

УДК 621.4-1/-3

МЕТОДИКА КОРРЕКЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Зуев А. А., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-04-42

Аннотация – в статье рассмотрена методика коррекции экспериментальных данных стендовых испытаний двигателей внутреннего сгорания.

Ключевые слова – двигатель внутреннего сгорания, стендовые испытания, нагрузочная характеристика.

Постановка проблемы. Характеристики, выявляющие закономерность изменения ряда параметров двигателя в зависимости от изменения нагрузки при заданном постоянном числе оборотов вала, называют нагрузочными.

Известно, что при снятии нагрузочных характеристик двигатель прогревают до нормального теплового состояния, выводят его на заданный скоростной режим и постепенно перемещают рейку топливного насоса в дизелях от положения, соответствующего холостому ходу на данном скоростном режиме, до полного их открытия или предельного положения, сохраняя заданный скоростной режим путем нагружения (разгружения) двигателя с помощью тормозного устройства. В качестве независимого переменного параметра стандарты рекомендуют в этом случае принимать мощность N , развиваемую двигателем [1]. Однако независимыми переменными могут служить среднее эффективное давление p_e , показание динамометра тормоза P , часовой расход воздуха G_b и другие параметры, характеризующие загруженность двигателя [2].

Нагрузочные характеристики, снятые для ряда чисел оборотов вала, позволяют судить о закономерности часового расхода топлива по мере увеличения нагрузки, выявляют минимальные удельные расходы топлива. Работа на режимах нагрузочной характеристики наиболее характерна для двигателей, которые используются для привода электрических генераторов, насосов, компрессоров, тракторов. В частности, эта характеристика имитирует работу двигателя на автомо-

биле при движении последнего с постоянной скоростью на одной из передач в условиях переменного дорожного сопротивления.

Нагрузочные характеристики могут быть построены и по результатам регулировочных испытаний. Такие нагрузочные характеристики, называются характеристиками оптимального регулирования. Сравнение реальных нагрузочных характеристик с нагрузочными характеристиками оптимального регулирования позволяет оценить правильность выбора регулировок систем топливоподачи и зажигания двигателя. Нагрузочные характеристики дают представление об изменении показателей двигателя в зависимости от внешней нагрузки при постоянной частоте вращения.

