

Соловьев Анатолий Алексеевич,
Профессор, СибАДИ
Solovyev Anatoliy Alekseevich, SibADI

Тарасов Вячеслав Евгеньевич
аспирант Сибирское отделение, Академия военных наук
Tarasov Vyacheslav Evgenyevich, Siberian Branch
Academy of Military Sciences

Филимонова Ольга Алексеевна,
ст. преподаватель, СибАДИ
Filimonova Olga Alekseevna, SibADI

Горн Никита Андреевич,
Студент, СибАДИ
Gorn Nikita Andreevich, SibADI

ВИБРОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА СИДЕНИЙ АВТОМОБИЛЕЙ С УЧЕТОМ БИОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА VIBROPROTECTIVE PROPERTIES OF CAR SEATS TAKING INTO ACCOUNT BIODYNAMIC MODELS OF THE HUMAN BODY

Аннотация. Рассмотрены свойства реальных конструкций сидений различных типов автомобилей, характеристики упругости подушек, а также сложность и особенности при выборе динамической колебательной модели «человек - сиденье».

Abstract. The properties of real seat structures of various types of automobiles, the elasticity characteristics of the cushions, as well as the complexity and features in choosing the dynamic oscillatory model “human-seat” are considered.

Ключевые слова: Автомобили, вибрация, колебательная система, человек, динамическая модель.

Keywords: Automobiles, vibration, oscillatory system, human, dynamic model.

Современные автомобили имеют развитые системы виброзащиты людей, важным элементом которых являются сиденья водителя и пассажиров. Поэтому при проведении расчетно – экспериментальных работ по определению виброзащитных свойств сидений должны быть учтены свойства реальных конструкций сидений – значительный гистерезис характеристик упругости подушек, а также особенности колебательной системы «человек – сиденье». Поскольку реальные упругие характеристики подушек сидений соизмеримы с аналогичными характеристиками тела человека, целесообразно представлять единую колебательную систему «человек – сиденье».

При оценке вибронегруженности рабочего места человека-оператора для учета различия в восприятии организмом человека колебаний различной частоты нужно знать передаточные функции динамической системы, которую представляет собой сидящий на сиденье человек.

Расчетные динамические модели, а также антропоморфные манекены, используемые для изучения вибронегруженности конструкции автомобиля, должны быть эквивалентными телу человека.

В самом первом приближении человека можно представить в виде сосредоточенной массы, помещенной на упругом основании. Жесткость основания и затухание колебаний в такой системе определяются жесткостью сиденья и затуханием в нем, т. е. жесткостью ягодиц и их демпфированием пренебрегают. Вибро-нагруженность оценивают по параметрам движения туловища. Такая одномассовая модель наиболее соответствует напряженной посадке, при которой действие человека на сиденье ближе всего к действию одной сосредоточенной массы.



Более полной моделью человека является система «грудь – таз», состоящая из двух масс: массы таза, включающей в себя часть массы нижних конечностей, и массы груди, в которую входит также масса головы, плеч и части верхних конечностей. Первая масса помещается на упругом основании, характеристика демпфирования и жесткость которого определяются характеристиками сиденья. Вторая масса связана с первой упругими и демпфирующими элементами, параметры которых зависят от характеристик тела человека.

При этом рост и масса человека мало влияют на частоты колебаний и затухания в биодинамической системе «таз – грудь». В рассматриваемой двухмассовой модели учитываются основная резонансная частота органов тела человека $f = 4,5 - 5,0$ Гц, а также вторая резонансная частота, определяемая параметрами как сиденья, так и человека.

Поскольку главный орган, служащий для распознавания направления и скорости движения, – вестибулярный аппарат находится в голове человека, то желательно учесть ее в биодинамической модели. Если считать, что при вертикальных перемещениях туловища голова имеет только вертикальные перемещения, то биодинамическая модель системы «таз – грудь – голова» будет трехмассовой.

Следует заметить, что в рассмотренной выше трехмассовой модели не учитываются особенности соединения головы с туловищем. Поэтому с учетом особенностей кинематики крепления головы к туловищу модель головы имеет две степени свободы, которые обеспечиваются ее прикреплением к модели туловища с помощью двух параллельных пружин разной жесткости.

Положение и состояние человеческого тела могут влиять на его характеристики. Это подтверждается испытаниями человека на сиденье с тремя разными посадками: естественной, напряженной (неудобная посадка), расслабленной («свободная» посадка).

