

### Выводы

Получена универсальная многомассовая система уравнений движения автомобиля, в которой математическое описание конструкции направляющего аппарата подвески заменено передаточной функцией – кинематической характеристикой подвески. Представлен способ вычисления инерционных характеристик отдельных масс в общей координатной системе.

### Приложение 1

Обозначения и индексация переменных:

$I_x, I_y, I_z$  – моменты инерции в первоначальной системе координат;

$I_{x'}, I_{y'}, I_{z'}$  – моменты инерции в новой системе координат;

$x', y', z'$  – соответствующие смещения осей новой системы координат относительно первоначальной;

$P_{xy}, P_{yz}, P_{xz}$  – произведения инерции в первоначальной системе координат;

$P_{x'y'}, P_{y'z'}, P_{x'z'}$  – произведения инерции в новой системе координат;

$T$  – кинетическая энергия системы;

$U$  – потенциальная энергия системы;

$R$  – диссипативная функция Релея;

$Q_i$  – обобщенная сила;

$q_i$  – обобщенная координата;

$\dot{q}_i$  – обобщенная скорость;

$I_{x_0}, I_{y_0}, I_{z_0}$  и  $P_{xy_0}, P_{xz_0}, P_{yz_0}$  – моменты инерции и произведения инерции подрессоренной массы относительно осей  $x, y, z$ ;

$x_0, y_0, z_0$  – координаты центра подрессоренной массы;

$V_x, V_y, V_z, \dot{\rho}, \dot{r}, \dot{\psi}$  – линейные и угловые скорости по соответствующим осям координат;

$q_i$  – возможное перемещение подрессоренной массы;

$q'_i$  – возможное перемещение неподрессоренной массы;

$j$  – номер неподрессоренной массы;

$P_w$  – сила аэродинамического сопротивления;

$R_{ij}, R_{nj}, R_{zj}$  – продольная (боковая, вертикальная) реакция  $j$ -го колеса;

$F_{xj}$  – эквивалентный силовой фактор, вводимый при разрыве подвески, действующий в направлении соответствующей оси;

$G_a$  – вес автомобиля;

$M_a$  – обозначение центра масс автомобиля;

$M_{kj}$  – крутящий момент  $j$ -го колеса;

$M_{\delta j}$  – момент сопротивления повороту  $j$ -го колеса;

$M_{cpj}$  – момент сопротивления развалу  $j$ -го колеса.

### **Параметрическая унификация конструктивных параметров автомобиля при его конструировании и производстве**

к.ф-м.н., доц. Гадельшин Т.К., Гадельшин Д.Т.  
МГТУ «МАМИ»

### Введение

За более чем вековую историю развития автомобилизации мы можем наблюдать, что автомобили все больше и больше влияют на различные стороны жизни и деятельности лю-

дей. Поэтому, естественно, ставить проблемы, решать задачи, которые бы оптимизировали дальнейшее развитие автомобилизации. В статье рассматриваются некоторые проблемы, связанные с конструированием и производством автомобилей, решение которых позволило бы более рационально осуществлять эти процессы, даются направления, с помощью которых можно было бы решать эти проблемы, а также делаются постановки задач, которые необходимо при этом решать.

В мировом производстве продукции автомобилестроение занимает огромную часть. Можно с полной уверенностью сказать, что автомобиль является наиболее массовым среди производимых изделий машиностроения. Общий объем производства автомобилей составляет свыше 66 млн. в год, а в эксплуатации находится свыше 600 млн. автомобилей. Если бы автомобильная промышленность была государством, то это была бы шестая экономика в мире [1]. Даже незначительные выгоды, полученные при производстве автомобилей, а также оптимизации их конструкций и умноженные на их количество могут дать значительный экономический эффект и социальную выгоду для людей. На мировом рынке автомобилей идет жесткая конкуренция за право завоевать автомобильный рынок той или иной страны. Автомобиль стал одной из важных составляющих в системе мирового бизнеса. С производством автомобилей тесно связана такая необходимая сфера деятельности в автомобилизации, как автосервис. Здесь также расходуются огромные материальные, энергетические ресурсы и труд большого количества людей. Для сравнения производства автомобилей и их сервиса можно привести такой пример: в странах Евросоюза объем производства автомобилей составляет 114 млрд. евро в год, а предприятия их сервиса дают 520 млрд. евро оборота [2]. В сферу деятельности, связанную с автомобилями вовлекается все больше и больше людей. Если так будет развиваться процесс автомобилизации, то может наступить время, когда не будет хватать трудоспособного населения лишь только для того, чтобы заниматься автомобилями и связанной с ними деятельностью. Поэтому проблема экономии всех видов ресурсов, связанных с автомобилизацией является актуальной. Здесь рассмотрим один из возможных путей решения этой проблемы, а так же задач, которые при этом могут возникнуть, применительно к конструированию и производству автомобилей, а также коснемся некоторых аспектов автосервиса.