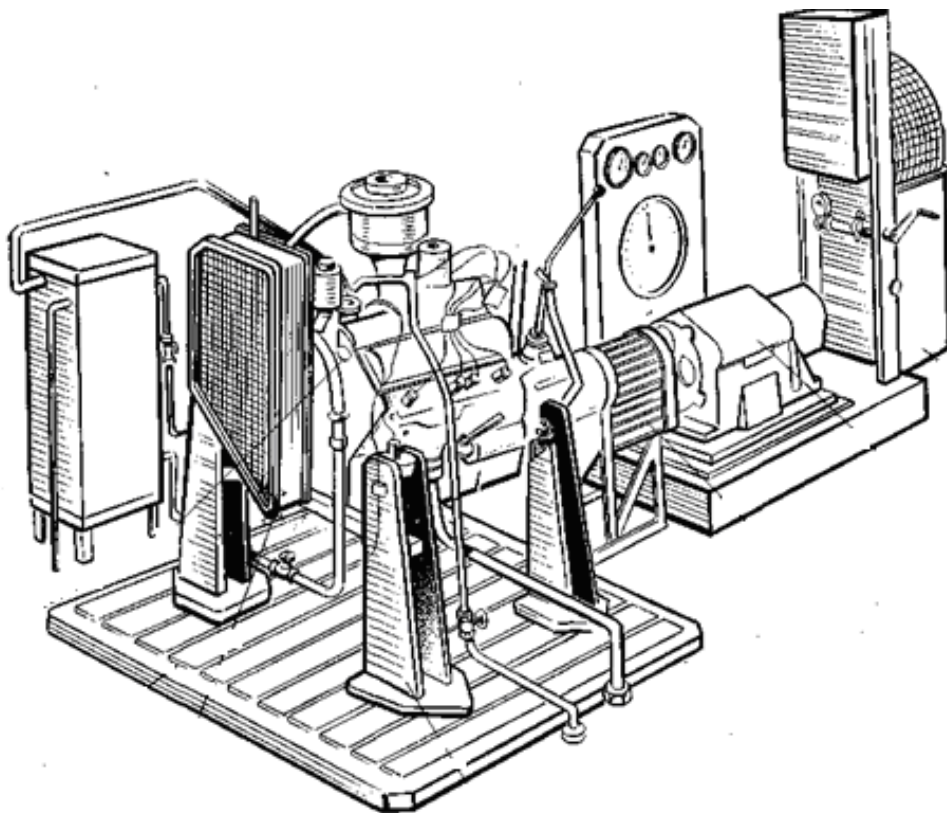


Рис. 1. Стенд для обкатки и испытания двигателя внутреннего сгорания КИ-8

При снятии нагрузочной характеристики двигателя внутреннего сгорания на стенде КИ-8 (рис. 1) лаборатории двигателей кафедры «МЭС» ТДАТУ проблематично удерживать постоянство частоты вращения коленчатого вала. Это связано со слишком коротким ходом рычага управления подачей топлива топливного насоса высокого давления. Но основное условие получения нагрузочной характеристики – это как раз постоянство оборотов двигателя при постоянном тепловом режиме.



Рис. 2. Стенд для обкатки двигателей КС-276-032

В итоге мы получаем не точную нагрузочную характеристику двигателя, а набор точек из смежных характеристик при разных значениях оборотов двигателя, что в принципе допустимо при проведении лабораторных работ со студентами, так как внешний вид кривых и влияние изменения мощности или крутящего момента на основные показатели двигателя проследить можно, но для исследований и научных работ это не допустимо в принципе.

Анализ последних исследований. [2,3] В современных научных лабораториях, оборудованных стендами типа КС-276-032 компании «ТехАвто» (рис. 2) либо ОТС 0...5 производства ЗАО ПО «Стендовое оборудование» (рис. 3), эта проблема не так существенна, так как управление аппаратной частью, в том числе и расходом топлива осуществляется с помощью ЭВМ [2, 3].

