

### **Библиографический список**

1. ГОСТ Р ИСО 14837-1-2007 «Шум и вибрация, создаваемые движением рельсового транспорта».
2. ГОСТ 2.114-95 «Единая система конструкторской документации. Технические условия».
3. СП 98.13330.2012. Свод правил. Трамвайные и троллейбусные линии. Актуализированная редакция СНиП 2.05.09.90.
4. ТУ 2539-001-03222089-2011 «Профили резиновые подошвенные под рельс трамвайных путей».
5. ТУ 2539-002-03222089-2011 «Профили резиновые боковые для рельсов трамвайных путей».
6. Защита от повышенного шума и вибрации: сб. докл. Всероссийской научно-практической конф. с международным участием, 26-28 марта 2013 г., СПб / под ред. Н.И. Иванова. – СПб., 2013. – 743 с.

УДК 625.46

## **МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ АДЕКВАТНОСТИ ДЕЙСТВИЯ МЕХАНИЗМОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ**

***Котовсков А.В., Потопов П.В., Симонов Д.В.***

*ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ),  
400005, г. Волгоград пр. им. Ленина 28,  
кафедра «Автомобиле- и тракторостроение», ts@vstu.ru*

### **Аннотация**

Рассматривается методика сравнительного анализа межколесных механизмов распределения мощности, заключающаяся в количественной оценке ошибки выполнения механизмом дифференциальной и распределительной функций. Приводятся результаты указанного анализа для двух наиболее распространенных механизмов.

**Ключевые слова:** механизм распределения мощности, дифференциальная и распределительная функции, условия движения, адекватность реакции.

## **METHOD OF QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE ADEQUACY OF THE MECHANISMS OF DISTRIBUTION POWER WHEEL CAR**

***Kotovskov A., Potapov P., Simonov D.***  
*Volgograd State Technical University*

## **Abstract**

This article describes method of comprehensive analysis of interaxle power distribution units. This method is considered as quantitative evaluation of error of this mechanism fulfillment of differential and distribution functions. The results of analysis for two well-known power distribution units are provided.

**Key words:** power distribution unit, differential and distribution function, driving conditions, reaction adequacy.

Анализ работы межколесного механизма распределения мощности (МРМ), проводимый по соответствующей методике [1], позволяет построить и оценить дифференциально-распределительную характеристику конкретного механизма, представляющую собой зависимость асимметрии  $A_M$  крутящих моментов на полуосях этого МРМ, величина которой откладывается по оси ординат, от асимметрии  $A_V$  теоретических окружных скоростей колес, кинематически связанных с этими полуосями, величина которой откладывается по оси абсцисс. Данная зависимость строится на поле возможных реализаций условий движения, представленном точками. Для построения поля точек по оси абсцисс откладываются значения асимметрии  $A_S$  путей, проходимых колесами ведущего моста, а по оси ординат – значения асимметрии  $A_P$  сил сопротивления на этих колесах, при условии их равного буксования,

Указанная характеристика дает возможность понять, как реагирует МРМ на заданные условия движения. Соответственно совместное рассмотрение характеристик нескольких МРМ позволяет провести их сравнительный анализ. Однако дифференциально-распределительная характеристика определяет адекватность реакции механизма на конкретные условия движения машины только качественно и не дает количественной оценки степени адекватности, то есть не позволяет оценить точность выполняется той или иной функции. Для большинства МРМ упомянутая характеристика (индивидуальная для каждого механизма) представляет собой некую кривую, построенную на поле возможных реализаций условий движения. Точность работы механизмов при условиях движения машины, задаваемых точками этого поля, но не лежащих на линиях характеристик, может быть различной. Поэтому для сравнительного анализа необходимо ввести параметры, которые позволят количественно оценить упомянутую точность.

Соотношение асимметрий  $A_S$  и  $A_V$  характеризует точность выполнения межколесным МРМ дифференциальной функции, поэтому для количественной оценки этой точности введем параметр  $\Delta A_S = A_S - A_V$ , который назовем ошибкой выполнения дифференциальной функции. Соотношение асимметрий  $A_P$  и  $A_M$  характеризует точность выполнения меха-

низмом распределительной функции, поэтому для количественной оценки этой точности введем параметр  $\Delta A_p = A_p - A_M$ , который назовем ошибкой выполнения распределительной функции.

Ошибки  $\Delta A_S$  и  $\Delta A_p$  могут быть определены для любой точки поля возможных реализаций условий движения, характеризующей условия движения (заданное соотношение асимметрий  $A_S$  и  $A_p$ ), даже если с ней не совпадает точка дифференциально-распределительной характеристики (соотношение параметров  $A_V$  и  $A_M$ , получаемое в результате реакции МРМ на конкретные условия движения).