Чтобы лучше понять, где и как можно внести изменения в процесс конструирования, производства автомобиля, и управлять этим процессом, мы разложим автомобиль на две основные функциональные части. Назовем их платформа и кузов.

Платформа – это составная часть автомобиля, которая в основе своей имеет элемент, на который закрепляются все агрегаты (модули) [3], позволяющие совершать автомобилю управляемое движение на дороге. Сюда входит энергетическая установка (двигатель), трансмиссия, подвески колес, колеса – все то, что дает возможность автомобилю совершать движение. Сюда также входят рулевое управление, тормозная система, системы управления двигателем и трансмиссией – модули, которые позволяют делать движение автомобиля управляемым по направлению движения и его скорости относительно дороги. С помощью этих модулей управления человек (водитель) сознательно или бессознательно (в случае потери управляемости автомобилем) формирует силы в точках контакта шин с дорогой. Эти силы и определяют характеристики (параметры) движения автомобиля кинематические и динамические в каждый момент времени.

Кузов – это вторая составная часть автомобиля, которая монтируется на платформу. Конструкция кузова зависит, прежде всего, от назначения автомобиля. Составляющими кузова являются его внешняя и внутренняя облицовка, кабина, сидения водителя и пассажиров, отсек для перевозки грузов, оборудование для безопасности движения, такое как наружные и внутренние электроприборы, ремни и подушки безопасности.

Примечание. В несущем кузове автомобиля может быть выделена его составная часть, на которую устанавливаются функциональные модули автомобиля. Она может быть названа платформой, а остальная часть автомобиля – его кузовом.

Это разложение автомобиля на платформу и кузов дает возможность найти пути изме-

нения подхода при конструировании и производстве автомобилей с целью снижения на это затрат и получения дополнительных преимуществ по сравнению с тем, как это делается сейчас. Для этого необходимо начать с рассмотрения платформы.

Рассмотрим разложение платформы на ее функциональные модули. Каждый модуль можно характеризовать множеством его параметров. Они выбираются исходя из функционального назначения каждого модуля. Множества параметров модуля по отношению к другим модулям автомобиля, кузову, окружающей среде можно разбить на входные и выходные параметры. Естественно, что выбор параметров модуля и разбивка их на входные и выходные может быть неоднозначным. В зависимости от решаемой задачи можно не учитывать все параметры или добавлять новые к тем, что учитывались ранее. Каждый параметр модуля может быть величиной постоянной или величиной переменной. Размерность его зависит от того, какую физическую или химическую величину он определяет. В приложении дается пример разложения платформы на функциональные модули для классической компоновки легкового автомобиля.

Примечание. Если автомобиль переднеприводный, то может отсутствовать модуль карданного вала. Если полноприводный, то может быть дополнительный модуль раздаточной коробки и дополнительные модули карданных валов. Для таких автомобилей разложение на эти модули может быть выполнено аналогично. Существуют конструкции, в которых модуль сцепления и модуль коробки передач соединены в один. Например, это автоматическая коробка передач. Разбивка для такого модуля может быть произведена аналогично.

