

Роль аттестации испытательных трасс в обеспечении качества создаваемой и модернизируемой автомобильной и гусеничной техники

к.т.н., проф. Грибанов Д.Д., к.т.н. Федулов А.И.
МГТУ «МАМИ»

Приводится описание информационно-измерительной системы (ИИС) «МИГ», предназначенной как для измерения динамических характеристик быстроходной гусеничной машины и характеристик ее подвески, так и для определения характеристик испытательной трассы, на которых испытываются такие машины. Рассмотрен алгоритм определения мгновенных значений радиуса поворота, измеренных с помощью ИИС «МИГ» на основе эффекта Доплера и приводятся результаты измерений.

Быстроходная гусеничная техника предназначена, главным образом, для движения в условиях бездорожья или по грунтовым дорогам. В связи с этим при создании или модернизации объектов этой техники большую роль играют их испытания на грунтовых испытательных трассах. Цель таких испытаний - определение фактических характеристик машин и проверка работоспособности их систем, узлов и агрегатов в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным. Эти условия и должны воспроизводиться с нормированной точностью грунтовыми испытательными трассами, представляющими собой весьма сложные технические сооружения. Таким образом, грунтовая испытательная трасса - это оборудование, предназначенное для проведения испытаний и воссоздающее внешние воздействующие факторы на испытуемый объект с нормированной точностью. В соответствии с определением испытательного оборудования (ИО) (см. п. 17 [1]) грунтовая испытательная трасса относится к испытательному оборудованию и на нее полностью распространяются все требования, предъявляемые к такому оборудованию. Причем основным требованием является обязательное проведение первичной аттестации грунтовой испытательной трассы [2]. Здесь необходимо подчеркнуть, что первичная аттестация любого испытательного оборудования, соответствующая по своему уровню метрологической аттестации, представляет собой весьма сложный и трудоемкий процесс.

Особенно остро эта задача стоит для сложных инженерных изделий и ИО, применяемого для их испытаний. Это в полной мере относится к автомобильной и гусеничной технике, а также к испытательным трассам, предназначенным для ее испытаний, особенно грунтовым.

Важной особенностью любых испытаний автомобильной и гусеничной техники (в том числе и сертификационных) является большое количество определяемых параметров с весьма жесткими допусками на определяемые значения величин. Решить эти задачи на должном уровне можно только при использовании современных информационно-измерительных систем (ИИС) и информационно-измерительных комплексов (ИИК), позволяющих определять одновременно большое число параметров.

К грунтовым испытательным трассам предъявляются весьма многочисленные требования по микро- и макро профилю, числу поворотов, значениям их радиусов, углам подъема, спуска и наклона, сопротивлению движения и др. Кроме того, накладываются определенные требования в зависимости от погодных условий и времени года. В связи с жесткостью и обилием предъявляемых к грунтовым испытательным трассам требований аттестация таких трасс по своей сути достаточно сложные испытания. Особенно сложно проведение первичной аттестации, представляющей, по сути, метрологическое исследование параметров трассы. Так, например, при аттестации одного прямолинейного горизонтального участка трассы длиной 10000 м необходимо провести измерения параметров микропрофиля не меньше, чем на двух представительных участках длиной не менее 400 м. Причем измерения характеристик микропрофиля требуется проводить с шагом не более 0,5 м. Таким образом, даже при однократных измерениях, получаемых на основании как минимум трех наблюдений, для определения микропрофиля горизонтального прямолинейного участка грунтовой испытательной трассы длиной 10000 м требуется около 5000 наблюдений. Такие исследования необхо-

можно выполнить для четырех времен года и различных погодных условий. Приведенный пример дает некоторое представление об объеме измерительной информации, которую необходимо получить в процессе первичной аттестации грунтовой испытательной трассы.

