

Как видно из расчетной схемы (рисунок 1), проходное сечение клапана в его открытом положении с левой и правой сторон различно, что и привело к несимметричности графиков с показателями  $\alpha$  относительно оси симметрии цилиндра. С ростом  $n$  смесь становится богаче в левой половине КС (см. рисунок 3) и беднее в правой. Это следствие увеличения гидравлического сопротивления в проходном сечении клапана для узкой его части (на рисунке 1, справа). Отметим также, что с ростом  $n$  падение  $\alpha$  более круто со стороны противоположной клапану благодаря возрастанию скорости движения топливовоздушной смеси на такте впуска, а за счет большей инерционности тяжёлых фракций и наблюдается их накопление у стенки в левой части КС. По мере приближения топливовоздушной смеси к другой стенке её кинетическая энергия уменьшается, поэтому аналогичной картины справа не наблюдается.

С ростом  $n$  доля кислорода в цилиндре к началу поступления топливовоздушной смеси в КС и поля распределения  $\alpha$  и  $T$  в зоне 4 (рисунок 1) не изменяются. Таким образом, отношение количества кислорода, вошедшего в цилиндр, к теоретически необходимому его количеству для полного сгорания 1 кг топлива с ростом  $n$  увеличивается, что следует из рисунка 3.

### Выводы

1. Применение модели турбулентного теплообмена позволяет выполнить параметрический расчёт с анализом начальных данных для HCCI процесса.

2. В HCCI процессе имеет место неоднородность как по температуре, так и по составу смеси, растущая с увеличением  $n$ .

3. С ростом  $n$  коэффициент наполнения понижается, но увеличивается температура топливовоздушной смеси в цилиндре, что следует учитывать в высокочувствительном к температуре и склонном к неустойчивой работе HCCI двигателе.

Результаты газодинамического расчёта могут быть использованы как начальные условия для расчёта процесса горения в многозонной химико-кинетической модели.

### Литература

1. Gong X., The effects of DTBP on the oxidation of SI PRF-a study in an HCCI engine and in a pressurized flow reactor // Thesis, Drexel Univ., US, 2005.
2. Launder B. E., Spalding D. B. Lectures in Mathematical Models of Turbulence // Academic Press, London, 1972.
3. Ogink R., Computer Modeling of HCCI Combustion // Thesis, Chalmers Univ., Sweden, 2004.
4. Golovitchev VI, Pilia ML, Bruno C. Autoignition of methane mixtures: the effect of hydrogen peroxide. J Propul Power 1996; 12(4):699–707.
5. Golovitchev VI, Chomiak J. Evaluation of ignition improvers for methane autoignition. Combust Sci Technol 1998;135:31–47.
6. Zamansky VM, Borisov AA. Promotion of high-temperature selfignition. Progress Energy Combust Sci 1992;18:297–325.
7. Agarwal A, Assanis DN. Modeling the effect of natural gas composition on ignition delay under compression ignition conditions. SAE Paper 971711, 1997.

### **Эргономические критерии оценки зависимости сила-перемещение снимаемой с педали сцепления легкового автомобиля**

к.т.н. Петунин В.П., к.т.н. доц. Прокопьев М.В., Куевда А.В., Таразанов С.П.,  
Транквиллевский В.Г.

*Волжский Автомобильный Завод, Тольяттинский Государственный Университет*

*Аннотация.* В связи с ориентацией автомобильной промышленности на работу с системными поставщиками становится важным точное формулирование технических требований к узлам и системам автомобиля. В статье представлена информация о выработанных требованиях к характеристике «сила-перемещение» на педали сцепления. Также приведена информация о созданной установке по замеру

*Ключевые слова:* педаль сцепления легкового автомобиля, оценка зависимости сила-перемещение, эргономические критерии.

Эргономика управления автомобилем является важным потребительским свойством автомобиля. К числу основных органов управления автомобилем относится педаль сцепления со своей характеристикой «сила-перемещение». В настоящее время требования к характеристике «сила-перемещение» на педали сцепления закладываются производителями автомобилей уже на стадии разработки технических требований к автомобилю. При этом, следуя общемировым тенденциям, разработчиком сцепления и привода управления сцеплением чаще всего является специализированная инженеринговая фирма, которая самостоятельно проводит разработку, доводку и организацию серийного производства сцепления и элементов привода управления сцеплением. Поэтому необходимо иметь ряд количественных критериев оценки характеристики «сила-перемещение», при помощи которых можно сформулировать технические требования к эргономике функционирования сцепления совместно с приводом управления сцеплением. Кроме этого, для осуществления контроля необходимо иметь оборудование, позволяющее осуществлять замер характеристики «сила-перемещение» на педали сцепления непосредственно на автомобиле.