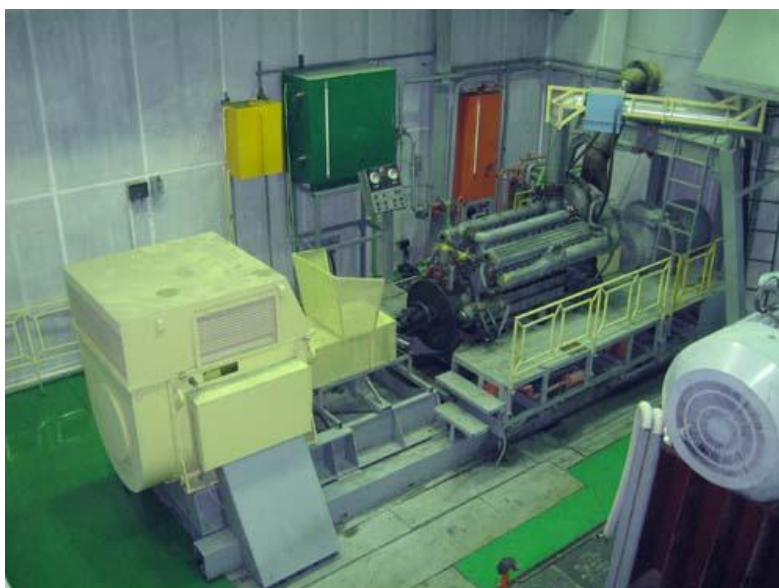


Рис. 3. Стенд для обкатки двигателей ОТС 5

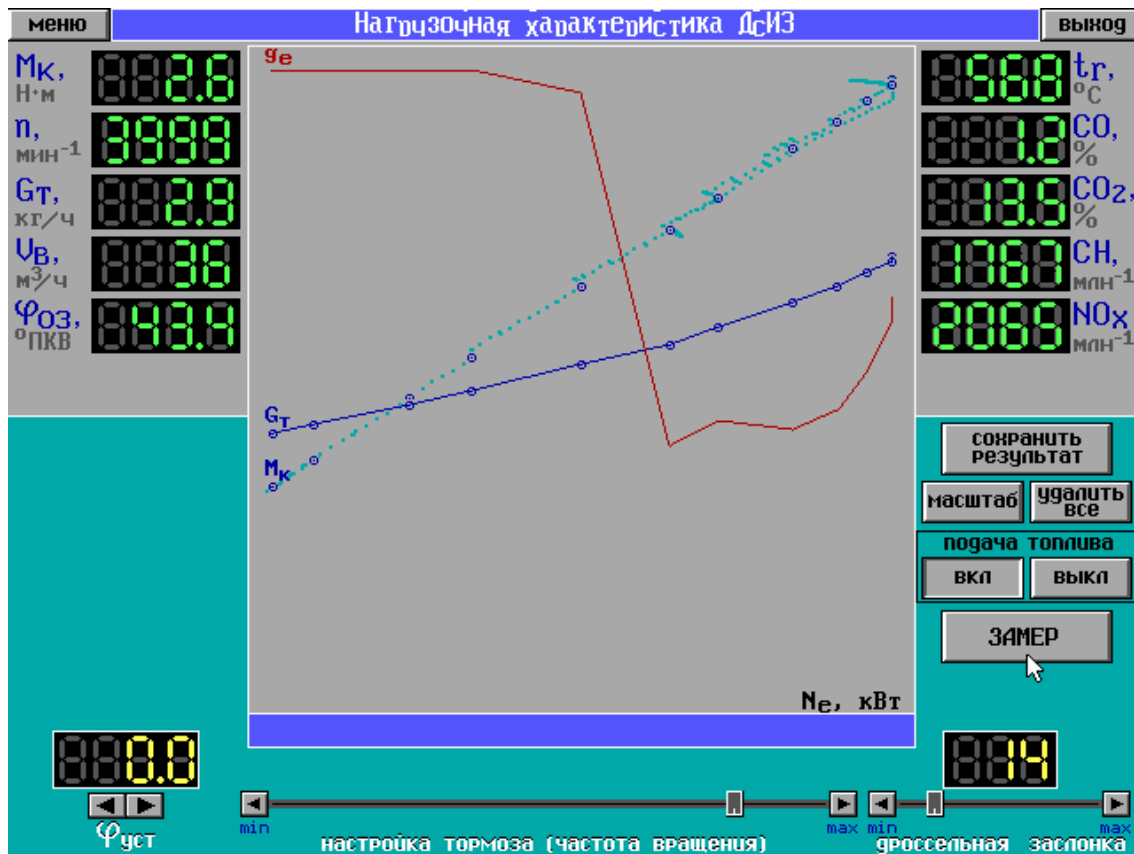


Рис. 4. Пример нагрузочной характеристики с видимой зоной «дрожания» крутящего момента.

Однако, наблюдая результаты исследований (рис. 4), видим что и здесь есть погрешности. Компьютер удерживает обороты постоянной можно считать мгновенной корректировкой подачи топлива, и полученные кривые, как видно на рис. 4, «дрожат». Это дрожание и есть работа компьютера по «мгновенной» коррекции подачи топлива.

Формулирование целей статьи (постановка задания). Разработать методику коррекции экспериментальных данных стендовых испытаний двигателя внутреннего сгорания.

Основная часть. Еще одним недостатком современных стендов (рис. 2,3) является их стоимость (6,15 и 16 млн. рублей соответственно) делающая приобретение подобной аппаратуры вузами невозможным в условиях недостаточного финансирования университетских исследовательских лабораторий.

Если предположить, что каждое полученное значение в экспериментальном материале принадлежит нагрузочной характеристике при соответствующих оборотах двигателя и зная методику определения основных показателей двигателя, можно предложить простую методику коррекции экспериментальных данных.

Известно, что по серии нагрузочных характеристик дизельного двигателя можно построить его скоростные, регулировочные и мно-

гопараметровые характеристики [4]. Воспользуемся этим предположением.

Зависимость мощности двигателя N от частоты его вращения n определяется следующим образом [5]:

$$N_i = N_e \cdot \frac{n_i}{n_N} \cdot \left[a + b \cdot \frac{n_i}{n_N} - c \cdot \left(\frac{n_i}{n_N} \right)^2 \right], \quad (1)$$

где N_i – текущее значение мощности двигателя, кВт;

N_e – максимальное значение мощности двигателя, кВт;

n_i – текущее значение частоты вращения коленчатого вала, мин^{-1} ;

n_N – значение частоты вращения коленчатого вала при N_e , мин^{-1} ;

a, b, c – коэффициенты.