Естественно, что выполнить эту работу можно только используя самые современные ИИС, обладающие способностью одновременного определения нескольких параметров с последующей автоматизированной обработкой результатов измерений и выдачей их результатов в реальном масштабе времени. В настоящее время созданы ИИС, основанные на различных принципах работы первичных преобразователей (датчиков), предназначенные или для определения характеристик автомобильной и гусеничной техники, или - характеристик опорной поверхности. С экономической точки зрения и обеспечения условий единства измерений наиболее целесообразно применение таких ИИС, которые позволяли бы определять как характеристики испытываемых машин, так и параметры испытательной трассы. Одной из таких ИИС является созданный в ФГУП НАТИ информационно-измерительный комплекс «МИГ», основанный на доплеровских измерителях скорости. Структурная схема этого комплекса представлена на рис. 1.

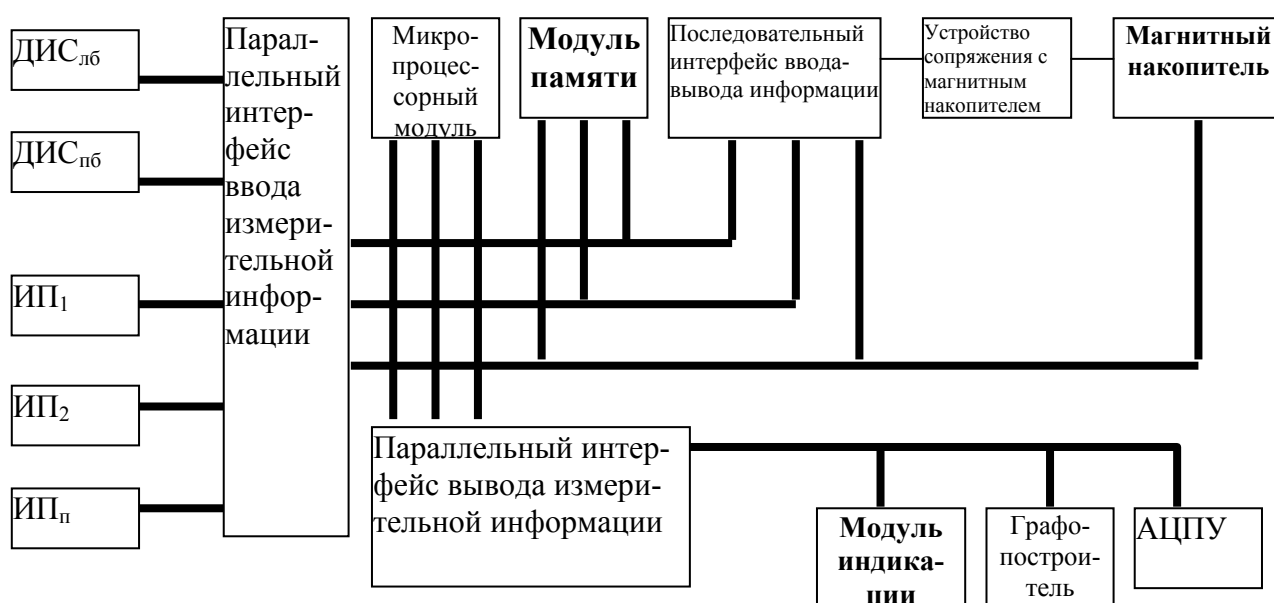


Рис. 1. Структурная схема информационно-измерительного комплекса «МИГ»

На представленной схеме ДИС_{лб} и ДИС_{пб} - доплеровские измерители скорости левого и правого бортов соответственно. ИП - измерительные преобразователи (датчики) измеряемых физических величин.

ИИК «МИГ» построен по модульному принципу, позволяющему изменять и наращивать состав измерительных каналов. Единственным условием для вновь включаемых в ИИС «МИГ» измерительных каналов является наличие соответствующих измерительных преобразователей, которые в данном случае могут быть основаны на любом физическом принципе.

Отличительной чертой этого комплекса является то, что он позволяет измерять мгновенные скорости обоих бортов и центра массы машины не только в горизонтальной, но и в вертикальной плоскостях. Эта измерительная информация дает возможность определять как характеристики машины, так и параметры испытательной трассы - ее микропрофиль, углы подъема, спуска и наклона, радиусы поворотов и др. Кроме того, комплекс позволяет полностью определить траекторию движения машины в плане, а, следовательно, и вид в плане испытательной трассы со всеми поворотами.

