

3. ГОСТ 12.3.002-75. Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2007. 8 с.
4. Гришкевич А.И. и др. Проектирование трансмиссий автомобилей. Справочник. – М.: Машиностроение, 1984. 272 с.
5. Правила № 101 ЕЭК ООН. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей, приводимых в движение только двигателем внутреннего сгорания либо приводимых в движение при помощи гибридного электропривода, в отношении измерения объема выбросов двуокси углерода и расхода топлива и/или измерения расхода электроэнергии и запаса хода на электротяге, а также транспортных средств категорий M<sub>1</sub> и N<sub>1</sub>, приводимых в движение только при помощи электропривода, в отношении измерения расхода электроэнергии и запаса хода на электротяге. Добавление 100. Пересмотр 2.
6. Селифонов В.В. Теория автомобиля. Учебное пособие. М.: ООО "Гринлайт", 2009. 208 с.

### ***Устройство для регистрации микропрофиля автомобильной дороги***

к.т.н. проф. Степанов И.С., к.т.н. доц. Бернацкий В.В.

*Университет машиностроения*

8 (495) 223-05-23, [i\\_stepanov@list.ru](mailto:i_stepanov@list.ru), [vladislav\\_bern@mail.ru](mailto:vladislav_bern@mail.ru)

*Аннотация.* В статье рассмотрены принципиальные схемы устройств, используемых для регистрации микропрофиля автомобильных дорог, их достоинства и недостатки. Предложена конструктивная схема устройства, свободного от большинства недостатков.

*Ключевые слова:* автомобильная дорога, дорожные неровности, микропрофиль

При исследованиях, связанных с плавностью хода автомобиля и определением режимов работы его подвески, обычно проводится моделирование движения машины по реальной дороге с определенными неровностями. Целью таких работ является получение статистических характеристик интересующих параметров автомобиля. Компьютерное моделирование может проводиться двумя способами.

При первом способе выходные параметры модели определяют с помощью статистических характеристик микропрофиля дороги (функции спектральной плотности) и передаточных функций расчетной модели. Производят это перемножением ординат амплитудно-частотной характеристики системы поддресоривания автомобиля и ординат функции спектральной плотности дороги на соответствующих частотах. Передаточные функции автомобиля как колебательной системы могут быть определены подачей на вход модели детерминированного воздействия, например синусоидального. При несложных «плоских» расчетных схемах получают достаточно информативные данные, однако если используется более сложная «объемная» многомассовая расчетная модель, учитывающая движение правых и левых колес автомобиля по различному микропрофилю, этот способ неприменим.

При втором способе на вход расчетной модели последовательно, с определенным шагом, подают ординаты микропрофиля дороги и определяют выходные параметры модели, например вертикальные ускорения в характерных точках автомобиля, динамические прогибы подвесок и т.п. Иначе говоря, проводят ряд последовательных решений дифференциальных уравнений, описывающих автомобиль как колебательную систему, при начальных условиях, определяемых ординатами микропрофиля дороги под каждым из колес с учетом результатов предыдущего решения этих уравнений. В итоге также определяют статистические характеристики выходных величин.

Полученные результаты проверяются натурными испытаниями. Важно, чтобы исследования расчетной модели и реальные испытания автомобиля проводились на дорогах с одним и тем же микропрофилем, иначе подтверждение соответствия моделирования и реального объекта невозможно.