Разложив таким образом платформу автомобиля на модули, можно это разложение определить множеством параметров, которые, в основном, определяют геометрические и технологические характеристики узлов, которые соединяют все рассмотренные выше модули в функциональную часть автомобиля – его платформу. Часть параметров определяет взаимные соединения и сопряжения модулей.

Что касается второй функциональной части автомобиля – его кузова, то это требует отдельного рассмотрения. Кузов можно также разделить на модули, однако для него нет такого однообразия модулей, как для платформы. Для платформы можно поставить задачу унификации узлов соединения ее модулей и по-другому подойти к проблеме конструирования и производства автомобилей и внести сюда элементы единообразия, как это делается, например, при конструировании и производстве компьютеров. Здесь применяется технология сборки модулей при помощи унифицированных узлов соединения по их геометрическим и технологическим характеристикам, которые являются параметрами модулей, блока питания, различных плат, устройств ввода и вывода информации, устройств управления, монитора. Здесь помимо унификации параметров, о которых было сказано выше, проведена также унификация по типу и величине электрического сигнала каждого элемента узла соединения модулей. Унификацию можно сделать и с модулями, на которые можно разложить функциональную часть автомобиля – платформу. Для этого необходимо рассмотреть условия, при которых это возможно будет сделать.

В процессе развития автомобилизации автомобили разделили на типы и классы с точки зрения их конструирования, производства и использования. Это произошло на основе, порой интуитивной, взаимного согласования производителей и потребителей автомобильной техники. Большое влияние оказывалось со стороны потребителей. Можно отдельно изучать, как это происходило и происходит. Остановимся лишь на некоторых аспектах. Автомобили перевозят людей и грузы. В зависимости от этого они делятся на типы: грузовые, легковые, автобусы. Каждый тип автомобилей разделяется по классам на малые, средние и большие. При разделении на классы учитывается также и параметр двигателя – его мощность. Легковые автомобили можно разделить по классам в зависимости от его размеров, размеров салона для пассажиров. Грузовые автомобили можно делить на классы по их грузоподъемности. Автобусы можно делить на классы по их пассажироместимости (грузоподъемности). Во всем объеме производства и использования автомобилей парк легковых автомобилей преобладает над парком грузовых автомобилей и автобусов.

Для каждого типа и класса автомобилей во всем мире конструкторы и автопроизводители разработали и производят платформы. Для одного типа и класса автомобилей они по большинству параметров схожи или даже одинаковы. Автомобили одного и того же типа и класса разных автопроизводителей больше отличаются конструкцией и использованием второй функциональной части автомобиля – кузова. Эта часть автомобиля придает ему индивидуальность и узнаваемость того или иного автопроизводителя. На эту часть автомобиля чаще всего обращает внимание потребитель и останавливает свой выбор. Она видима, наглядна. Платформа, как правило, спрятана от глаз потребителя, который чаще всего узнает ее характеристики из их описания в тексте инструкции по эксплуатации или по рекламе автомобиля. На одной и той же платформе могут быть изготовлены автомобили с разными кузовами, как одного типа, так и разных типов. Например, на платформе легкового автомобиля может быть грузовик малого класса или грузовой фургон, на платформе грузового автомобиля – автобус. Существуют комбинированные, грузопассажирские кузова.

В процессе эксплуатации платформа и кузов подвергаются со временем разной степени и разным способам износа и в зависимости от величины пробега автомобиля требуют разного подхода к их обслуживанию и ремонту. Элементы модулей платформы в процессе эксплуатации во многом находятся в механическом движении, на них действуют переменные силы, моменты сил. Износ происходит, прежде всего, за счет действия сил и моментов трения, усталости элементов конструкций. Эти действия усугубляются плохим качеством материала, из которых выполнены элементы конструкции, а также ненадлежащей технологией их изготовления и сборки элементов модулей платформы. На износ влияют некачественные топливо и смазочные материалы, нарушение изоляции модулей от пыли и влаги. И, естественно, на качество эксплуатации влияет качество сервисного обслуживания модулей платформы.