Для дизельных двигателей с неразделенной камерой сгорания формула (1) приобретает вид:

$$N_i = N_e \cdot \frac{n_i}{n_N} \cdot \left[0,87 + 1,13 \cdot \frac{n_i}{n_N} - \left(\frac{n_i}{n_N} \right)^2 \right]; \quad (2)$$

Тогда справедливо выражение

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{N_1 \cdot \left[0,87 + 1,13 \cdot \frac{n_2}{n_N} - \left(\frac{n_2}{n_N} \right)^2 \right]}{N_2 \cdot \left[0,87 + 1,13 \cdot \frac{n_1}{n_N} - \left(\frac{n_1}{n_N} \right)^2 \right]}; \quad (3)$$

где N_1 – искомое значение мощности двигателя, кВт;

N_2 – экспериментальное значение мощности двигателя, кВт;

n_1 – фиксированное, по условию снятия нагрузочной характеристики, значение частоты вращения коленчатого вала, мин^{-1} ;

n_2 – экспериментальное значение частоты вращения коленчатого вала, мин^{-1} .

Отсюда

$$N_1 = N_2 \cdot \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{\left[0,87 + 1,13 \cdot \frac{n_1}{n_N} - \left(\frac{n_1}{n_N} \right)^2 \right]}{\left[0,87 + 1,13 \cdot \frac{n_2}{n_N} - \left(\frac{n_2}{n_N} \right)^2 \right]}; \quad (4)$$

Зная откорректированное значение мощности (4), определим величину крутящего момента $M_{кр}$

$$M_{кр} = \frac{9552 \times N_i}{n_i} \quad (5)$$

Удельный эффективный расход топлива g_e , г/(кВт·ч), для дизельных двигателей определяют по формуле [5]:

$$g_{ei} = g_{eN} \cdot \left[1,55 - 1,55 \cdot \frac{n_i}{n_N} + \left(\frac{n_i}{n_N} \right)^2 \right], \quad (6)$$

где g_{ei} – текущее значение удельного эффективного расхода топлива, г/(кВт·ч);

g_{eN} – значение удельного эффективного расхода топлива при N_e , г/(кВт·ч).

