



**Начальная геометрия
подвески: стопами
Кэрролла Смита. Повесть о
балансе. Книга 2**



Никита Котровский

Повести о Балансе

Никита Котровский

**Начальная геометрия подвески:
стопами Кэрролла Смита.
Повесть о балансе. Книга 2**

«Автор»

2024

Котровский Н.

Начальная геометрия подвески: стопами Кэрролла Смита.
Повесть о балансе. Книга 2 / Н. Котровский — «Автор»,
2024 — (Повести о Балансе)

Перед вами второй из трех запланированных учебников цикла "Повесть о балансе". В основе лежат знания, прежде всего, американского инженера и писателя Кэрролла Смита, которые автор цикла повестей о балансе, будучи тренером и пилотом, проверил на личном опыте. "Начальная геометрия: стопами Кэрролла Смита. Повесть о балансе. Книга 2" расскажет максимально доступным языком о том, как проектируется, строится и функционирует подвеска и рулевое управление гоночного автомобиля, в том числе и Legends 600. Первое, что связывает этот учебник с "Колесом Жизни. Повесть о балансе", - это шина; умение работать с ней и выстраивать вокруг нее спортивный автомобиль. Второе же, и главное, - это гармония и взаимосвязь всех компонентов гоночного болида, а проще говоря - баланс.

© Котровский Н., 2024

© Автор, 2024

Никита Котровский

Начальная геометрия подвески: стопами Кэрролла Смита. Повесть о балансе. Книга 2

«Пилот не обязан быть инженером...» (вместо предисловия)

Пилот не обязан быть инженером; более того, иногда сугубое погружение в тему способно помешать пилоту выдавливать из своего орудия производства все соки. Излишняя привязанность, перерастающая в любовь, прервала гоночную карьеру таких гениев инженерной автоспортивной мысли, как Энцо Феррари, Колин Чепмен, Эдриан Ньюи. Наверное, оно и к лучшему. По крайней мере, ретроспективный взгляд на их биографию дает точный и однозначный ответ: эти люди нашли свое призвание! Лично для меня – как тренера и тест-пилота автодрома ADM Raceway, а также автора учебников по автомобильному спорту – в одном ряду с вышеупомянутыми легендарными личностями стоит и Кэрролл Смит – американский пилот, инженер и, безусловно, талантливый писатель, сумевший грамотно, доступно, искрометно, временами с юмором, а иногда с неприкрытым сарказмом, отобразить в своих произведениях гоночный автомобиль, каким он был во второй половине 20 столетия. Впрочем, во многом он таким остается и сегодня. Автор этой книги, основанной на литературе Кэрролла Смита, – я настоятельно рекомендую всем, кто искренне болеет автоспортом, такие учебники американского писателя, как Prepare to Win, Tune to Win и Drive to Win. Естественно, в оригинале! – Зачем?

...Пилот, конечно же, не обязан быть инженером. Однако, если его желание быть быстрым – искреннее и не дающее покоя (а не возникающее пару-тройку раз в полугодие – от покатушки до покатушки), то он обязан общаться со своим спорткармом: знать его, слышать, понимать и на том выстраивать свой пилотаж. Тогда и машина ответит ему взаимностью. А вот из гармоничного баланса грамотно построенного автомобиля и до мозга костей понимающего свой инструмент пилота – и рождаются в итоге победы. «Начальная геометрия: стопами Кэрролла Смита. Повесть о балансе. Книга 2» не станет откровением для гоночных инженеров. Скажу больше: она не для них и создана. Эта книга, равно как и «Колесо Жизни. Повесть о балансе. Книга 1», написана тренером-пилотом – для пилотов. Здесь вы не найдете никаких трехэтажных формул и выносящих мозг своей точной скрупулезностью чертежей. Они, безусловно, есть в природе! Но это тема другой – научной – литературы. А мы сегодня не об этом. – Так о чем же?

...Пилот, очевидно, не обязан быть инженером. Но даже самый гениальный пилот (например, Айртон Сенна) обязан был рассказывать о том, что именно его не устраивает в настройке болида. Быстрый тандем требует слаженности, спайки. Мы все, кто так или иначе пилотирует спортивный автомобиль, едем по-разному. У каждого из нас есть свои предпочтения по работе тормозной системы, или коробки передач, или подвески, или рулевого управления; кому-то комфортнее болид с избыточной поворачиваемостью, а кому-то с недостаточной. И мы, пилоты, должны уметь это почувствовать, объяснить инженеру; желательно, чтобы при этом мы понимали, что конкретно нас не устраивает и чего мы в итоге хотим получить; и еще желательно, чтобы все излагалось понятным инженеру-механику языком.