Амплитудно-частотная характеристика автомобильной подвески, как известно, имеет два резонанса: низкочастотный – колебания корпуса на подвеске (обычно 1...1,5 Гц), и высокочастотный – колебания неподдресоренной массы на шине (около 8...12 Гц). Если на дороге встречаются более-менее четко выраженные периодические неровности, то при движении автомобиля по такой дороге с определенными скоростями возникают интенсивные колебания. Для возникновения низкочастотного резонанса на разрешенных Правилами дорожного движения скоростях до 110 км/ч длины неровностей должны быть около 30 м. Серии периодических неровностей такой длины встречаются редко. На дорожных покрытиях с недостаточной износостойкостью – к ним относятся, например, щебеночные покрытия, асфальт при высокой температуре воздуха – при средних скоростях движения около 40...50 км/ч образуются четко выраженные поперечные волны длиной около 0,6...1,0 метра («стиральная доска»), вызывающие интенсивные колебания колес, часто сопровождающиеся потерей контакта колеса с дорогой. Микропрофиль формируется в зависимости от преобладающего состава транспортных средств, используемых на дороге, от загрузки автомобилей, от характера перевозимых грузов и даже от системы оплаты труда водителей, поскольку этот фактор влияет на выбор предпочтительных скоростей движения.

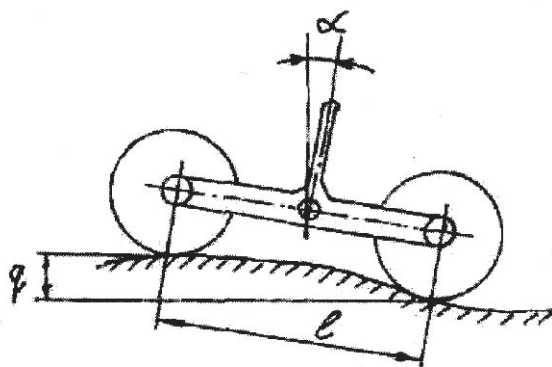
Получается, что для корректной работы с компьютерной моделью исследователь должен располагать записью микропрофиля дороги, на которой будут проведены натурные испытания, с регистрацией дорожных неровностей длиной от 0,2...0,4 м до 40...50 м, причем эта запись должна быть сделана одновременно по двум колеям. Для этого могут использоваться различные способы и устройства.

Статистические характеристики микропрофилей дорог, рассматриваемых как случайные стационарные эргодические функции, могут определяться различными методами, основанными главным образом на следующих принципах:

- Определяются статистические характеристики микропрофиля дороги по его воздействию на какую-либо динамическую систему, т.е. динамический преобразователь, представляющий собой колебательную систему с одной-двумя степенями свободы [1].
- Записываются ординаты микропрофиля относительно некоторой неподвижной базы: или нивелированием с постоянным небольшим шагом, или путем прокатывания тележки со щупом по длинной неподвижной балке с последовательной перестановкой балки [2]. В качестве базы отсчета может использоваться также луч лазерного целеуказателя (ЛЦУ). Последовательное перемещение неподвижной базы значительно увеличивает трудоемкость работы и вызывает определенные сложности со «стыковкой» микропрофилей, зарегистрированных при каждой позиции базы.
- Ординаты микропрофиля записываются относительно некоторой подвижной базы, например длинной тележки с жесткой рамой, имеющей большое количество колес с балансирной или упругой подвеской, которые «осредняют» неровности. Вблизи середины тележки помещается колесо, вертикальные перемещения которого относительно рамы и принимаются за ординаты микропрофиля. Короткие неровности регистрируются с высокой точностью, но для регистрации длинных неровностей продольные размеры тележки должны быть очень большими, а это затрудняет ее маневрирование и часто делает невозможной доставку к тому участку дороги, который требуется обмерить.
- Исходными величинами для регистрации микропрофиля служат не ординаты неровностей, а углы отклонения от горизонтали (или вертикали) короткой двухколесной балансирной тележки [3, 4]. Принципиальная схема такого устройства показана на рисунке 1. Ординаты микропрофиля  $q$  получаются из элементарной тригонометрической зависимости длины шага, с которой производятся замеры, и угла наклона балансира  $\alpha$ . Длина базы тележки  $l$  должна быть меньше желательной для регистрации длины неровности. Для регистрации микропрофиля по двум или более колеям несколько балансирных тележек размещаются на одной поперечной траверсе и связываются с одной гировертикалью или иным устройством, задающим положение нулевой вертикали (или горизонтали).

