

Для триальных автомобилей ставят достаточно специфичные требования – преодолевать различные препятствия. При этом у стандартного шасси автомобиля прежде всего переделывается подвеска для того, чтобы появилась возможность больших ходов и большего диагонального вывешивания мостов. Для триала лучше всего подходят мосты с неразрезной балкой. Данный материал является переводом англоязычной статьи, с добавлением некоторых фотографий для закрепления материала и понимания предмета статьи. Оригинал статьи находится по адресу www.muddtanks.com/4LinkSuspArticle.htm

Прежде чем приступить к модернизации подвески необходимо понять для чего нужна модифицированная подвеска, нужно ли участвовать в соревнованиях по триалу, как профессиональных, так и любительских. При изменении конструкции подвески изменится управляемость автомобиля в целом – она ухудшится на высоких скоростях (для разных машин по-разному, но в целом ухудшение управляемости наступает после 90...100 км/ч).



Как правило, первые тест-драйвы после переделки приносят эйфорию создателю машины из-за изменившихся характеристик, но следует помнить, что в некоторых случаях непонимание всех тонкостей поведения автомобиля может привести к несчастным случаям.

По сути дела, данная подвеска не отличается от задней подвески автомобиля ВАЗ-2101. У модифицированной подвески по-другому расположены реактивные штанги, чтобы сохранить управляемость и убрать тягу Панара, которая препятствует большим ходам подвески.



Вид на подвеску сбоку.

Прежде чем начать переделывать автомобиль, необходимо всё детально проработать весь проект на бумаге. После этого необходимо измерить колёсную базу автомобиля и фактический диаметр колёс. Нужно измерить и зарисовать раму автомобиля, обозначив на чертеже положение деталей выхлопной системы, топливного бака. Также необходимо зарисовать балку моста и образмерить все элементы моста.



Багги для триала Scorpion.

Преимущества данной подвески очевидны – большие углы съезда, большее диагональное вывешивание мостов. Листовые рессоры заменены на обычные телескопические амортизаторы. Подобная модификация подвески достаточно дешёвая и легче, чем стандартная. Американцы строят много таких подвесок и проводят соревнования по триалу в горах (например, в штате Юта недалеко от города Моаб), искусственные препятствия, как правило, строятся только лишь для соревнований на крытых стадионах.



Любительские соревнования в Pritchett Canyon, США



Любительские соревнования в Billings Canyon, США

Самый главный вопрос, который ставит перед собой любой конструктор данной подвески – какой длины должны быть штанги, как они должны располагаться и как крепиться к раме автомобиля. Также основные вопросы, которые не всегда рассматриваются по не знанию предмета – как изменится управляемость автомобиля при диагональном вывешивании мостов, изменится ли поворачиваемость, как будет себя вести кузов автомобиля при поворотах мостов и при проезде препятствий. С учётом предъявляемых требований к каждому конкретному автомобилю каждый автомобиль с модифицированной подвеской будет вести себя по-разному. С учётом того, что накоплен достаточно большой опыт изготовления таких подвесок, разрабатывать заново их, считать на прочность детали уже нет необходимости. Не рекомендуется брать трубы для нижних штанг диаметром менее 44 мм и толщиной стенки менее 6 мм. При использовании труб меньшего диаметра можно повредить штанги камнями. Верхние штанги должны быть изготовлены из трубы диаметром не менее 44 мм и толщиной стенки 3 мм. Наконечники со сферическими шарнирами надо брать максимально мощные с большим углом поворота шарнира. Тем не менее необходимо

помнить, что данные шарниры долго не живут в связи с тем, что они открыты и постоянно загрязняются. При проектировании кронштейнов, к которым крепятся сами шарниры нужно соблюдать одно самое главное условие – ось шарнира должна быть перпендикулярна оси штанги для того, чтобы отклонения шарнира были максимальными во все стороны. Для кронштейнов желательно использовать листовой металл толщиной около 5-6 мм, и его необходимо усиливать пластинками из того же металла.

Болты необходимо брать усиленные, желательно не ниже M12, и должны быть термически обработанными. Желательно брать болты от подвески автомобилей, если нет возможности выбрать более прочные болты по каталогам.

Проектирование подвески.

После того, как рама и балка моста зарисованы и образмерены, приступаем к конструированию подвески. Необходимо продумать и на бумаге определить все точки крепления штанг и определить геометрические параметры подвески. После этого уже нужно приступать к постройке новой подвески. Необходимо припарковать внедорожник на ровный пол и измерить следующие параметры:

- колёсная база;
- диаметр колёс и расстояние от пола до оси колеса;
- размеры рамы и расстояния от пола до её элементов.

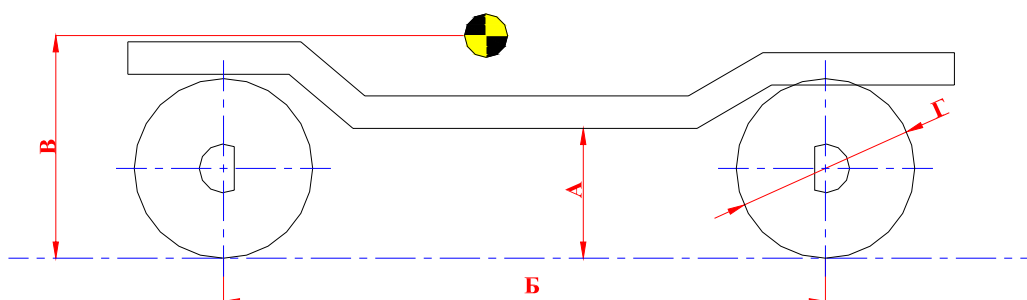


Рисунок 1

После снятия всех размеров необходимо прочертить образмеренные элементы на бумаге – виды сбоку и сверху. Желательно на этот чертёж нанести положение центра тяжести автомобиля. Если это не справочная величина, необходимо сделать прикидочный расчёт. Также можно указать положение верхнего центрального болта крепления картера сцепления с блоком двигателя – это положение центра тяжести автомобиля не будет очень точным, но в качестве примерной метки это подойдёт. Также необходимо обозначить на чертеже новую высоту рамы если планируется изменение величины дорожного просвета в большую сторону.