...Пилот не обязан быть инженером, – собственно, об этом и речь в книгах «Повести о балансе».

Часть 1. Геометрия подвески

В рамках данной области изучения, чем больше возможных вариаций, тем более загадочной может стать эта область. Поскольку возможности вариаций, заложенные в геометрии подвески гоночного автомобиля, практически бесконечны, из этого следует, что возникающие

в результате загадочность и путаница также должны приближаться к бесконечности – и так оно и есть. Кэрролл Смит был вовсе не уверен, что нам удастся в какой-либо степени уменьшить путаницу, но мы хотя бы попытаемся!

Геометрия любой системы подвески колеса определяет линейные и угловые траектории, по которым будут двигаться колесо и шина при переходе из своего статического состояния, – либо из-за воздействия неровностей дороги на неподрессоренную массу, либо из-за перемещения поддрессоренной массы в ответ на трансформацию веса, вызванную ускорениями в различных плоскостях. Форма этих траекторий движения колес будет зависеть от относительной длины и наклона частей подвески, в то время как величина деформаций будет зависеть от абсолютной длины частей, задействованных масс, величины трансформации веса, а также от настроек и расположения пружин подвески и стабилизаторов поперечной устойчивости. В этой главе мы рассмотрим как форму, так и амплитуду траекторий движения колес, но только с геометрической точки зрения. Пружины и стабилизаторы поперечной устойчивости мы оставим для отдельной главы.

Проектирование геометрии подвески состоит в том, чтобы сначала выбрать тип используемой подвески, а затем выбрать расположение точек поворота, абсолютную и относительную длины частей и углов наклона, а также размеры колесной базы и колеи, что приведет к наиболее приемлемому сочетанию расположения центров крена и траекторий движения колес в соответствии с условиями эксплуатации. Это также включает в себя абсолютную уверенность в том, что все задействованные компоненты и точки их крепления обладают достаточной жесткостью и прочностью, чтобы свести к минимуму возможные дефекты и избежать катастрофы.

Исторический экскурс

Ранние гоночные автомобили конструировались с неразрезными осями. Удивительно, но за некоторыми заметными, но не очень удачными исключениями, такая ситуация сохранялась до конца 1920-х – начала 1930-х годов. Очень рано стало очевидно, что неразрезная ось имеет врожденные недостатки, которые накладывают весьма серьезные ограничения на эксплуатационные характеристики автомобиля. Главным из них был тот простой факт, что при наличии пары колес, соединенных одной осью, любая сила, которая действует на одно колесо, обязательно действует и на другое. Это совсем плохо, особенно если дорожное покрытие далеко не идеально. Неразрезная ось, кроме того, очень тяжелая (полностью неподрессоренная) и требует много места, если мы хотим обеспечить разумный вертикальный ход колес. А также вызывает большие точечные нагрузки на шасси и имеет высокий центр крена – вот почему ранние гоночные автомобили не кренились так сильно. Несмотря на то что неразрезной мост конструктивно прост, легко монтируется и выдерживает незначительный наклон, – его трудно уберечь от перекоса при наезде одним колесом на поребрик, например, или при крене поддрессоренной массы. С точки зрения передних – рулевых – колес, неразрезной мост вынуждал мельчить детали системы, что приводило к повышенному износу, гироскопической прецессии колес и многим другим проблемам, которые практически исчезли из нашего словаря.

Поскольку проблемы, связанные с неразрезной осью, более заметны в передней части автомобиля, следующим шагом стала независимая передняя подвеска с продольными рычагами. Она была дешевой, простой и, главное, независимой – перемещения одного колеса не передавались на другое. Такая схема подвески поддерживала постоянный угол развала колес при вертикальном перемещении и сохраняла неизменной колею. Но были и серьезные недостатки: развал колес оставался равен крену шасси (в неправильном направлении), а удельные нагрузки в зонах шкворней и в шарнирных соединениях были очень высоки, что вело к преждевременному износу шарниров и деформации соединений, если они не были монументально прочными. Также трудно было избежать деформации в вертикальной плоскости – опять же, за исключением использования массивных компонентов. Однако ничего и никого реально не смущало ровно до того момента, пока на сцене не появилась широкопрофильная шина. В этот

момент даже Porsche, который десятилетиями придерживался подвески на продольных рычагах, в спешке избавился от нее.