Комплекс содержит две группы первичных преобразователей:

- первичные преобразователи для определения мгновенных значений скорости левого (ДИС_{лб}) и правого (ДИС_{пб}) бортов исследуемой машины относительно опорной поверхности в плоскостях, параллельной ей и нормальной;
- первичные преобразователи для измерения значений частоты вращения, давления, угло-

вых и линейных перемещений различных органов управления, деформаций и др.

Доплеровский измеритель скорости (ДИС) основан на изменении частоты принимаемого сигнала в зависимости от скорости исследуемого объекта. Благодаря тому, что ДИС устанавливается под определенным углом к опорной поверхности, он позволяет определить значения составляющих скорости в двух плоскостях: параллельной опорной поверхности (условно – горизонтальная составляющая) и нормальной к ней (условно – вертикальная составляющая). Мгновенные значения вертикальной составляющей скорости используются для определения характеристик подвески и плавности хода, а также при исследованиях микропрофиля, а горизонтальной – для определения скоростных характеристик машины и траектории ее движения, в частности, - радиуса ее поворота. Имея мгновенные значения скорости левого и правого бортов машины относительно опорной поверхности, это легко сделать. Как видно из схемы, приведенной на рис. 2, радиус поворота центра масс машины:

$$R = \frac{B}{2} \cdot \left(\frac{V_{\text{лб}} + V_{\text{пб}}}{V_{\text{лб}} - V_{\text{пб}}} \right) = B \cdot \frac{V}{V_{\text{лб}} - V_{\text{пб}}},$$

где: R – радиус поворота;

B – расстояние между осями ДИС левого и правого бортов;

$V_{\text{лб}}$ и $V_{\text{пб}}$ – значения скорости левого и правого бортов соответственно;

V - скорость центра массы машины, равная полусумме значений скорости левого и правого бортов относительно опорной поверхности.

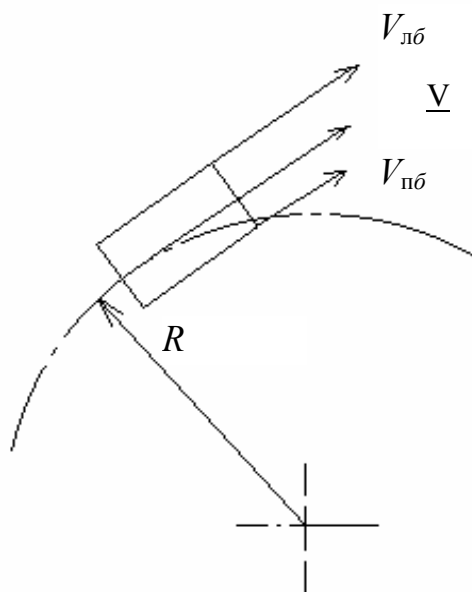


Рис. 2

Сигналы от ДИС, а также других измерительных преобразователей ИП поступают непрерывно в аналоговом виде на параллельный интерфейс ввода измерительных сигналов (ПИВИС). От ПИВИС с помощью шин данных, адреса и управления с частотой 8 Гц измерительная информация поступает в микропроцессорный модуль (ММ), модуль памяти (МП), последовательный интерфейс ввода-вывода (ПИВВ). Через устройство сопряжения с магнитным накопителем вся измерительная информация поступает на магнитный накопитель (МН). В качестве МН используется обычный бытовой переносной стереомагнитофон. Фиксация измерительной информации осуществляется на компакткассете типа МК60, МК90 или МК120 с длительностью записи (60, 90 и 120) мин соответственно. Стереомагнитофон выбран для того, чтобы сигналы от левого и правого ДИС фиксировались одновременно на две дорожки для синхронизации по времени. Для контроля в процессе выполнения измерений одновременно с записью измерительная информация выводится на модуль индикации (дисплей), где в цифровом виде выдаются средние значения скорости левого и правого бортов, а