Кузов подвергается меньшему износу в процессе эксплуатации и требует меньшего внимания в процессе обслуживания, если при этом исключить экстремальные ситуации, связанные с авариями, в ходе которых автомобиль ударяется о неподвижное препятствие или другой автомобиль, но это другая очень важная проблема, которая требует своего решения. Таким образом, платформа автомобиля должна быть более экономичной с точки зрения ее обслуживания и ремонта. Для этого она должна быть унифицированной и конструкция ее должна быть такой, чтобы обеспечить как можно более свободный доступ к ее модулям при эксплуатации автомобиля. Возможно, для этого надо будет разработать новые технологии для проведения сервисного обслуживания и ремонта автомобилей на основе унификации модулей их платформ.

На основе разбивки автомобилей на типы и классы, разложения автомобиля на две функциональные части – платформу и кузов, а платформы – на модули, рассмотрим, как можно провести унификацию при конструировании и производстве автомобилей.

Прежде всего нужно определиться, что унификации могут быть подвергнуты платформы автомобилей одного класса и типа. Что касается типа, то здесь могут быть отклонения. Например, на платформе легкового автомобиля может быть сконструирован и произведен малый грузовой автомобиль, а на платформе грузового автомобиля малого класса – легковой или автобус. Однако платформы легкового автомобиля малого класса и грузового автомобиля малого класса могут различаться конструкцией. Для легкового это может быть часть несущего кузова, а для грузового рамная конструкция в полном смысле этого слова. Поэтому такие отклонения в определении типа и класса автомобиля рассматривать (учитывать) не будем. Предположим, что рассматривается определенный класс автомобилей определенного типа.

Платформы и автомобили этого типа и класса будем считать идентичными с той точки зрения, что они могут быть разложены на одинаковые функциональные модули. Идеальная унификация – это когда все модули платформы имеют одну и ту же конструкцию и характеризуются одними и теми же параметрами. Это значит, что все автопроизводители выпускают подобные автомобили с одной и той же платформой. Такая глобальная унификация вряд ли

возможна в настоящее время, несмотря на то что автомобили разных автопроизводителей можно отличать друг от друга конструкцией второй функциональной части – кузова. Скорее всего, стоит начать с минимально приемлемой степени унификации по частичному множеству параметров, как это было показано выше при описании разложения платформы на функциональные модули. Это множество параметров, которые определяют геометрические и технологические характеристики узлов соединения модулей с платформой и модулей между собой. Эти параметры должны быть одинаковые для всех выпускаемых автопроизводителями платформ данного типа и класса автомобилей. Конструкции внутреннего содержимого этих модулей разных автопроизводителей могут при этом отличаться. Такая частичная унификация должна дать возможность взаимозаменяемости одноименных модулей, произведенных разными производителями.

Для реализации этой концепции необходимо разработать и внедрить унифицированные узлы соединения модулей и учитывать при разработке, конструировании и производстве функциональных модулей платформы автомобиля. В приложении указаны узлы, которые могут быть унифицированы для классической компоновки легкового автомобиля. В настоящее время автопроизводители даже с достаточно полным циклом производства тоже не обеспечивают себя всеми сборочными и комплектующими изделиями для производства. Например, не производят сами различные подшипники, элементы электроники. Для внедрения их в свои конструкции они учитывают их параметры при конструировании и производстве. Это уже унификация. Концепция унификации, которая предлагается выше, является более глубокой и широкой, но менее обременительной.

Нельзя, по-видимому, в современном мире развиваться и взаимодействовать между странами в производстве, торговле и культуре, оставаясь при этом в полной изоляции друг от друга. При взаимодействии между странами встают все новые и новые проблемы, которые необходимо решать, добиваясь определенных соглашений между государствами, а также между производителями различной продукции. Развитие автомобилизации привело к широкому сотрудничеству и взаимодействию между странами, автомобильными фирмами и концернами. При этом автопроизводители стремятся приходить к соглашению между собой. Так, новая политика Евросоюза в области требований к автотранспортным средствам предлагает при разработке принципов технического регулирования выдерживать треугольник: «экономический эффект – социальная выгода – охрана окружающей среды» [2]. Важным элементом этой концепции является переход к глобальной стандартизации и тотальной гармонизации – все автомобили во всех странах Евросоюза должны отвечать общим требованиям [3].