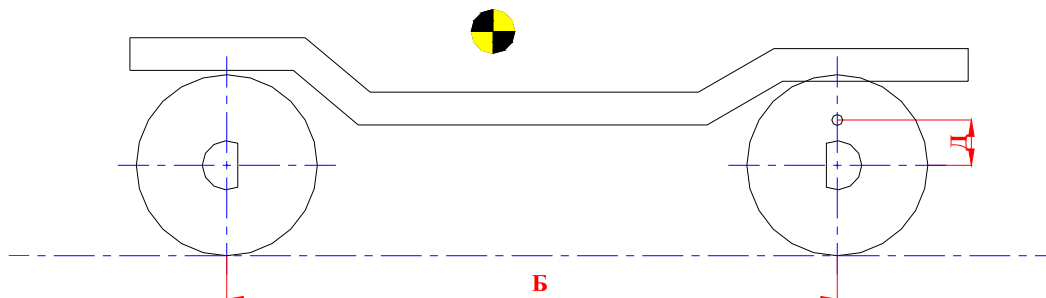


Рисунок 2

Теперь необходимо указать место крепления нижних штанг – для этого спереди на средней линии балки моста указываем эту точку. В некоторых случаях люди указывают эти точки под балкой или над ней. Если мы размещаем под балкой опору – есть вероятность её повреждения, если над балкой – не очень хорошо скажется на кинематике подвески. Точка крепления верхних штанг – умножаем диаметр колеса на 0,25 и отмечаем эту точку в вертикальной плоскости над осью колеса. Если диаметр колеса 33" – откладываем 210 мм, если 36" – 230 мм. По американским данным, эта точка располагается выше оси колеса на 8...11 дюймов, что соответствует (с округлением до целого числа) 205...280 мм. В некоторых случаях данные размеры не получается выставить из-за компоновки автомобилей. Это не должно вас расстраивать – всегда можно немного отойти от этой методики, но при этом ухудшится кинематика.

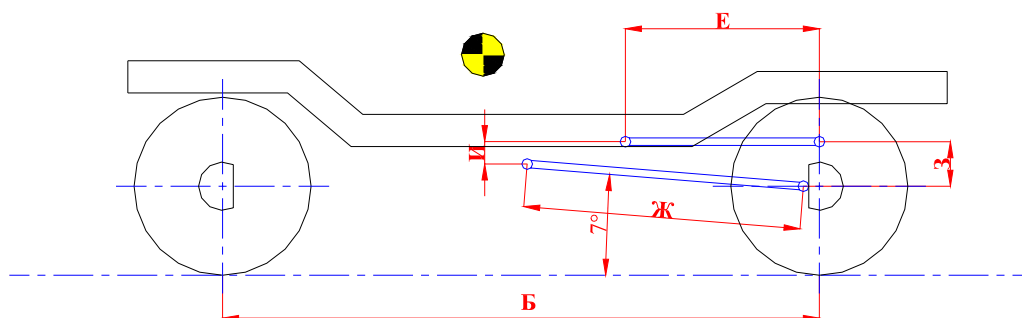


Рисунок 3

После этого находим места крепления штанг на раме автомобиля. Для этого из точки крепления нижней штанги откладываем линию вверх под углом 5-10°. Обычно эта линия пересекается с рамой около выходного фланца раздаточной коробки. Точка крепления штанги должна быть как можно выше для увеличения просвета автомобиля, но при этом ниже рамы. Если при построении не получилось пересечение линии с рамой при наклоне линии в диапазоне 5...10°, то можно немного поднять точку крепления штанги на балке моста с сохранением расстояния 205...280 мм до точки крепления верхней штанги для сохранения благоприятной кинематики подвески.

Следующий шаг – выбор длины и расположения верхней штанги. Здесь при выборе компоновки может получиться несколько вариантов, это не должно отпугнуть от

задуманного. Необходимо отметить расположение нижней тяги – первая точка крепления располагается на балке моста, вторая – около выходного фланца раздаточной коробки. Длина верхней штанги должна составить 70% от длины нижней (с округлением до целого числа). Расстояние по вертикали между точками крепления штанг на раме (возле раздаточной коробки) составляет 50% от расстояния точек крепления штанг на балке (размер 8...11 дюймов \approx 205...280 мм), т.е. около 102...140 мм.

После этого переходим к размещению точек крепления на виде сверху. Поднимаем виртуальные линии, проходящие через все четыре точки крепления штанг вверх для определения геометрических параметров подвески, влияющих на управляемость и устойчивость автомобиля. На балке моста необходимо измерить расстояние между тормозными механизмами – рядом с ними будут размещаться кронштейны крепления нижних штанг. Следует учесть, что между самими кронштейнами и узлами и агрегатами автомобиля необходимо также некоторое пространство для крепёжных элементов и для того, чтобы можно было подлезть инструментом для затягивания болтов и гаек.

