, и позволит выдавить ребра жесткости, закатать кромку, сделать офсет.

Как и в листогибном станке, используется матрица и пуансон, матрица представляет собой отверстия, пуансон — такой же формы выступы, которые бьют в отверстия матрицы, прорывая металл, находящийся между ними. Между матрицей и пуансоном должен быть зазор, определяемый толщиной материала. Но мы используем различные инструменты, которые позволяют не только пробивать металл, но и делать формование. В этом случае матрица представляет собой углубление, а пуансон — ролик, который не пробивает металл, а продавливая. Перемещая лист металла по заданной программе, мы получим продавленную полосу практически любой формы, а если выбрана матрица в виде уступа, получим офсет.

— *Если я правильно поняла, с помощью ваших технологий можно изготовить весь корпус автомобиля!*

— Да, технологии это позволяют, но это не наша специализация. Вообще компаниями-производителями автомобилей применяются станки трехмерной лазерной резки.

На автомобильном заводе для производства, например, двери автомобиля используют сочетание традиционной и инновационной технологии: сначала выполняется штамповка деталей на огромных прессах, куда закатывается рулон металла и одним ударом вырубается контур будущей двери и придается ей объем. После этого деталь переносится на станок трехмерной лазерной резки, где в этой сложной форме прорезаются необходимые отверстия. Это возможно потому, что головка лазера может не только перемещаться в трех направлениях, но и поворачиваться, что позволяет резать наклонные поверхности.

— *Готовые детали надо будет покрасить.*

— У нас есть технология порошковой покраски. В электростатическом поле на деталь наносится порошок, потом в камере при +200° происходит запекание изделия. Покрытие получается очень прочным и позволяет защитить поверхность от коррозии.

— *Итак, с помощью этих технологий можно будет собрать корпус и раму для моего автомобиля. А как это делается в промышленных масштабах, на автомобильных заводах?*

— Везде по-разному. На заводе Мерседес, например, все в основном делают роботы, и очень мало ручного труда. Кажется, что попал в будущее. Для нас удивительно, но на конвейере все автомобили разные, они маркированы штрих-кодом, по которому автомат определяет, какие операции необходимо произвести с машиной: какую приборную панель поставить, клеить ли стекло в крышу. Без участия человека выбирается необходимая деталь, и манипуляторы аккуратно ее монтируют. У немцев есть роботизированные листогибы. В работе обычного листогиба много ручного труда: оператор должен поместить листовой материал в станок, запустить его, вытащить материал, посмотреть, правильно ли все согнулось. А в роботизированном станке это все происходит автоматически.

— *А как же ошибки?*

— Меньше человеческого фактора — меньше ошибок. Весь корпус собирается роботами: клеится, варится, монтируется, а люди стоят только на конечном этапе производства, на контроле. Полностью собранный кузов машины поступает в зал, где к нему присоединяется множество различных датчиков, и люди, получая данные, видят, в норме ли все параметры.

— *А если нет?*

— Если какой-то параметр выходит за допустимые пределы, люди исправляют неполадки вручную, отправляют на переделку или списывают автомобиль. Контроль осуществляется на нескольких стадиях, и бракованный кузов не дойдет до сборки, его исправят или отбракуют раньше.

— *Да, пожалуй, если я задумал сделать серию багги, нужно будет продумать роботизированное производство. Спасибо за помощь.* ●

▼ Пульт листогиба с ЧПУ