Рассмотрим некоторые преимущества, которые могли бы быть получены при переходе к унифицированным функциональным модулям.

При всем разнообразии в России предприятий разных автопроизводителей унификация автомобильных конструкций, о которой было сказано выше, может оказаться нужной и полезной. Автопроизводители из других стран могли бы организовать на своих заводах в России более полный цикл производства автомобилей и увеличить их модельный ряд за счет выпуска на одной и той же платформе автомобилей с разными кузовами. Отечественные автопроизводители могли бы использовать в автомобилях модули иностранных автопроизводителей, что повысило бы качество выпускаемых ими автомобилей.

Создание модулей с унифицированными узлами соединения и сопряжения может оказаться эффективным вместе с ориентацией предприятий на производство тех или иных модулей.

С точки зрения оптимизации производства автомобилей появляются новые возможности в организации бизнеса: производство может быть приближено к потребителям. Перевозка готовой продукции, такой как автомобили на большие расстояния совсем нерациональна. Сборочные производства из готовых функциональных модулей, как своих, так и других производителей можно организовать вблизи их потребления, смотря по тому, что будет дешевле и качественнее. При этом производство кузовов, наиболее объемной части автомобиля и не-

удобной с точки зрения транспортировки, стоит организовать в непосредственной близости от потребителей продукции. Как уже говорилось выше, можно при этом организовать выпуск разнообразных кузовов автомобилей на одной и той платформе.

Выполнение сборки автомобилей из функциональных модулей позволяет так же проводить модернизацию автомобилей, заменяя в них ранее используемые функциональные модули на более совершенные. Это уменьшит затраты на эксплуатацию автомобильной техники как для потребителей, так и в целом, с точки зрения использования автомобилей в обществе. Автомобили с унифицированными модулями могли бы более качественно и с меньшими затратами проходить техническое обслуживание и ремонт. Применение функциональных модулей может оказаться одной из предпосылок для создания стандартов по обслуживанию и ремонту автомобильной техники, которые надо будет учитывать при конструировании и производстве. Основным критерием этих стандартов должно быть уменьшение трудоемкости при сервисном обслуживании.

Наиболее сложными могут оказаться правовые и организационные проблемы унификации автомобилей. Автомобильная промышленность привела во многом к расцвету экономики многих стран мира: США, Японии, Германии, Франции, Италии, Южной Кореи. Сейчас к этому стремится Китай со своими огромными человеческими ресурсами. Можно сказать, что автомобили «кормят» огромное количество людей в мире. Внедряться сюда с новыми идеями нужно очень осторожно, чтобы не подвергнуть риску благополучие этих людей. Но, с другой стороны, как было уже замечено, современное развитие в мире автомобилизации втягивает в этот процесс все большее количество людей, а это еще более нежелательно, ибо есть огромное разнообразие деятельности людей, необходимой для существования и развития на Земле человеческого общества. Людям и странам приходится постоянно договариваться между собой в различных областях жизни.

Если рассмотреть проблемы унификации при конструировании и производстве автомобилей, то здесь также необходимо разработать и внедрить соглашения о самом переходе к унификации и о методах ее внедрения. Делать это в рамках одной страны, скажем, только России, возможно, но в целом не столь эффективно. В России уже нет автозаводов, которые выпускали бы автомобили одного типа и одного класса. Среди же автопроизводителей, чьи сборочные производства развернуты на территории России, такие автозаводы уже есть, и между ними для внедрения унификации можно вести переговоры о возможности ее осуществления. Таким образом, получается, что эти проблемы надо решать уже на уровне сообщества автопроизводителей из разных стран.