Во всех случаях для удобства последующей обработки сигнала датчиков в числовой

форме одно из колес устройств (если они имеют колеса) снабжается импульсным датчиком, задающим шаг измерений.

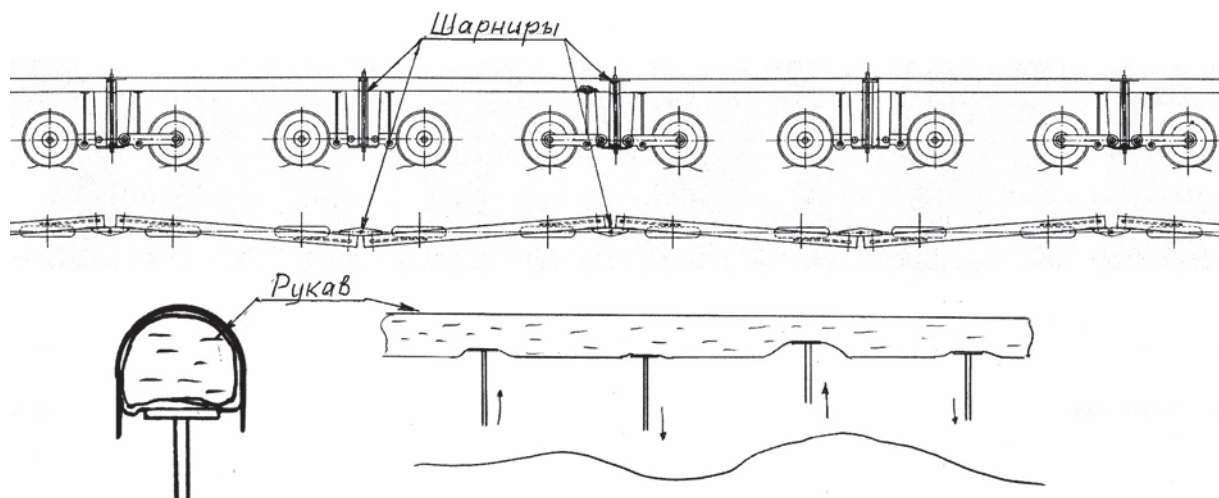


**Рисунок 1. Устройство для регистрации микропрофиля дороги:  $l$  – база тележки;  $q$  – ордината микропрофиля;  $\alpha$  – угол наклона балансира**

Каждому из описанных способов присущи свои достоинства и недостатки.

Цель настоящей статьи заключается в том, чтобы предложить многоопорную (многоколесную) тележку с шарнирной рамой. За основу в качестве руководящей идеи принято устройство в виде многоопорной подвижной системы с большим количеством колес. Такие устройства известны, но они имеют органический недостаток, заключающийся в том, что максимальная длина устройства ограничивается возможностью его передвижения по реальной дороге с поворотами, перекрестками и другими особенностями, а также трудностями с доставкой устройства к месту проведения замеров.

Принципиальная схема предлагаемого устройства показана на рисунке 2.



**Рисунок 2. Схема устройства для регистрации микропрофиля автомобильной дороги**

Устройство состоит из большого числа одинаковых звеньев, шарнирно соединенных между собой. Каждое звено имеет по два колеса с пневматическими шинами, закрепленных на остова звена с помощью качающихся рычагов, как на обычной однорычажной подвеске. Упругий элемент в этой подвеске отсутствует, вертикальная весовая нагрузка на рычаг передается с помощью вертикального штока, шарнирно связанного с рычагом подвески. На верхнем конце штока имеется выпуклый диск.

Звенья устройства соединяются друг с другом шарнирами с одной степенью свободы, позволяющими им поворачиваться друг относительно друга вокруг вертикальной оси, таким образом, устройство в целом представляет собой шарнирный многозвенник, своеобразный «поезд», состоящий из большого числа одноколейных «вагонов».