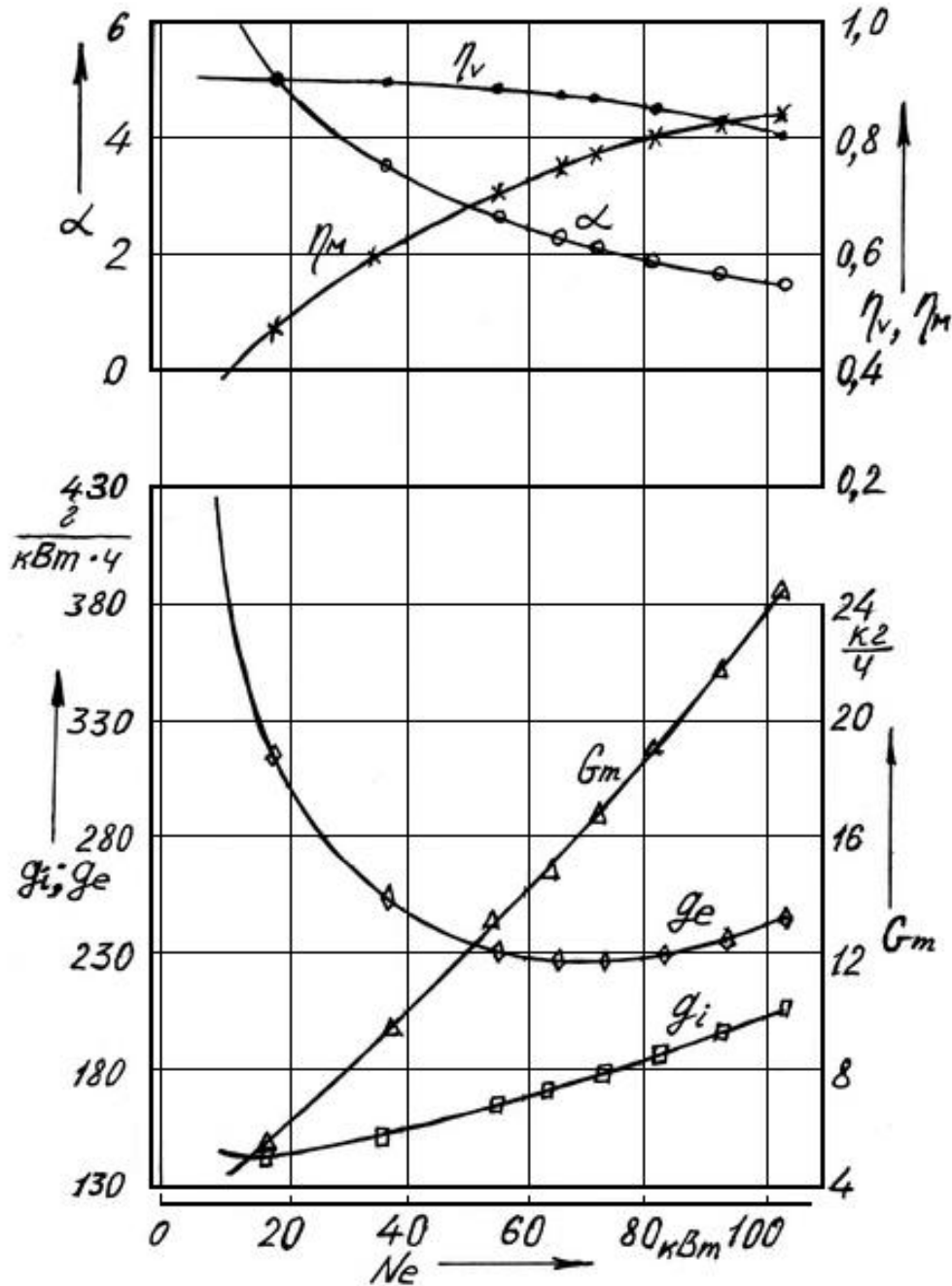


Рис. 5. Образец нагрузочной характеристики, полученной экспериментально [3]

По аналогии с выше изложенным, коррекцию g_e проведем по формуле:

$$g_{e1} = \frac{g_{e2} \cdot \left[1,55 - 1,55 \cdot \frac{n_1}{n_N} + \left(\frac{n_1}{n_N} \right)^2 \right]}{1,55 - 1,55 \cdot \frac{n_2}{n_N} + \left(\frac{n_2}{n_N} \right)^2}, \quad (7)$$

где g_{e1} – искомое значение удельного эффективного расхода топлива, г/(кВт·ч);

g_{e2} – экспериментальное значение удельного эффективного расхода топлива г/(кВт·ч).

Часовой расход топлива определим как:

$$G_m = g_{ei} \cdot N_e \cdot 10^{-3} \quad (8)$$

Эффективный коэффициент полезного действия:

$$\eta_e = \frac{3,6 \cdot 10^6}{g_{ei} \cdot Q_H} \quad (9)$$

где Q_H – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

После этого можно приступать к построению нагрузочной характеристики по откорректированным данным (рис. 5).

Выводы. Предложенная в статье методика коррекции экспериментальных данных, достаточно легко переводима в машинный код, что может способствовать ее дальнейшему применению в программном обеспечении современных стендов для испытания двигателей внутреннего сгорания.

Литература:

1. Юшков А.Н. Испытание двигателей внутреннего сгорания и топливной аппаратуры / А.Н. Юшков, Е.Н. Сивков. – Сыктывкар: СЛИ, 2013. – 72 с.
2. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – М.: Высшая школа, 2008. – 496 с.
3. Лиханов В.А. Испытания двигателей внутреннего сгорания и топливной аппаратуры дизелей: [учебное пособие] / В.А. Лиханов, Р.Р. Деветьяров. – Киров: Вятская ГСХА, 2008. – 106 с.

4. *Лиханов В.А.* Анализ характеристик двигателей внутреннего сгорания и топливной аппаратуры дизелей / *В.А. Лиханов, С.А. Плотников.* – Киров: Вятская ГСХА, 2000. – 43 с.

5. *Абрамчук Ф.І.* Автомобільні двигуни: [підручник] / *Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є.Долганов* [та ін.] – К.: Арістей, 2004. – 474 с.

МЕТОДИКА КОРЕКЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Зуєв О.О.

Анотація – в статті розглянуто методику корекції експериментальних даних стендових випробувань двигунів внутрішнього згоряння.

AN EXPERIMENTAL DATA CORRECTION METHOD FOR BENCH TESTING OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

O. Zuev

Summary

The methodology of experimental data correction for bench testing of internal combustion engines is presented in the article.