Для унификации автомобильных конструкций нужно решение следующих проблем:

- согласовать и утвердить выбор типов и классов автомобилей, определить для каждого из них параметры и утвердить стандарты;
- разработать и согласовать способы, схемы разбиения автомобиля на функциональные модули, утвердить стандарты на эту процедуру;
- выбрать, согласовать параметры унификации по каждому модулю, утвердить стандарты по этим параметрам;
- разработать и согласовать конструкции узлов соединения модулей, а также узлов их сопряжения, утвердить эти конструкции на уровне их стандартизации;
- разработать и согласовать процедуры конструирования и производства автомобилей из унифицированных функциональных модулей. Утвердить для этого необходимые стандарты;
- осуществлять контроль над выполнением стандартов, которые нужно соблюдать для внедрения унифицированных модулей;

Пути, с помощью которых могут быть эти проблемы решены:

- прежде всего, необходимо ознакомить сообщество автопроизводителей с проблемами унификации автомобильных конструкций и производства автомобилей с помощью унифицированных функциональных модулей. Это можно сделать с помощью публикаций, выступлений на конференциях и конгрессах ассоциаций автопроизводителей;

- провести исследовательскую работу для решения этих проблем и возможность перехода к унифицированным функциональным модулям;
- создать рабочие группы из числа автопроизводителей для решения этих проблем;
- решить указанные выше проблемы с помощью этих групп;
- внедрить полученные решения в конструкции автомобилей и в производство.

#### Выводы

Рассмотренные в работе проблемы и способы их решения могут внести определенные изменения с точки зрения оптимизации в процесс конструирования и производства автомобилей. Показан один из возможных путей реализации концепции создания унифицированных функциональных модулей платформы, как автомобилей, так и тракторов. Скорее всего это наиболее простой и самый быстрый путь решения данной проблемы. В качестве основы могут быть взяты уже существующие конструкции либо совсем без изменений, либо с незначительными изменениями корпусов модулей и имеющихся уже узлов соединения и сопряжения. Реализация процесса унификации автомобилей должна касаться всего сообщества автопроизводителей. С этой точки зрения этот путь может оказаться непростым, но разумным. Решение рассмотренных здесь проблем может привести к постановке новых и потребовать вовлечения в их решение большого числа специалистов.

#### Литература

1. Мировая автомобильная промышленность. Журнал Автомобильных Инженеров, № 2(43), 2007г.
2. Гусаров А.П., Кисуленко Б.В. CARS21 – новая политика Евросоюза в области требований к автотранспортным средствам, Журнал Автомобильных инженеров, № 4(39), 2006г.
3. Гадельшин Т.К., Гадельшин Д.Т. О проблеме унификации модулей автомобильных конструкций. Материалы 49-ой международной научно – технической конференции ААИ «Приоритеты развития отечественного автотракторостроения и подготовки инженерных и научных кадров», секция 1 «Конструкция автомобилей, тракторов и их агрегатов и систем», подсекция «Автомобили», часть 1, 23-24 марта 2005г., Россия, Москва, МГТУ «МАМИ».

#### Приложение

Пример разложения автомобиля на унифицированные функциональные модули.

На рис. 1 представлено разложение автомобиля на платформу и кузов.

Платформа раскладывается на функциональные модули с унифицированными узлами.

Представлен классический вариант компоновки легкового автомобиля.

Модули:  $M_0$  – модуль рамы,  $M_1$  – модуль двигателя,  $M_2$  – модуль сцепления,  $M_3$  – модуль коробки передач,  $M_4$  – модуль карданного вала,  $M_5$  – модуль переднего моста,  $M_6$  – модуль заднего моста,  $M_7$  – модуль колеса,  $M_8$  – модуль рулевой системы,  $M_9$  – модуль тормозной системы.

Унифицированные для функциональных модулей узлы соединения и сопряжения:

$U_{нк}$  – узел соединения кузова с платформой;

$U_{10}$  – узел соединения модуля двигателя и модуля рамы;

$U_{21}$  – узел соединения и сопряжения модуля сцепления и модуля двигателя;