Поскольку поле возможных реализаций условий движения представляется как совокупность точек в плоской системе координат, каждая из которых имеет свои координаты: одна отложена вдоль оси абсцисс и равна соответствующей асимметрии  $A_S$ , а другая – вдоль оси ординат и равна соответствующему параметру  $A_p$ , то для ошибки выберем ось аппликат, по которой для каждой упомянутой точки будем откладывать в одном случае соответствующий параметр  $\Delta A_S = A_S - A_V$ , а в другом случае –  $\Delta A_p = A_p - A_M$ .

В результате характеристика адекватности реакций МРМ на заданные условия движения машины будет представлена в пространственной системе координат некоей поверхностью из точек с координатами, отложенными по оси абсцисс и оси ординат, характеризующими конкретные условия движения, представленные асимметриями  $A_S$  и  $A_p$ , и с координатой, отложенной по оси аппликат и равной ошибке  $\Delta A_S$  или ошибке  $\Delta A_p$ , характеризующей точность выполнения конкретным МРМ соответственно дифференциальной или распределительной функций. В точках поля возможных реализаций условий движения, лежащих на линии дифференциально-распределительной характеристики, ошибки  $\Delta A_S$  и  $\Delta A_p$  равны нулю, то есть в этих точках поля координаты точек упомянутой поверхности, откладываемые по оси аппликат, равны нулю.

Для проведения анализа работы конкретного межколесного МРМ была создана математическая модель, в основу которой положены уравнения равновесия крутящих моментов и моментов сил, приложенных к МРМ, и уравнения кинематических зависимостей, характерных для каждого из конкретных МРМ. Решение этих уравнений позволяет определять асимметрии  $A_V$  и  $A_M$  при задании в любом возможном сочетании определенных значений параметров  $A_S$  и  $A_p$  в пределах их изменения (оба параметра могут задаваться в пределах от -1 до 1). Затем для каждой точки поля возможных реализаций условий движения с соответствующими координатами  $A_S$  и  $A_p$  можно вычислить  $\Delta A_S$  и  $\Delta A_p$ . Получившаяся в результате некая поверхность наглядно отобразит изменение величины той и другой из ошибок при переходе от точки к точке поля реализации условий движения. Поскольку высота по оси аппликат точек этой поверхно-

сти будет однозначно отражать точность выполнения дифференциальной и распределительной функций, то совокупное рассмотрение таких поверхностей для нескольких МРМ позволит сравнить их по точности реакций на заданные условия движения, представленные точками поля с соответствующими координатами  $A_S$  и  $A_P$ .

Для примера с помощью этой методики были проанализированы простой дифференциал и полностью заблокированный.

Для простого дифференциала в пространственной системе координат (рис. 1, 2) представлена поверхность адекватности реакций МРМ, построенная из точек, каждая из которых соответствует определенной точке поля возможных реализаций условия движения. Данная поверхность изображена на каждом из рисунков в виде горизонтальной плоскости, все точки которой по оси аппликат имеют координаты, равные нулю, и по оси аппликат имеет координату, равную ошибке  $\Delta A_S$  (рис. 1). Поверхность, изображенная на рис. 1, характеризует точность выполнения дифференциальной функции.

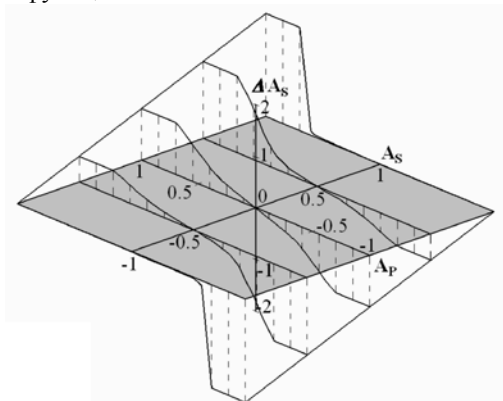


Рис. 1. Поверхность адекватности реакций с ошибками  $\Delta A_S$  простого дифференциала

На рис. 2 плоскость по оси аппликат имеет координату, равную ошибке  $\Delta A_P$ , характеризующую точность выполнения этим механизмом распределительной функции в каждой точке упомянутого поля с соответствующими координатами  $\Delta A_S$  и  $\Delta A_P$ . Поверхности адекватности реакций простого дифференциала на задаваемые условия движения показаны на рисунках «прозрачными», а серым цветом показана плоскость поля возможных реализаций условий движения машины.