Одной из главных принципиальных особенностей предлагаемого устройства является длинная герметичная эластичная оболочка в виде «рукава», располагающаяся вдоль всего устройства в верхних продольных балках звеньев, которые имеют сечение полуцилиндров,

открытых снизу. Оболочка («рукав») заполнена жидкостью, например водой. Вертикальные штоки, на которые передается весовая нагрузка от рычагов подвески колес, находящимися на их верхних концах дисками опираются снизу на оболочку-рукав и нажимают на него с силой, соответствующей приходящемуся на данное колесо весу. Таким образом, жидкость в оболочке-рукаве находится под некоторым давлением, и действующая на каждый шток и, соответственно, на каждое колесо сила примерно одинакова. Таким образом, организуется балансирующая многоопорная подвеска. Отсутствие в подвесках колес упругих элементов исключает какие-либо колебательные явления, которые могли бы повлиять на точность измерений. Колебания колес на шинах минимизируются за счет достаточно большой массы балки устройства.

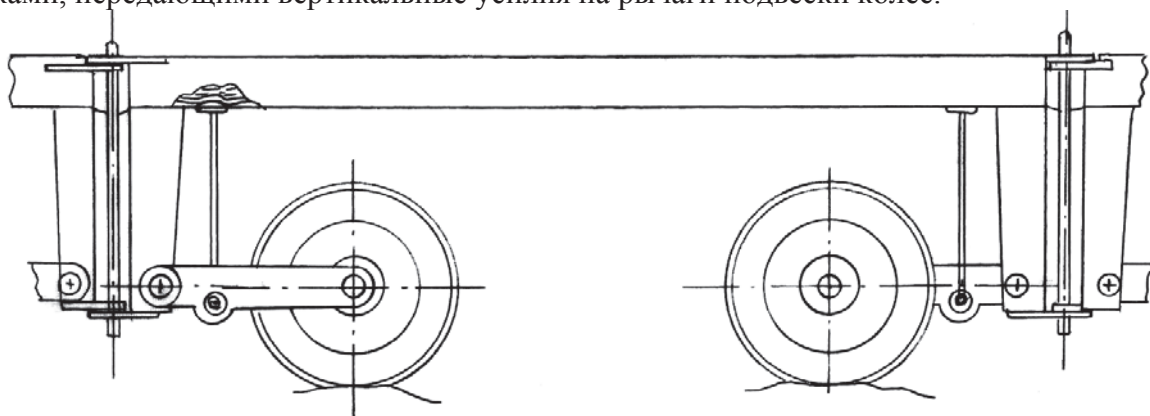
При движении устройства по дороге, которое осуществляется, например, с помощью буксирующего автомобиля, каждое из колес, прижатое к дороге одинаковой гидростатической силой, обкатывает дорожные неровности, при этом оно больше или меньше приподнимает шток, опирающийся на оболочку-рукав. За счет перетекания жидкости вертикальная сила на каждом из колес остается постоянной, а уровень верхних балок звеньев устройства представляет собой осредненный в виде прямой линии профиль участка дороги, равного по размеру длине устройства. Средняя точка этого прямого отрезка принимается за базу для отсчета при регистрации микропрофиля дороги. Для непосредственной регистрации микропрофиля одно из колес вблизи середины устройства снабжено датчиком перемещений. Если требуется регистрация микропрофиля по двум (или более) колеям, вблизи середины устройства помещается поперечная траверса, на которой располагаются «измерительные» колеса с датчиками перемещений.

При движении по дороге с поворотами устройство за счет шарнирного соединения звеньев следует за движением автомобиля-тягача.

Для доставки устройства к месту проведения замеров оно может укладываться в кузов грузового автомобиля, при этом звенья складываются. Чтобы сложенные звенья укладывались в кузов в виде компактного «зигзага», шарниры, соединяющие звенья между собой, расположены не по оси симметрии звеньев (при виде сверху), а смещены к краям, таким образом, сложенные звенья вплотную прилегают друг к другу. Это позволяет на одном грузовике перевозить устройство весьма большой длины, до нескольких десятков (и даже сотен) метров.