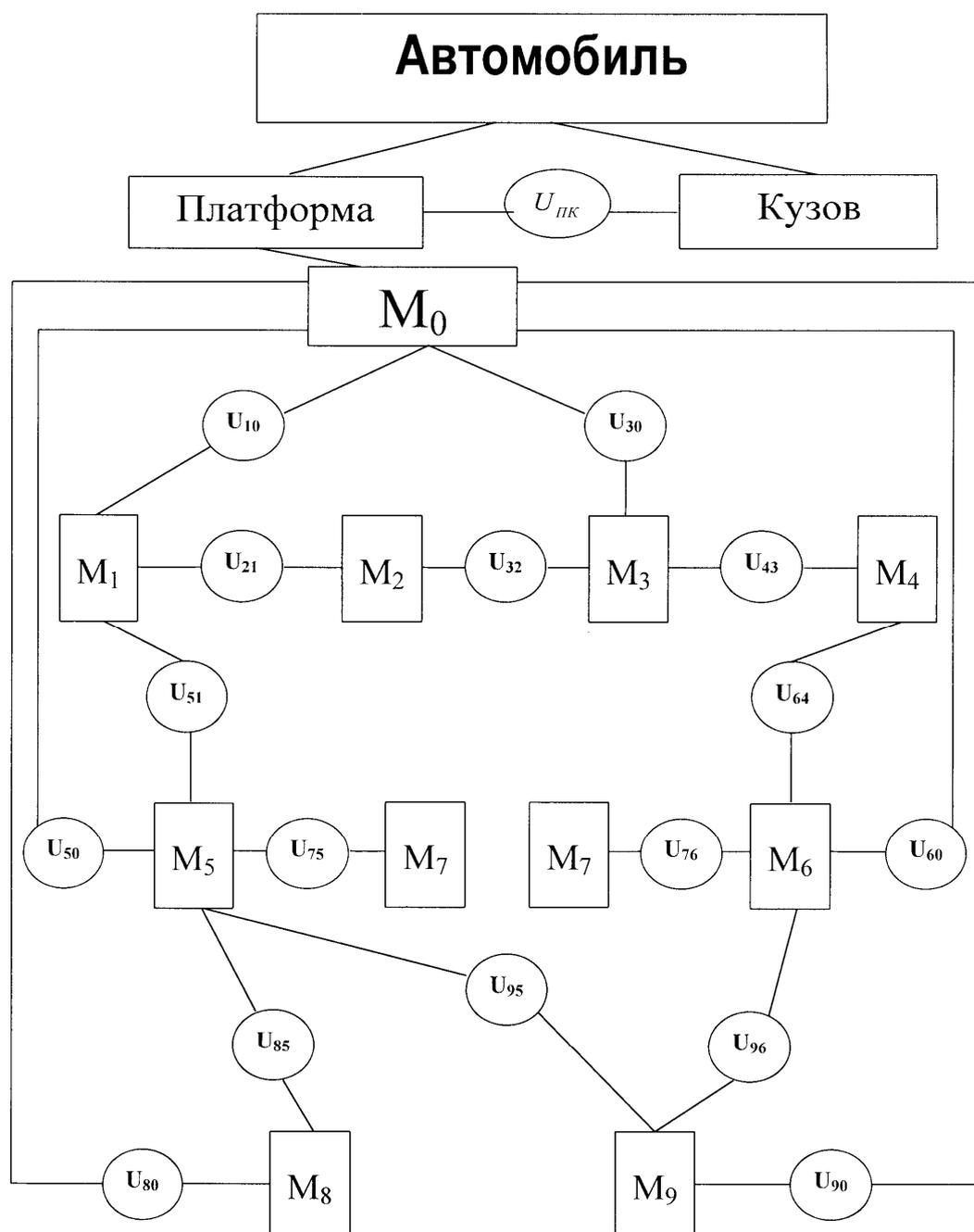
$U_{32}$  – узел соединения и сопряжения модуля коробки передач и модуля сцепления;

$U_{43}$  – узел соединения модуля коробки передач и модуля карданного вала;

$U_{30}$  – узел соединения модуля коробки передач и модуля рамы;

$U_{64}$  – узел соединения и сопряжения модуля заднего моста и модуля карданного вала;

$U_{51}$  – узел соединения модуля переднего моста и модуля двигателя;