В процессе проектирования новой подвески могут возникнуть некоторые мысли по поводу переноса некоторых деталей, например топливного бака, деталей выхлопной системы и других. Длина верхних штанг (на виде сбоку) должна в идеале быть 70% от длины нижних, но с учётом реальной компоновки автомобиля длина может изменяться в пределах 60...80% длины нижних штанг.

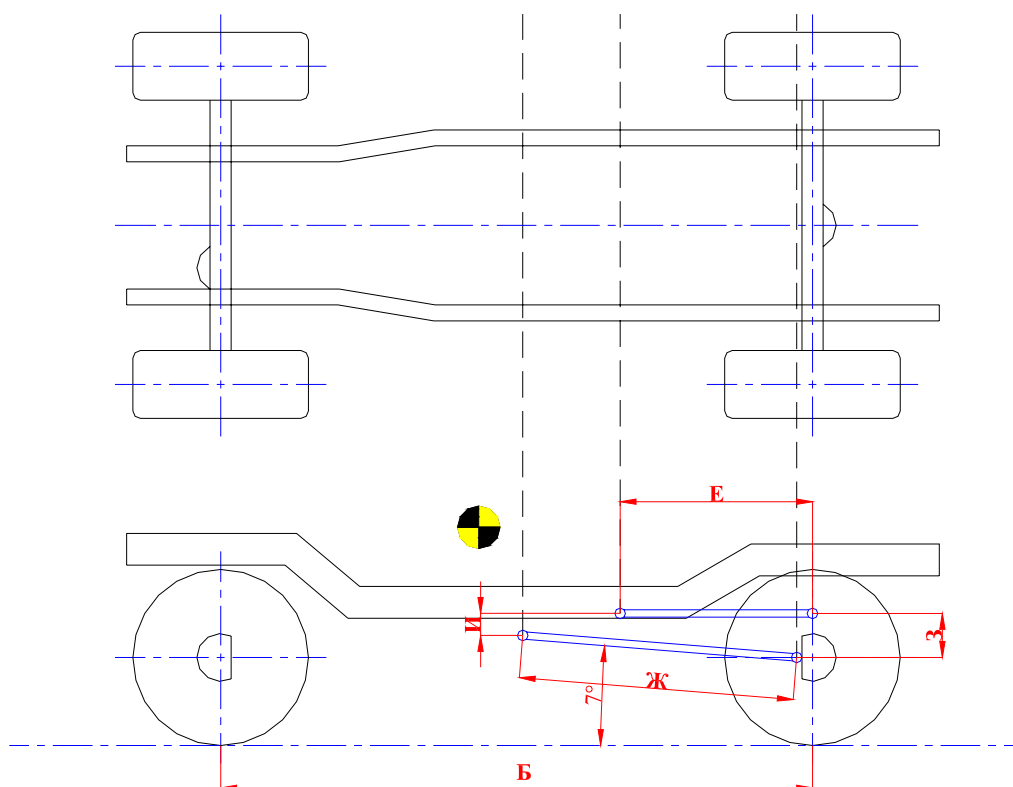


Рисунок 4

На виде сверху строим сначала верхние штанги. Важно, чтобы угол между штангами был не менее 40° . Этот угол позволяет сдерживать перемещения моста относительно средней линии автомобиля влево-вправо. Если угол будет меньше, то будет слабый боковой контроль – автомобиль будет рыскать на любой скорости. Сначала обозначаются точки крепления на

картере главной передачи. Необходимо предусмотреть как будет осуществляться сборка узла – между точками крепления необходимо заложить некоторое расстояние на размещение болтов и гаек, кронштейнов и т.д. Следует учесть следующее – если при проектировании штанг угол не получается более 40° , необходимо изменить длины тяг на виде сбоку таким образом, чтобы длина верхних штанг была 70% от длины нижних. Как правило, придётся сделать несколько компоновок и сточить несколько карандашей, пока компромисс не будет найден. Также необходимо помнить, что длины тяг должны быть максимально большими для обеспечения больших ходов и больших углов перекрещивания мостов.