Из рисунков видно, что простой дифференциал начинает реагировать с ошибками при любых отклонениях от условий движения, характеризуемых точками поля, лежащими на линии его дифференциально-

распределительной характеристики (линия, совпадающая с осью абсцисс). Модуль максимальной ошибки выполнения дифференциальной функции теоретически может достигать значения  $|\Delta A_S|=2$ , а модуль максимальной ошибки выполнения распределительной функции – значения  $|\Delta A_P|=1$ .

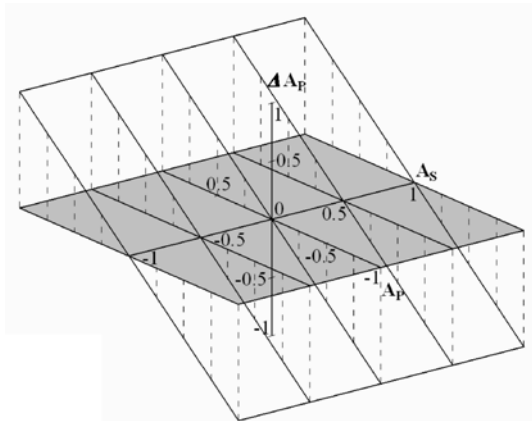


Рис. 2. Поверхность адекватности реакций с ошибками  $\Delta A_P$  простого дифференциала

Для полностью заблокированного дифференциала в пространственной системе координат представлена поверхность адекватности его реакций с ошибками  $\Delta A_S$  (рис. 3) на условия движения машины, характеризующая точность выполнения дифференциальной функции, а также поверхность адекватности реакций с ошибками  $\Delta A_P$  (рис. 4), характеризующая точность выполнения распределительной функции.

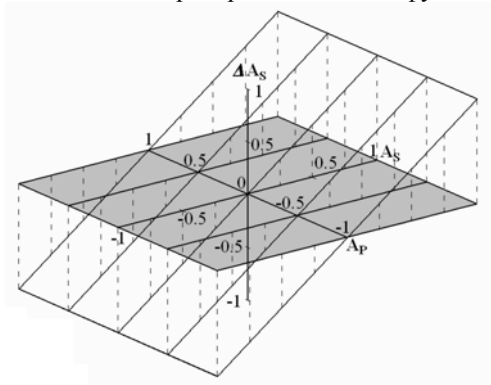


Рис. 3. Поверхность адекватности реакций с ошибками  $\Delta A_S$  полностью заблокированного дифференциала

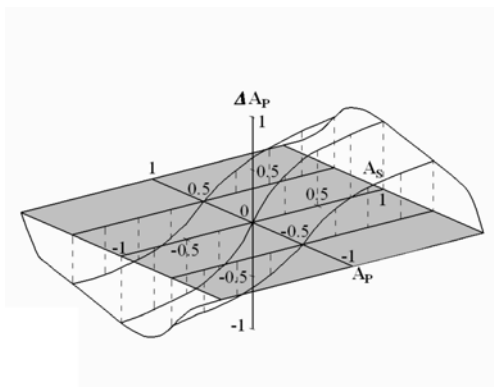


Рис. 4. Поверхность адекватности реакций с ошибками  $\Delta A_P$  полностью заблокированного дифференциала

Эти поверхности на обоих рисунках представлены «прозрачными», а плоскости полей возможных реализаций условий движения машины показаны серым цветом. Из рисунков видно, что у заблокированного дифференциала неточность выполнения соответствующих функций также начинает нарастать при отклонениях от условий движения, характеризуемых точками поля возможных реализаций этих условий, лежащими на линии дифференциально-распределительной характеристики этого дифференциала (линия, совпадающая с осью ординат).

Таким образом, оценивая величины ошибок  $\Delta A_S$  и  $\Delta A_P$  с точки зрения их допустимости, можно выделить на поле возможных реализаций условий движения области, в которых выбранный межколесный МРМ ведет себя достаточно адекватно.

Для идеального МРМ, адекватно реагирующего на любые возможные условия движения с ошибками  $\Delta A_S$  и  $\Delta A_P$ , равными нулю, координаты по оси аппликат точек, из которых строятся поверхности адекватности механизма, равны нулю, и поэтому эти поверхности полностью совпадают с плоскостью поля возможных реализаций условий движения машины.

### **Библиографический список**

1. Котовсков А.В., Потапов П.В., Симонов Д.В. Методика сравнительного анализа принципов блокирования межколесных механизмов распределения мощности // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – №9. – С.20-23.