В настоящее время эргономика управления педалью сцепления легкового автомобиля оговаривается в ГОСТ 24350-88 [1]. В данном документе оговаривается полная длина хода педали сцепления (не более  $150 \pm 20$  мм). Для грузовых автомобилей в ГОСТ Р 52280-2004 [2] предъявляются требования по максимальному усилию на педали сцепления (не более 147 Н при наличии усилителя и не более 240 Н при отсутствии усилителя). Однако этого явно недостаточно для формирования технических требований, позволяющих качественно описать эргономику управления педалью сцепления.

Для решения поставленных задач в Отделе Доводки Трансмиссии (ОДТ ВАЗа) была разработана и изготовлена универсальная установка, предназначенная для замера характеристики «сила-перемещение» на педали сцепления (см. рисунок 1).

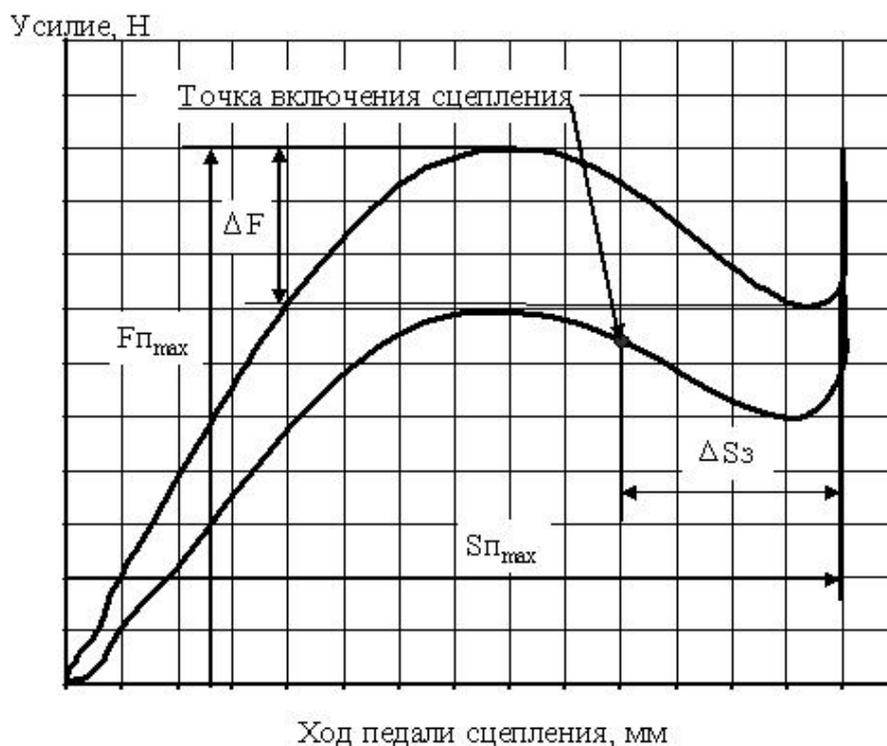


**Рисунок 1 - Установка по замеру характеристики «сила-перемещение» на педали сцепления**

Механическая часть установки позволяет осуществлять ее монтаж на любых легковых

автомобилях в течение небольшого времени. Запись текущих параметров силы, прикладываемой к педали сцепления, а также текущего перемещения (хода) педали сцепления осуществляется с помощью двустороннего тензометрического датчика силы S9 (ф. НВМ, диапазон измерения -500...+500 Н.) и индуктивного датчика перемещения WA200 (ф. НВМ, диапазон измерения 0...200 мм.) соответственно. Перевод аналоговых сигналов с датчиков в цифровой формат осуществляется в преобразователе Spider-8 (ф. НВМ) и далее передается на компьютер, где информация визуализируется и записывается в среде программы SATMAN (ф. НВМ). Общий вид установки, смонтированной на автомобиле, представлен на рис.1. Контрольные замеры проводятся на прогретом автомобиле при температуре окружающей среды +15...+25 градусов С.

Замеры, проведенные на ряде отечественных и зарубежных автомобилей, укомплектованных сцеплениями и приводами управления сцеплением разных конструкций и производителей, позволили соотнести количественные характеристики (полный ход педали сцепления, максимальное усилие на педали сцепления и др.) с субъективными эргономическими оценками. В результате был определен ряд количественных критериев оценки зависимости «сила-перемещение», позволяющих сформировать технические требования к системе сцепления и привода управления сцеплением. На рисунке 2 приведен общий вид рассматриваемой зависимости.