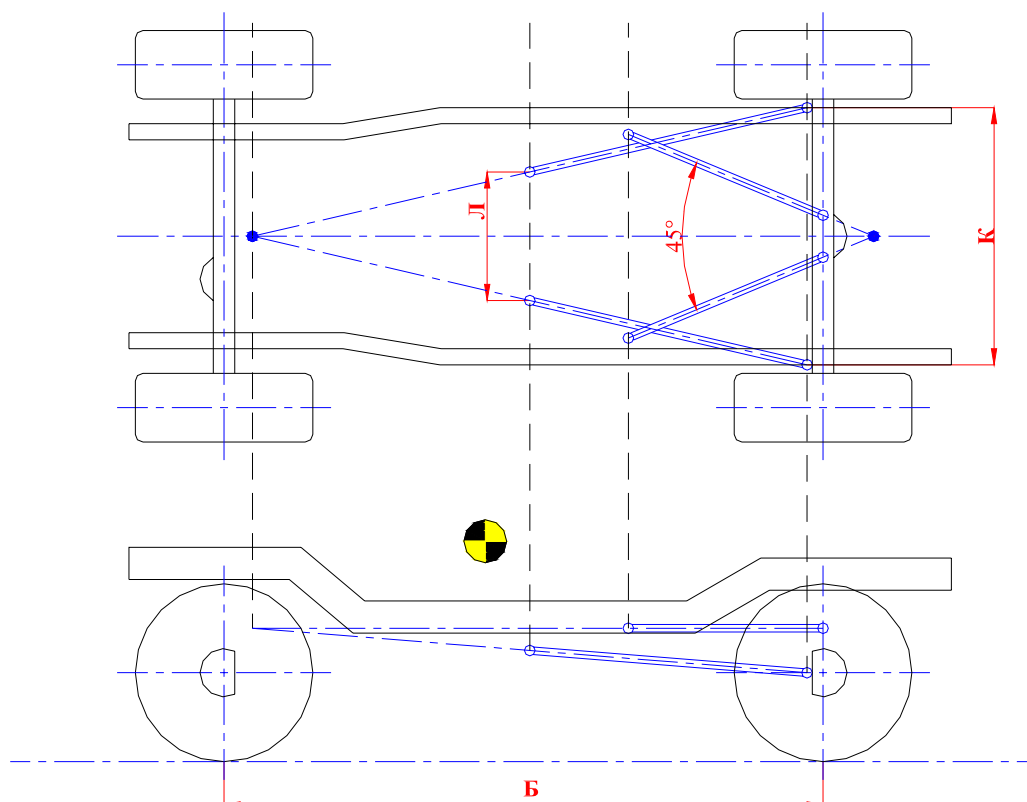


Рисунок 5

Для уменьшения подруливания задним мостом необходимо чтобы оба колеса перемещались вперёд, иногда получается так, что при такой подвеске одно колесо перемещается вперёд, а другое – назад, в этом случае наблюдается подруливание. Расстояние между креплениями нижних штанг – размер K на чертеже. Откладываем на виде сбоку точку пересечения верхней и нижней штанг – геометрически получаем мгновенный центр. Поднимаем виртуальную линию на вид сверху до тех пор, пока он не пересечёт ось симметрии автомобиля. На виде сверху в этой точке должны пересечься оси нижних штанг. От точки крепления нижней штанги на виде сбоку поднимаем виртуальную линию до вида сверху. На этой линии должны располагаться точки крепления нижних штанг. Расстояние между ними должны быть 60% от размера K . Если продолжить оси верхних штанг, то получим мгновенный центр где-то сразу за балкой моста. Установленный угол нижних штанг помогает верхним тягам избегать подруливание мостом и увеличивает область

преодолеваемых препятствий. Наилучшее решение возникает при расстоянии размещения передних точек крепления нижних штанг 50...70% от размера К.

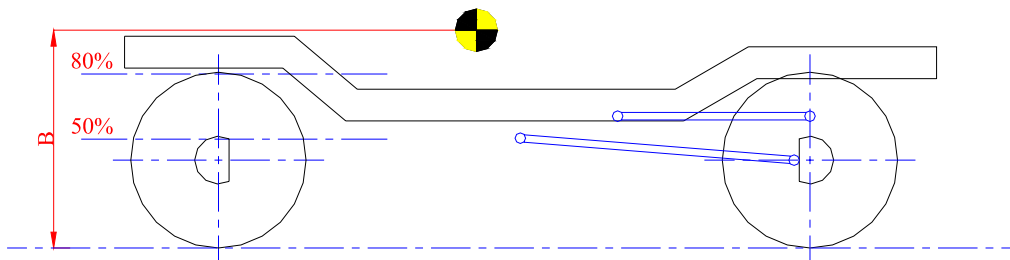


Рисунок 6

Продолжаем проектирование подвески с вида сбоку. Высоту до центра тяжести умножаем на 0,5 и отмечаем эту высоту на чертеже. Теперь отмечаем высоту, равную 0,8 от высоты центра тяжести. Проводим вертикальную линию перпендикулярно полу из оси колеса. Отмечаем эти две высоты на вертикальной линии и проставляем высоту в дюймах (1 дюйм = 25,4 мм). Расстояние между этими двумя отметками показывает «antisquat» в процентах. Это будет подробно рассказано на рисунке 9. Из мгновенных центров на виде сверху опускаем виртуальные линии на вид сбоку. Таким образом мы определяем высоты точек крена подвески. Теперь необходимо соединить оба центра крена виртуальной линией, которая называется линией крена. Вокруг этой виртуальной линии кузов автомобиля будет стремиться повернуться.