также самой машины относительно опорной поверхности*). Дискретность определения (осреднения) значений скорости задается оператором и может изменяться от 1 с до 5 с. Графопостроитель и АЦПУ в состав оборудования ИИК «МИГ», расположенного на испытуемой машине, не входят. Они используются в стационарных условиях для выдачи конечных результатов в виде таблиц и графиков. Указанный комплекс использовался для определения макро- и микропрофиля испытательной трассы и вида ее в плане. С целью достижения необходимой точности измерения значений скорости ($\delta \leq 2,0\%$) частота излучаемого сигнала ДИС была выбрана $F = 109$ Гц (10 ГГц).

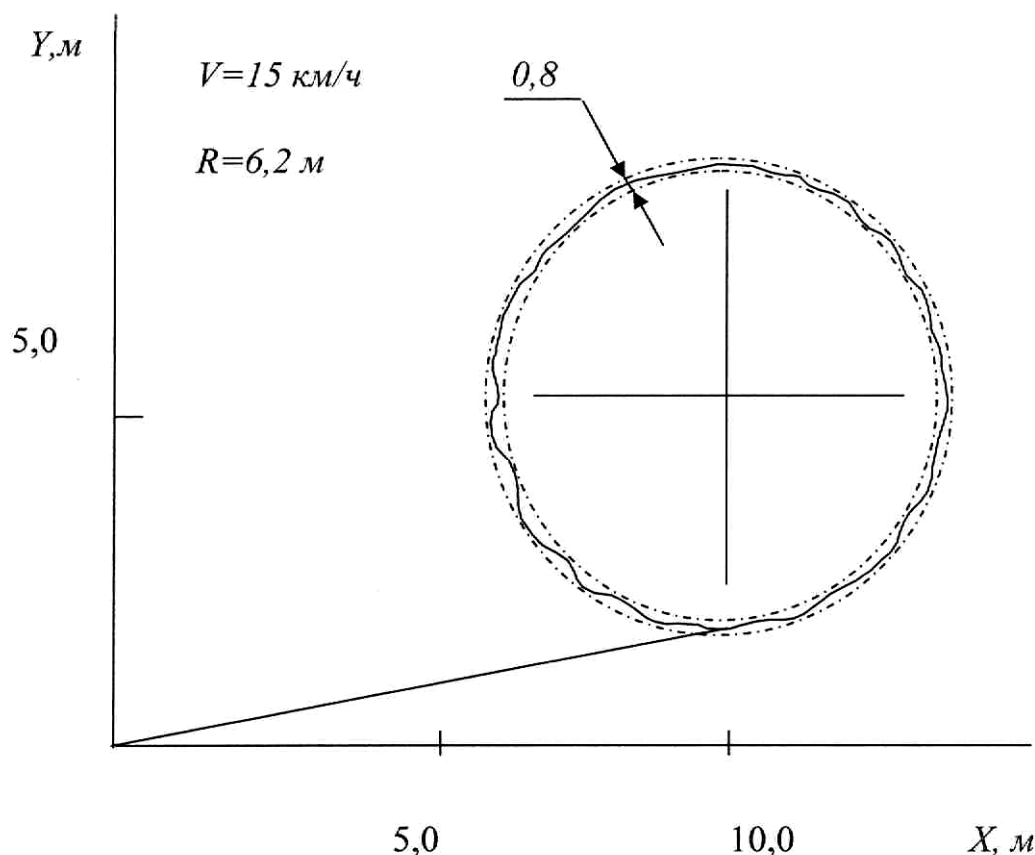


Рис. 3

В процессе испытаний ИИК «МИГ» позволяет определять значения скорости левого и правого бортов непрерывно, т.е. получать измерительную информацию в аналоговом виде в форме зависимости $V=f(t)$. Однако обработка сигнала ведется по дискретным точкам для различных значений интервала времени Δt . Погрешность определения значений радиуса поворота R зависит от размера этого интервала. Поскольку относительная погрешность определения R не должна превышать $5,0\%$, значение Δt было выбрано равным $0,125$ с, т.е. частота определения значений мгновенной скорости левого и правого бортов исследуемой машины в ИИК «МИГ» принята 8 Гц. Принятая частота измерений скорости обеспечивает измерение всех кинематических параметров исследуемого объекта, а также характеристики испытательной трассы с требуемыми значениями погрешности при доверительной вероятности $P=0,95$.