Что касается кормы, то, когда инженеры исчерпали возможности совершенствования неразрезной оси, – а у них действительно было несколько очень хитроумных систем ее размещения, – первым шагом стала подвеска De Dion, которая была удивительно хороша! На практике составляющие зависимой подвески имеют огромный вес, что напрямую влияет на утяжеление неподдрессоренного веса, который не позволяет испытывать комфорт во время езды. Созданная в те времена, подвеска De Dion помогала убрать дополнительный неподдрессоренный вес и переместить его на кузов транспортного средства. Устройство, позволяющее крутиться колёсам, соединили с кузовом, редуктор, в свою очередь, функционировал посредством пары полуосей и шарниров. Внедрённая De Dion подвеска помогла сохранить зависимость колёсной базы и одновременно минимизировала неподдрессоренный вес. В дополнение к подвешиванию главной передачи на поддрессоренной массе, это позволило подвесить на ней же и тормоза, и установленную сзади коробку передач. Из-за особенностей «качающейся» оси De Dion продержался на рынке вплоть до конца 1970-х годов.

Поворотная ось стала первым серьезным шагом в конструировании независимой задней подвески. Она появилась вместе с автомобилем Auto Union Grand Prix, разработанным доктором Порше в середине 1930-х годов. За всю историю было только три человека, которые могли управлять этими устрашающими машинами: Бернд Роземайер, Тацио Нуволари и Ханс Штук. Их неустойчивость и устрашающее влияние хвостом на четверть века отпугнули гонщиков от независимой задней подвески и среднемоторных гоночных автомобилей. На самом деле они, возможно, были самыми совершенными спорткарами, которые когда-либо видели свет: это были первые автомобили со среднемоторной компоновкой; у них были первые дифференциалы повышенного трения; топливные баки были в центре масс. Они отличались множеством других инноваций, все из которых работали, – за исключением поворотной оси. Оглядываясь назад, с точки зрения почти столетнего опыта, накопленного человечеством, – весьма вероятно, что "вывешивание" поворотной оси и изменение развала были единственными серьезными проблемами, с которыми столкнулся Auto Union. Как бы то ни было, поворотная ось получила новую жизнь, когда Уленхаут из Mercedes разработал конструкцию с низкой осью поворота для послевоенных Гран-при. Однако даже упертые в идею инженеры Porsche отказались от нее в конце 1960-х годов.

Подвеска на поперечных рычагах начала победоносное шествие с передней части автомобиля – и была довольно примитивной. Поперечные рычаги были узкими, равными по длине, параллельными друг другу и земле на уровне дорожного просвета, а также очень короткими. Они должны были быть короткими, чтобы добиться хоть какой-то жесткости при их тонких размерах – даже несмотря на то, что они были кованными. Ранние системы оставляли желать много лучшего с точки зрения геометрии. И отсутствие изменения развала при вертикальном перемещении колеса с лихвой компенсировалось резким развалом при крене (опять же в неправильном направлении) и устрашающим изменением колеи, вызванным короткими рычагами. Развитие было скачкообразным. Во всяком случае, оно продолжалось; с течением времени, нижний поперечный рычаг стал длиннее верхнего, что привело к отрицательному развалу при наезде на препятствие, при этом положительный развал загруженного или подвешенного колеса при крене был значительно уменьшен, и ситуация начала улучшаться. В конце 1950-х годов англичане во главе с господами Чепменом и Бродли (Чепмена обычно считают отцом современного гоночного автомобиля, но первая сложная четырехрычажная подвеска, которую засвидетельствовал Кэрролл Смит, была на оригинальном спортивном гоночном автомобиле Бродли – Lola объемом 1100 куб.см) взялись за дело серьезно, и началась нынешняя эра. Первый серьезный шаг был сделан, когда Джон и Чарльз Купер разместили двигатель между водителем и ведущим мостом с коробкой передач. Следующие шаги потребовали очень

серьезных размышлений о расположении колес, изменении развала, распределении нагрузки и соотношении центров крена. Очень быстро появилась нынешняя повсеместная система разноразмерных и асимметричных трубчатых соединений – и поперечные рычаги зашагали широкой поступью! Примерно с 1962 года система стала практически универсальной и, – хотя у каждого сегодня есть свои представления о наиболее эффективных компромиссных настройках; и несмотря на то что разные типы трасс и шин требуют разной геометрии, – по сути, именно с тех пор система приобрела окончательную форму.

Разновидности подвески

Неразрезной мост

Цельная ось (цельный задний мост), вероятно, была изобретена ассирийцами. В настоящее время его можно найти только в задней части тех легковых автомобилей, дизайнеры которых по какой-либо причине решили не тратить деньги, необходимые для постройки независимой задней подвески. Это архаичное и сильно оклеветанное устройство. Оно прекрасно работает – по крайней мере, на автомобилях, предназначенных для движения по автострадам, – при очень низких затратах. Если вы участвуете в гонках на автомобиле с неразрезным мостом, у вас будет серьезный недостаток. НО: только тогда, когда у всех остальных его нет!