**Рис. 1. Пример разложения на модули классического варианта компоновки**

- $U_{50}$  -узел соединения модуля переднего моста и модуля рамы;
- $U_{75}$  – узел соединения модуля колеса и модуля переднего моста;
- $U_{64}$  – узел соединения и сопряжения модуля заднего моста и модуля карданного вала;
- $U_{60}$  - узел соединения модуля заднего моста и модуля рамы;
- $U_{85}$ – узел соединения модуля рулевой системы и модуля переднего моста;
- $U_{80}$  – узел соединения модуля рулевой системы и модуля рамы;
- $U_{95}$  – узел соединения модуля тормозной системы и модуля переднего моста;
- $U_{96}$  – узел соединения модуля тормозной системы и модуля заднего моста;
- $U_{90}$  – узел соединения модуля тормозной системы и модуля рамы.

Каждый из этих узлов определяется множеством параметров, которые являются геометрическими и технологическими характеристиками этих узлов. Для каждого типа и класса автомобилей они могут быть унифицированы с точки зрения равенства этих параметров для каждого узла соответственно.

Модули называются унифицированными относительно этих параметров. Другие характеристики и характеристики конструкций этих модулей у разных автопроизводителей или производителей этих модулей, вообще говоря, могут отличаться.

### **Применение информации об ускорении автомобиля для исследования его параметров**

к.ф.-м.н., доц. Гадельшин Т.К., Гадельшин Д.Т.  
МГТУ «МАМИ»

#### **Введение**

Автомобили и его элементы совершают механические движения. Мгновенные характеристики этих движений угловые и линейные скорости и ускорения. В современных автомобилях определяется и используется информация о скорости движения. Это информация на спидометре о скорости движения автомобиля и угловой скорости вращения коленчатого вала двигателя. Она дает возможность водителю при необходимости корректировать эти скорости. Информация об угловой скорости вращения коленчатого вала используется в блоке управления работой двигателя. Информация о скорости автомобиля и угловой скорости вращения колес автомобиля используется в антиблокировочных системах тормозов и автоматических системах блокировки мостов автомобилей, чтобы их перевести из режима ведомых в режим ведущих с целью повысить проходимость автомобиля или его безопасность движения.

Информация об ускорениях используется только в системах активной безопасности для того, чтобы срабатывали подушки безопасности при столкновении автомобиля в аварийной ситуации. Однако, современные датчики ускорений и вычислительные устройства, применяемые в инерциальных навигационных системах (ИНС) [1,2] современных летательных аппаратов и морских судов могут найти применение и в автомобилях. Здесь будут предложены и рассмотрены некоторые пути и возможности использования информации об ускорениях для автомобилей в форме, применяемой в ИНС.

#### **1. Использование информации об ускорении автомобиля для определения его параметров, влияющих на динамические характеристики**

Попытка составить и использовать для исследования динамических характеристик автомобиля дифференциальных уравнений приводит к ряду сложных проблем. Автомобиль имеет достаточно большое количество элементов (твердых тел), для которых нужно знать и учесть точные значения параметров этих элементов, таких, как массы, моменты инерции относительно осей их вращения, геометрические размеры. Кроме этого необходимо учесть сложную кинематическую связь между элементами.

Силы, которые входят в эти уравнения определяются силами трения скольжения в пятнах контакта с дорогой, сопротивлением качению колес, аэродинамическими силами сопротивления, силами сопротивления, действующими в элементах трансмиссии. Определение этих сил, исходя из параметров автомобиля, колес, трансмиссии, дороги, шин, также весьма затруднительно.

Однако при некоторых предположениях решить задачу об определении параметров, характеризующих динамику автомобиля, можно, если иметь информацию об ускорении центра масс автомобиля.

Предположим, что автомобиль движется поступательно на горизонтальном, прямолинейном участке дороги. При таком движении центр масс автомобиля движется по отрезку прямой. При этом различные элементы автомобиля совершают различные виды движения твердого тела: поступательные (корпус автомобиля), плоскопараллельные (колеса автомобиля), и общие движения твердого тела (элементы трансмиссии, которые совершают враща-