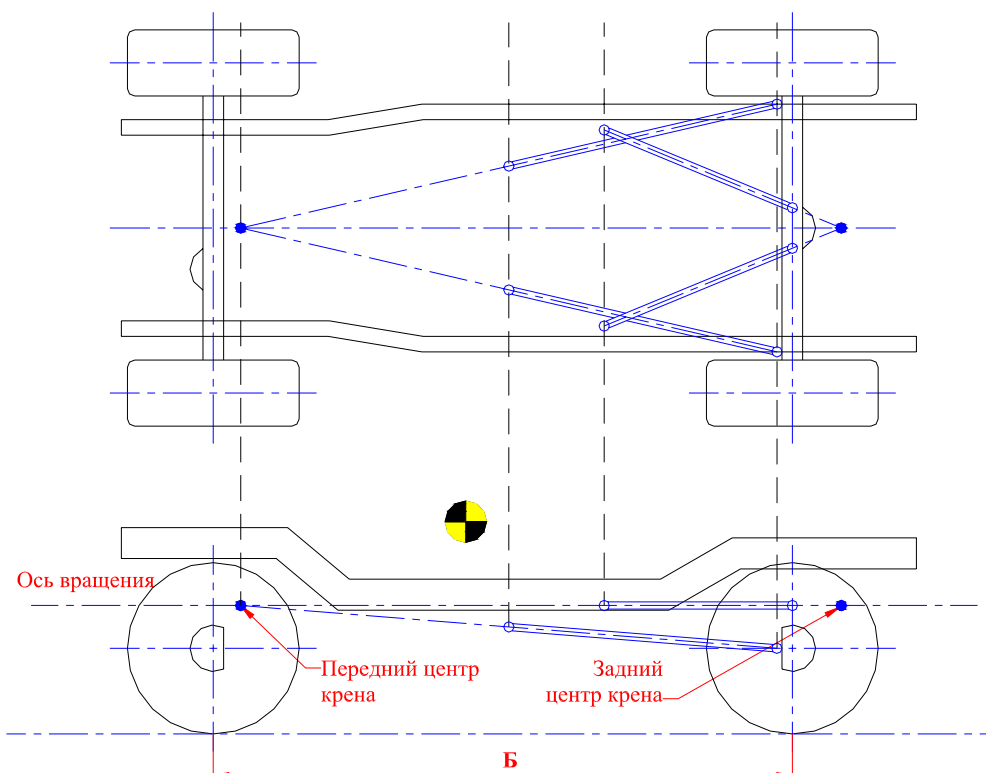


Рисунок 7

Для лучшей управляемости необходимо, чтобы передний центр крена был немного ниже заднего. В этом случае также будет меньше избыточная поворачиваемость. Точно оценить величину «немного ниже» не получится, в противном случае необходимо сделать несколько вариантов настроек шасси для качественной оценки, но в условиях гаражной мастерской это не возможно.

Если ось наклонена назад, то необходимо понизить опору верхних рычагов на раме немного вниз или поднять немного вверх точки крепления штанг на балке моста. В любом случае, в результате данных операций с геометрией подвески необходимо добиться того, чтобы передний центр крена был ниже заднего центра крена. Небольшое расхождение от первоначального чертежа имеет место быть для определения правильных параметров.

! С учётом всех вариантов компоновок продольных штанг можно вносить много корректировок при настройке шасси. Но при этом необходимо не только понимать, что и как происходит с шасси, но и на какие параметры можно влиять для улучшения управляемости. На триальных автомобилях, как правило, нет большого количества регулировок для изменения характеристик подвески, но в то же время на мощных дорожных автомобилях специально закладываются некоторые диапазоны регулировок. Для триальных автомобилей подвеску, как правило, строят энтузиасты этих соревнований и не всегда есть возможность сравнить поведение автомобиля на трассе при различных настройках. Модифицированный автомобиль изначально имеет лучшие характеристики по сравнению со стандартным автомобилем и поэтому мало кто занимается доводкой характеристик в условиях гаражной мастерской.

Теперь, для того чтобы убедиться, насколько правильно была спроектирована подвеска, необходимо оценить величину, которая в англоязычной литературе называется – *antisquat* – что дословно переводится как «антиприседание». Это позволяет колёсам двигать автомобиль без сжатия или растяжения подвески при разгонах-торможении.

! В нашей литературе такая геометрия подвески называется «антиклевковая». При разгонах-торможении автомобиль не должен совершать резких клевков в сторону передней или задней подвески, иначе происходит скачкообразное перераспределение веса автомобиля. В англоязычной литературе я встретил два разных термина – *anti-dive geometry* – по отношению к передней подвеске, и *antisquat* – по отношению к задней подвеске.

Наилучшая величина этого параметра зависит от предназначения автомобиля. Точно эту величину указать не получится, но можно примерно оценить диапазон величин для нашего случая. Некоторым водителям нравится, что автомобиль наклоняется при разгоне-торможении, однако из-за этого на подвеску действуют реакции и амортизаторы больше нагружаются. В некоторых случаях подвеску проектируют так, чтобы при разгоне автомобиль немного «приседал» на заднюю ось. Это делают для того, чтобы немного увеличить сцепление с дорогой, но при этом необходимо помнить, что балка моста уходит ближе к раме автомобиля вместо того, чтобы двигаться вперёд. Для нашего случая необходимо, чтобы автомобиль не слишком сильно приседал и при торможении задняя часть автомобиля не поднималась слишком высоко.

Определить эту величину нужно следующим образом – на виде сбоку из мгновенного центра проводим линию до средней точки контакта колеса с дорогой. На пересечении этой линии с вертикальной линией, которую мы ранее провели через центра колеса и определяется величина эта величина.