Разработанный информационно-измерительный комплекс «МИГ» был применен в сокращенном варианте для измерений мгновенных значений скорости левого и правого бортов.

С помощью ИИК «МИГ» были определены радиусы поворота экспериментальной гусеничной машины МТ-ЛБ, снабженной гидрообъемномеханической трансмиссией.

* Комплекс полностью работоспособен, если опорная поверхность является водной.

Испытания полностью подтвердили работоспособность комплекса «МИГ». Результаты многократных измерений мгновенных значений скорости левого и правого бортов показали, что в диапазоне от 0,5 м/с до 10 м/с относительная погрешность измерения этих параметров не превышает 1,6%, а радиуса поворота – 4,8%.

Для примера на рис. 3 приведены результаты определения радиуса поворота МТ-ЛБ с гидрообъемномеханической трансмиссией.

Выводы

Разработанная ИИС «МИГ», обладая высокими метрологическими характеристиками, позволяет определять значения характеристик быстроходных гусеничных машин и характеристик испытательной трассы для испытания этих машин, что повышает качество получаемой измерительной информации. В результате применения этой системы может быть повышен уровень качества создаваемых быстроходных гусеничных машин.

Литература

1. ГОСТ 16504-81 «СГИП. Испытания и контроль качества продукции. Основные положения».
2. ГОСТ 8.568 «ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения».

Связь характеристик гармонической и статистической линеаризации

д.т.н., проф., Савочкин В.А., Шишанов С.М.
МГТУ «МАМИ»

В настоящей статье представлены основные выкладки метода совместной линеаризации упругих и демпфирующих характеристик системы поддрессоривания транспортной машины, на примере индивидуальной подвески. Метод совместной реализации возможно реализовать если предварительно определены коэффициенты гармонической линеаризации системы поддрессоривания коэффициентов статистической линеаризации значительно облегчается при использовании метода совместной гармонической и статистической линеаризации. Этот метод основан на возможности представления дифференцируемого стационарного случайного процесса как гармонического сигнала, случайно модулированного по амплитуде и фазе, если относительный ход опорного катка представляет собой дифференцируемый стационарный процесс, то его всегда можно представить в виде центрированного гармонического колебания, случайно модулированного по амплитуде и фазе. Приводятся обоснования того, что метод совместной линеаризации оказывается эффективным (с точки зрения сокращения выкладок) в том случае, когда уже известны аналитические (или графические) выражения для эквивалентных коэффициентов гармонической линеаризации.

К настоящему времени накоплен большой экспериментальный материал по натурному исследованию колебаний корпуса гусеничных машин (ГМ) и их связей с характеристиками системы поддрессоривания (СП) и с характеристиками профиля местности, который помогает выбирать методы исследования современных СП.

Обобщенные экспериментальные данные качественного характера внешне дают все основания считать системы поддрессоривания современных гусеничных машин, даже и при ярко выраженной нелинейности упругих элементов и амортизаторов, линейными [1]. Именно это позволяет большинству исследователей ГМ без глубокого анализа существа вопроса пойти по пути прямой линеаризации характеристик СП, тем более что математический аппарат исследования колебаний линейных систем весьма детально разработан и его применение встречает трудности лишь вычислительного порядка. Однако прямая линеаризация характеристик не лишена субъективизма и не позволяет получить на стадии проектирования удовлетворительных результатов по качественному и количественному анализу предполагаемой СП. Все же результаты экспериментальных исследований указывают на то, что если СП ГМ при тщательном анализе нельзя отнести к линейным, то по реакции корпуса машины на