Конструктивная схема звена устройства показана на рисунке 3. Видна оболочка-рукав, на которую снизу опирается диск штока, соединенного с рычагом подвески колеса.

В нижней части рисунка 2 слева показано поперечное сечение верхней продольной балки звена с расположенной внутри него оболочкой-рукавом и верхний конец штока с диском. В правой нижней части рисунка показана схема взаимодействия оболочки-рукава со штоками, передающими вертикальные усилия на рычаги подвески колес.



**Рисунок 3. Конструктивная схема звена устройства для регистрации микропрофиля автомобильной дороги**

Описанный способ и устройство для регистрации микропрофиля автомобильных дорог позволяет регистрировать дорожные неровности и малой, и достаточно большой длины, оно

просто по устройству, может быть изготовлено с минимальными затратами, легко доставляется к месту замеров, компактно с точки зрения перевозки и хранения, обеспечивает нужную точность.

### Литература

1. Хачатуров А.А., Афанасьев В.Л., Васильев В.С. и др. Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель. М., «Машиностроение», 1976, 535 с.
2. Яценко Н.Н., Матуляускас Р.К. и Щупляков В.С. Устройство для масштабной записи микропрофиля автомобильных дорог и машинная обработка ее результатов. // Труды и семинары по подвескам автомобиля, М., НАМИ, № 15, 1968.
3. Степанов И.С., Ндикумана Э. О способах регистрации микропрофиля автомобильных дорог. Сборник избранных докладов Международного симпозиума, посвященного 60-летию МГТУ МАМИ. М., 2000.
4. Ндикумана Э., Степанов И.С. Устройства для регистрации микропрофиля автомобильной дороги. // М., Грузовик № 8, 1999.

### **Переходные процессы в гидроприводе вентилятора для системы охлаждения двигателя транспортного средства**

Труханов К.А.  
МГТУ им. Н.Э.Баумана,  
[trukhanov@mail.ru](mailto:trukhanov@mail.ru)

*Аннотация.* В статье рассмотрены математическая модель и расчет переходных процессов проектируемого гидропривода при работе системы охлаждения двигателя транспортного средства. Проведена верификация математической модели с помощью результатов испытаний гидропривода, созданного для спроектированной системы. Выполнено сравнение рассчитанных переходных процессов по давлению с полученными в ходе испытаний макетного образца спроектированного гидропривода для охлаждения двигателя транспортного средства.

*Ключевые слова:* гидропривод вентилятора, модель математическая, оптимизация системы гидропривода вентилятора, система охлаждения двигателя

На основании предварительного анализа нескольких систем с различным типом гидропривода (далее ГП) вентилятора была выбрана система с дискретным управлением гидромотором, приводящим во вращение вентиляторное колесо [1]. Для данной системы представлена математическая модель (далее ММ) и определены переходные процессы по выходным параметрам, установленным в ТЗ на проектирование ГП. Такими параметрами являются частота вращения вала вентилятора и температура охлаждающей жидкости на выходе из двигателя [2].

В системе с ГП применен клапан плавного пуска (далее КПП) гидромотора, устанавливаемый непосредственно на насосе. Использовать стандартный дискретный гидрораспределитель для ГП вентилятора системы охлаждения двигателя транспортного средства будет нецелесообразно по нескольким причинам. Основными из них состояли в возможном выходе из строя элементов системы вследствие резкого увеличения давления в напорной линии насоса и появление сильных рывков при движении транспортного средства в момент включения привода вентилятора.

При составлении ММ использована расчетная схема, показанная на рисунке 1 (электрическая подсистема управления и радиатор не показаны). Для уменьшения перерегулирования по давлению и расходу рабочей жидкости (далее РЖ) и обеспечения плавного пуска ГП в напорной линии насоса установлен обратный клапан. В ММ записали уравнения расхода РЖ для трех введенных узловых точек системы (рисунок 1).