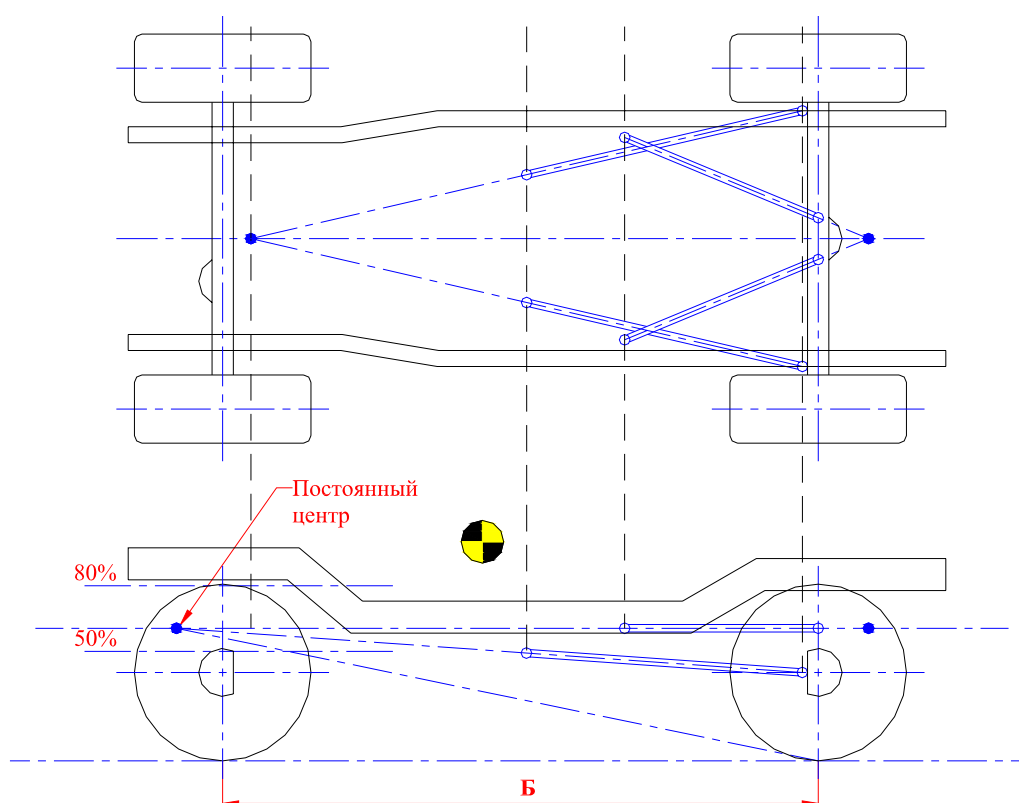


Рисунок 8

Если точка пересечения лежит на линии по высоте 50...80% высоты центра тяжести, то у нас получилось правильно спроектировать подвеску. Теперь, для внесения некоторых корректировок в поведение автомобиля можно следующее – для увеличения подъёма автомобиля при разгоне мгновенный центр поднимаем вверх до 80% высоты центра тяжести или даже выше (не рекомендуется). Если есть желание увеличить приседание, то необходимо опустить точку по высоте до 50% высоты центра тяжести.

В тоже время, если при построении мы не попали в эти пределы, то необходимо изменить положения креплений штанг. При этом есть следующий алгоритм – при изменении одной точки, допустим передней точки крепления нижний штанг вверх, то необходимо изменить положение точек крепления верхних штанг на балке моста также вверх (т.е. противоположные точки крепления штанг). При каждом изменении положений штанг необходимо графически находить положение мгновенного центра, от которого зависит «приседание» задней части автомобиля.

Примеры на конкретных автомобилях.

Рисунок 9

После того, как на чертежах получилась наиболее оптимальная компоновка, необходимо приступить к реализации задуманной идеи. Сначала придётся изготовить все кронштейны крепления штанг – как для балки моста, так и для рамы. С учётом того, что в Америке развита культура постройки триальных автомобилей, желательно провести хотя бы немного времени в интернете для поиска наиболее оптимальных решений при постройке подвески. Алгоритм воплощения задуманного может быть любым, но, как правило, сначала устанавливают кронштейны крепления верхних штанг на картере главной передачи.

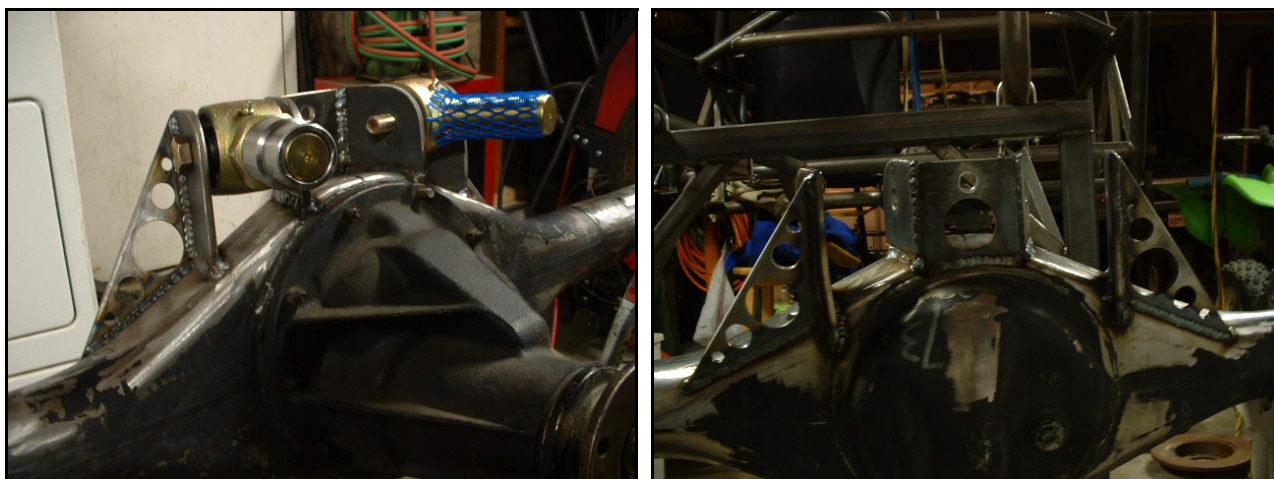


Рисунок 10



Рисунок 11

Затем, делаем кронштейны крепления нижних штанг на раме. Возможно, в некоторых случаях придётся сварить подрамник для крепления штанг – с учётом компоновки реальных автомобилей может найтись неожиданное решение. Также можно предусмотреть варианты защиты кронштейнов или подрамка листами стали для предотвращения повреждения деталей при скольжении по камням или другим препятствиям.