Другая модель соответствует человеку, находящемуся на сиденье и опирающемуся руками на рулевое колесо. Перечисленные массы соединены пружинами и амортизаторами, моделирующими шею и мышцы торса (поясницы). Пружиной и амортизатором, моделирующими мягкие части ягодиц, можно пренебречь, особенно при мягком сиденье.

При вертикальных колебаниях сидящего человека основной резонанс наблюдается чаще при 4-5 Гц, резонансные колебания плеч и рук при 3 Гц, органов брюшной полости и позвоночника при 4-8 Гц, головы – при частотах 25-30 Гц, глазных яблок – при 60-90 Гц.

Основная трудность при выборе биодинамической модели заключается в том, что тело человека является системой с распределенными параметрами, и представление его в виде колебательной системы, состоящей из конечного числа пассивных элементов, всегда будет в какой-то мере условным.

Другая трудность при выборе биомеханической модели человека состоит в том, что человеческое тело является самонастраивающейся системой, параметры которой меняются в широких пределах в зависимости от характера и направления действующих возмущений, положения тела в пространстве и т. д.

Естественная поза может быть определена как посадка человека, при которой он свободно, не напрягаясь, опирается на спинку сиденья, смотрит прямо перед собой и не тратит дополнительных мускульных усилий на то, чтобы удержаться на сиденье; ноги при этом слегка выставлены вперед. При свободной посадке тело человека максимально расслаблено, голова опущена под действием собственного веса, руки свешиваются вдоль тела, грудь пассивно наклонена вперед. Неудобная посадка характеризуется тем, что человек упирается ногами в пол и сильно прижимается к спинке сиденья, его шейные мышцы напряжены и т. п.

Третья трудность при выборе динамической модели «человек - сиденье» состоит в том, что изменение параметров сидящего человека в зависимости от уровня и характера действующего на него возмущения приводит к нелинейности динамической системы, моделирующей колебания человека. Однако исследования, проведенные с большой группой людей разного возраста (19-41 год), различной массы (60-110 кг) и роста (169-192 см), показали, что в некотором диапазоне амплитуд возмущений, зависящем от частоты, сидящий человек может считаться практически линейной динамической системой.



Пока не разработана достаточно удовлетворительная эквивалентная механическая модель, частотные характеристики ускорений на неподдресоренных сиденьях следует определять с сидящим на сиденье человеком. При этом для уменьшения неизбежного рассеяния результатов целесообразно участие в испытаниях человека массой 75-80 кг, среднего роста и телосложения. На результаты испытаний оказывает известное влияние также поза человека: водитель должен, держась руками за рулевое колесо, опираться на спинку, но не нажимать на нее, поза не должна быть расслабленной. Методика замера должна быть такой же, как и при дорожных испытаниях: между человеком и сиденьем размещается жесткая пластина диаметром 300 мм и толщиной 4 мм, на которой закреплен датчик ускорений.

Замена человека балластом может привести к существенному искажению реального колебательного процесса. При определении частотных характеристик не на сиденье, а в других точках автомобиля, сиденья можно загружать мешками с песком или дробью. При этом 50 кг приходится на сиденье и 25 кг – на пол у сиденья.

Если человек представляет собой колебательную систему, то естественно стремление моделировать ее и рассматривать в дальнейшем автомобиль и человека на сиденье, как единую колебательную систему. Вместе с тем, отмечается, что поскольку массы в подсистеме «водитель – сиденье» малы по сравнению с поддресоренной массой автомобиля, возможно рассмотрение колебаний автомобиля отдельно от колебаний водителя

Список литературы:

1. КАЧЕСТВО НАЗЕМНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ Бельская Е.С., Соловьев А.А. В сборнике: Цифровизация и кибербезопасность: современная теория и практика. Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. Омск, 2025. С. 24-32.
2. ТРАНСПОРТ И ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА Дорохин В.Н., Жигадло А.П., Соловьев А.А., Угрюмов С.В. Омск, 2020.
3. МОБИЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ Жигадло А.П., Соловьев А.А. В сборнике: Наука, образование, кадры. Материалы национальной конференции в рамках IX Международного Сибирского транспортного форума. 2019. С. 11-18.
4. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В АРКТИКЕ Климова О.В., Соловьев А.А. В сборнике: Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. 2019. С. 149-152