**Рисунок 2 - Общий вид характеристики «сила-перемещение» снимаемой с педали сцепления**

В качестве критериев приняты следующие параметры с предлагаемыми численными величинами для легковых автомобилей с максимальным крутящим моментом двигателя от 120 до 150 Н·м и размерностью сцепления (наружный диаметр фрикционных накладок сцепления) 190, 200 и 215 мм:

$F_{n_{max}}$  – максимальное усилие на педали сцепления, Н. Предлагается  $F_{n_{max}} = 80...100$  Н. Предлагаемый диапазон имеет высокую корреляцию с предложением ф. LuK [3]. Данный критерий определяет максимально допустимую величину силы прикладываемой к педали сцепления в процессе хода педали на выключение сцепления.

$S_{n_{max}}$  – полный ход педали сцепления, мм. Предлагается  $S_{n_{max}} = 135...145$  мм. Предлагаемый диапазон полного хода педали сцепления позволяет реализовать хорошую

эргономику для диапазона 5-95% перцентилей.

$\Delta F$  – снижение усилия прикладываемого к педали сцепления в конце хода педали относительно  $F_{n_{\max}}$ . Предлагаемая величина  $\Delta F \geq 12$  Н. Наличие значительного снижения усилия, прикладываемого к педали сцепления после прохождения  $F_{n_{\max}}$ , позволяет исключить «недовыжим» педали сцепления в процессе включения и переключения передач, что существенно снижает износ синхронизаторов коробки передач. Минимально допустимая величина задается исходя из субъективного ощущения снижения усилия на педали сцепления.

$\Delta S_3$  – ход педали сцепления при включении сцепления от пола (упора) до точки начала включения сцепления (начало передачи сцеплением крутящего момента от двигателя на трансмиссию). Рекомендуемый диапазон  $\Delta S_3 = 35...55$  мм. При этом нижний предел диапазона обеспечивает полное выключение сцепления, а верхний предел определяет комфортность и плавность процесса включения сцепления.

Кроме вышепредставленных основных критериев оценки, можно применять еще целый ряд критериев, позволяющих оценить характеристику «сила-перемещение» с точки зрения энергетических затрат. Применяя этот подход, возможно оценить энергетические потери в сцеплении и приводе сцепления и общую работу, затрачиваемую на единичное выключение сцепления. Значение работы, затрачиваемой на выключение сцепления, определяется как площадь под характеристикой (рисунок 2) на ходе выключения сцепления. Рекомендуемое максимальное значение работы выключения сцепления для моментных характеристик двигателя и размерностей сцепления, приведенных выше, составляет 9,0 Дж. Данное значение незначительно превышает предложенное целевое значение работы выключения сцепления, предлагаемое ф. LuK [3].

Необходимо отметить, что приведенные значения критериев относятся к новому автомобилю с пробегом до 2-3 тысяч километров в условиях нормальной эксплуатации. В процессе эксплуатации автомобиля численные значения рассматриваемых критериев претерпевают изменения, что связано с износом фрикционных накладок сцепления, увеличением сил трения в приводе управления сцеплением и нажимном диске сцепления, изменением жесткостных характеристик диафрагменной пружины из-за тепловых воздействий и т.д. Для оценки изменений эргономики на педали сцепления при эксплуатации применяется систематический контроль характеристики «сила-перемещение» на педали сцепления, износа фрикционных накладок, изменения жесткостных свойств ведомого и нажимного дисков сцепления. Это позволяет определить факторы, приводящие к изменению оцениваемой характеристики, и выработать предложения по изменению конструкции деталей, узлов сцепления или привода управления сцеплением.

### Выводы

1. Разработана и изготовлена установка по замеру характеристики «сила-перемещение» снимаемой с педали сцепления.
2. Разработаны количественные критерии оценки характеристики «сила-перемещение», позволяющие сформировать технические требования к системам сцепления и привода управления сцеплением.
3. Представленные количественные значения рассмотренных критериев позволяют вести проектные расчеты для разработки конструкции сцепления.

### Литература

1. ГОСТ 24350-88. Органы управления ножные легковых автомобилей. Расположение. Общие технические требования и методы испытания.
2. ГОСТ Р 52280-2004. Автомобили грузовые. Общие технические требования.
3. Matthias Zink, Markus Hausner, Roland Welter, Rene Shead. Clutch and release system. LuK SYMPOSIUM 2006. pp 27-45.