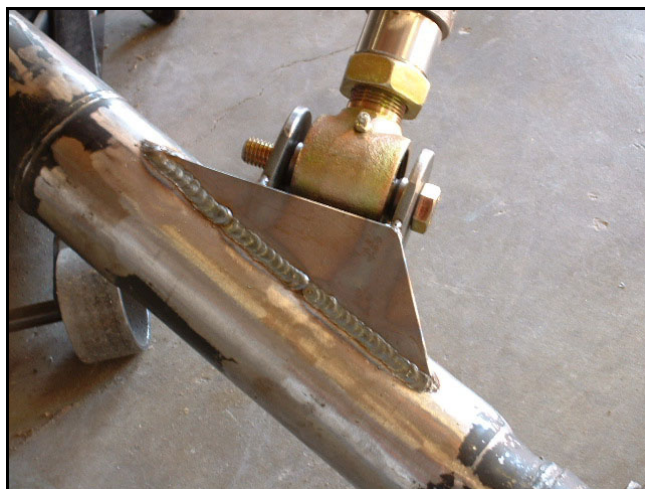


Рисунок 12

Если нет опыта работы с железом и не всегда понимаешь, как приложены нагрузки, то возможны некоторые ошибки при изготовлении подвески. Также если производятся сварочные работы своими силами, то возможны некоторые ошибки при недостаточном опыте – недостаточный провар металла и прочие неприятности, которые могут привести к гибели водителя. Именно поэтому все работы должен проводить квалифицированный сварщик.

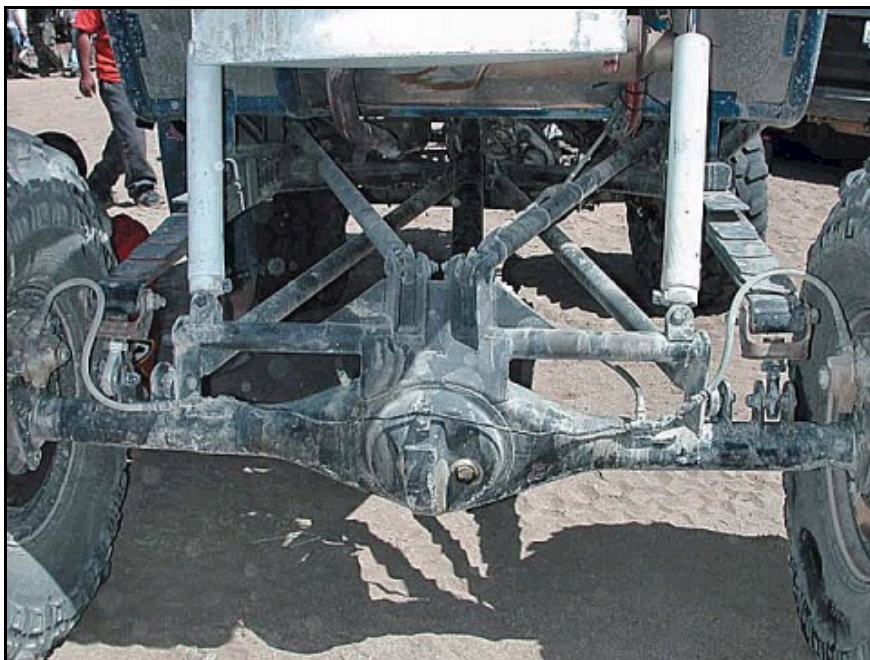


Рисунок 13

Необходимо помнить при сварке подрамка (да и при сварке других конструкций), что самый жёсткий элемент – это треугольник. На фотографии видно, что к поперечной трубе приварены растяжки к лонжеронам рамы, которые образуют треугольник. Приваривать эти растяжки необходимо перед креплением опоры штанги – иначе может возникнуть изгибающий момент, который будет стремиться разрушить подрамок.



Рисунок 14



Рисунок 15

Все пластинки для усиления сварочных швов необходимо использовать из малоуглеродистой стали толщиной 5...6 мм. Чаще всего этого достаточно.

Для изготовления некоторых кронштейнов, возможно придётся воспользоваться услугами фирм, которые делают раскрой металла на станках плазменной резки с ЧПУ (либо при достаточном опыте просто вырезать всё угло-шлифовальной машинкой). Чаще всего приходится также делать эскизы участков рамы и агрегатов в предполагаемых местах крепления кронштейнов. При изготовлении кронштейнов необходимо предусмотреть несколько отверстий для крепления рычагов – это позволит внести некоторые регулировки для достижения лучшей управляемости.



Рисунок 16

Расчётное положение штанги на чертеже должно соответствовать среднему положению на кронштейне. Регулировки должны осуществляться и вверх и вниз по кронштейну. Это нужно, чтобы можно было оперативно внести корректировку для различных условий эксплуатации – для гонок или для преодоления препятствий.



Если заложить возможность регулировки и попытаться понять, что происходит с машиной, то имеет смысл провести серию испытаний автомобиля при различных настройках и постараться объективно описать поведение автомобиля. Это позволит понять, как управляется автомобиль с модифицированной подвеской.