Поворотная ось

Поворотная ось – простой тип независимой подвески, разработанный и запатентованный Эдмундом Румплером в 1903 году. Это было революционное изобретение в автомобильной промышленности, позволяющее колесам независимо реагировать на неровности дорожного покрытия и позволяющее автомобилю прочно держаться на дороге.

Поворотная ось – это выкидыш! Ее не следовало изобретать; сегодня о ее использовании не подумал бы ни один автомобильный инженер, не говоря уже о конструкторе гоночных авто-

мобилей. Она представляет интерес только для тех фанатиков, вовлеченных в Формулу Vee, где его использование является обязательным.

Отметим, что болиды Формула Vee основывались на культовом в те времена Volkswagen Beetle. В шестидесятых годах Формула Vee серьезно конкурировала с Формулой Форд, которая, в свою очередь, выпустила в свет львиную долю именитых пилотов (включая и Айртона Сенну). Формулу Vee же в свое время прошли и Эмерсон Фитипальди, и Ники Лауда, и Кеке Росберг. Как и у серии Legends 600, у Формулы Vee до сих пор есть много последователей.

По причинам, которые полностью ускользают от сознания, поворотная ось также присутствует на большинстве внедорожных гоночных автомобилей. К ее недостаткам относятся: очень высокий центр крена, экстремальное «домкратирование», устрашающее изменение развала и почти полное отсутствие регулировок. У поворотной оси нет никаких преимуществ, кроме наличия в готовом виде на свалке. Организаторы Formula Vee разработали свою собственную технологию, направленную на то, чтобы извлечь максимум пользы из очень плохой вещи, и на этом мы закончим ее обсуждение.

Подвеска De Dion

Ось De Dion, по сути, представляет собой балочную ось, расположенную таким образом, что главная передача является частью подрессоренной массы. Это ее единственное реальное преимущество перед неразрезным мостом. В настоящее время она не используется на гоночных автомобилях и не использовалась в течение двадцати лет. Смит чувствует себя в безопасности, предполагая, что она не вернется. Поэтому мы не будем это обсуждать.

Я лишь чуток поспорю со Смитом: Феррари использовали заднюю ось De Dion в 1975-м, и Лауда много чего на ней выиграл. Вообще, Кэрролл Смит иногда слишком категоричен.

Передняя подвеска с подвижной стойкой

Форма независимой передней подвески для легких автомобилей. Ось-заглушка и колесный узел прикреплены к вертикальной стойке (или шкворню), которая скользит вверх и вниз по втулке или втулкам, прикрепленным к шасси транспортного средства, обычно как часть поперечных выносных опор, иногда напоминающих традиционную балочную ось, хотя и жестко закрепленную на шасси. Движение рулевого управления обеспечивается за счет того, что эта же скользящая стойка может вращаться.

Если у вас есть Morgan, вы ничего не можете сделать для улучшения передней подвески, кроме установки амортизаторов Kopé и постоянной замены опорных втулок. Если у вас нет Morgan, нет причин, по которым вам следует знать о существовании этой системы.

Передняя подвеска на продольных рычагах

Передняя подвеска на продольных рычагах состоит из минимального количества деталей – все они расположены таким образом, что для того, чтобы выдерживать соответствующие нагрузки, должны быть по-настоящему массивными. Траектории движения колес просто отвратительные. Это подходящий компаньон для задней подвески с поворотной осью, и именно там его можно найти – на старых Porsche Formula Vee и некоторых авто для бездорожья. Без обсуждения.

Стойка Макферсон

Стойка Макферсона в настоящее время используется, с некоторыми вариациями, в передней части большинства небольших легковых автомобилей, а также большого количества спортивных автомобилей и автомобилей класса GT. Поэтому она очень распространена в гоночных автомобилях Touring и Grand Touring. Популярность обусловлена тем, что она очень дешева в производстве и обеспечивает удовлетворительный контроль развала... Но все же, увы, контроль развала иной раз не так уж хорош. Трудно обеспечить достаточную жесткость элементов подвески, чтобы избежать деформации, особенно при использовании гоночных шин; и практически невозможно спрятать стойку внутри широкого колеса, так что проблема с пилотажем вашего серийного болида станут чрезмерными, когда вы рискнете использовать

широкие колеса. Если низкая лобовая площадь (лобовое сопротивление) является основным требованием, то необходимая высота стойки сама по себе исключает использование Макферсон.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.