Рисунок 17

После того, как все штанги выверены по длине (все ШС зафиксированы контргайками), установлены все кронштейны на прихватках (сварка непрерывным швом будет после небольшой проверки), наступает необходимость провести испытание подвески автомобиля. Необходимо понять – правильно ли она работает. Нужно помнить, что при движении балки моста вверх-вниз не должно быть поворотов относительно вертикальной оси моста. Если мост вращается относительно вертикальной оси, то необходимо проверить положение точек крепления штанг, длины штанг, углы между ними, возможно придётся переварить кронштейны штанг из-за того, что они могут задавать неправильную кинематику. Также необходимо проверить, не мешают ли при любых ходах подвески узлы и агрегаты автомобиля – топливный бак, запасное колесо, детали выхлопной системы и другие (также проверяем – есть ли место, куда можно перенести мешающие агрегаты). Не стоит расстраиваться, если с первого раза не получилось и пришлось всё делать 3...4 раз. Если всё правильно – возвращаем автомобиль в гараж и провариваем все швы. В некоторых случаях появится желание ещё раз всё проверить и настроить подвеску.



Рисунок 18

Некоторые полезные идеи.

При использовании сферических шарниров, имеет смысл заказать резьбовые втулки, которые ввариваются в трубы штанг. Между втулкой и трубой необходимо снять фаски для сварочного шва – они позволят лучше прогреть и проварить металл и уменьшат толщину шва.



Данные вставки позволяют сферическим шарнирам поворачиваться на максимальные углы.



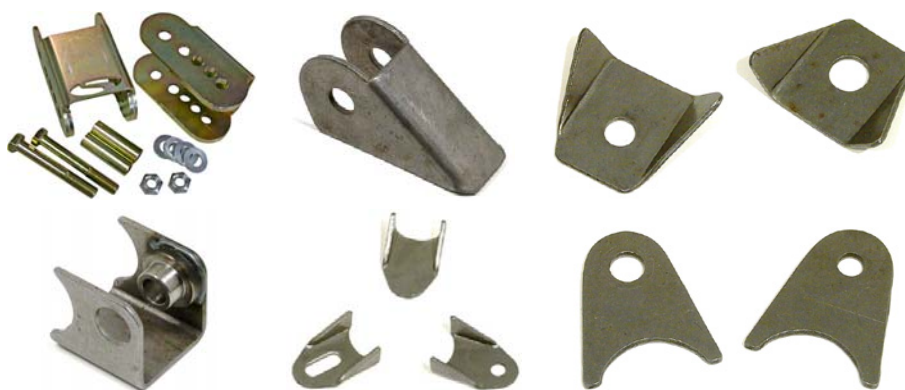
С учётом стоимости данных шарниров для удешевления подвески и при меньших ходах подвески крепление на раме можно сделать следующим образом:

2.5. Определение основных параметров подвески для триального автомобиля



Американцы используют материал Delrin – высокомодульный полиэтилен или что-то в этом роде.

Также полезными могут оказаться реализации идей по изготовлению пластинок для кронштейнов. Судя по всему, у американцев очень распространены станки плазменной резки с ЧПУ, поэтому очень много вариантов сборки автомобилей с применением таких деталей. Дело доходит до того, что для большинства внедорожных автомобилей таким образом изготавливают даже поворотные кулаки и прочие детали.



Оглавление.

1. Классификация багги
 - 1.1. Определение багги как транспортного средства
 - 1.2. Багги в США
 - 1.2.1. Спортивные багги, грузовики, прераннеры – классификация, примерные бюджеты
 - 1.2.2. Песчаные багги Sandrail
 - 1.2.3. Пляжные багги Dune buggy
 - 1.2.4. Канадские багги
 - 1.2.5. Багги – краулеры
 - 1.3. Багги в России
 - 1.3.1. Спортивные багги
 - 1.3.2. Обзор халявных чертежей
 - 1.3.3. Архив
 - 1.4. Багги в Европе
 - 1.4.1. Обзор машин
 - 1.5. Багги в Латинской Америке
 - 1.6. Багги в Австралии
 - 1.7. Военные багги
 - 1.8. Прототипы Хаммера
2. Подвеска транспортного средства
 - 2.1. Основные положения, термины и определения
 - 2.2. Определение основных параметров подвески на поперечных А-образных рычагах
 - 2.3. Определение основных параметров подвески на диагональных рычагах
 - 2.4. Определение основных параметров подвески с неразрезной балкой
 - 2.5. Определение основных параметров подвески для триального автомобиля.**
 - 2.6. Изготовление поворотных кулаков по американской технологии
 - 2.7. Процесс изготовления подвески для багги на примерах
 - 2.8. Отличие настроек подвески под конкретные трассы
 - 2.9. Негативный эффект при понижении стандартной подвески
3. Повышение мощности поршневого двигателя внутреннего сгорания
 - 3.1. Что такое мощность
 - 3.2. Что такое крутящий момент
 - 3.3. Способы повышения эффективной мощности двигателя
 - 3.4. Отличие европейской и американской школ двигателестроения
 - 3.5. Системы изменения фаз газораспределения. Отличие немецкой и японской школ.
 - 3.6. Роторно-поршневые двигатели внутреннего сгорания
 - 3.7. Система выпуска отработавших газов двухтактного и четырёхтактного двигателей. Расчёт основных параметров
 - 3.8. Десмодромный привод МГР
4. Трансмиссия транспортного средства
 - 4.1. Расчёт передаточных чисел трансмиссии