

gines / R. Saidur, M.Rezaei, W.K.Muzammil, M.H.Hassan, S.Paria, M.Hasanuzzaman // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2012. – №16. –P. 5649–5659. 12. Mhia Md. Zaghlul Shahadat. Diesel Nox Reduction By Preheating Inlet Air / Mhia Md. Zaghlul Shahadat, Md. Nurun Nabi And Md. Shamim Akhter // *Proceedings Of The International Conference On Mechanical Engineering, 2005*. 13. Karaosmanoglu F. Vegetable oil fuels: a review / F. Karaosmanoglu // *Energy Sources*. – 1999. – №21. P. 221–231. 14. Zhang X.

An automotive thermoelectric–photovoltaic hybrid energy system using maximum power point tracking / X. Zhang // *Energy Conversion and Management*. – 2011. – 52(1). P. 641–7. 15. Vazquez J. State of the art of thermoelectric generators based on heat recovered from the exhaust gases of automobiles / J. Vazquez, Bobi M. Sanz-, R.Palacios // *In: Proceedings of the seventh European workshop on thermoelectrics, 2002*.

Поступила в редакцию 21.07.2014

Марченко Андрей Петрович – доктор техн. наук, профессор, заведующий кафедрой двигателей внутреннего сгорания Национального технического университета “Харьковский политехнический институт”, Харьков, Украина, e-mail: dvs@kpi.kharkov.ua

Али Адель Хамза - аспирант кафедры двигателей внутреннего сгорания Национального технического университета “Харьковский политехнический институт”, Харьков, Украина, e-mail: dvs@kpi.kharkov.ua

Омар Адель Хамза - аспирант кафедры двигателей внутреннего сгорания Национального технического университета “Харьковский политехнический институт”, Харьков, Украина, e-mail: dvs@kpi.kharkov.ua

Самойленко Дмитрий Евгеньевич – канд. техн. наук, старший научный сотрудник кафедры двигателей внутреннего сгорания Национального технического университета “Харьковский политехнический институт”, Харьков, Украина, e-mail: dvs@kpi.kharkov.ua

СИСТЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДВС: КЛАСИФІКАЦІЯ І ПЕРЕВАГИ

А.П. Марченко, Д.Є. Самойленко, Али Адель Хамза, Омар Адель Хамза

Серед енергетичних установок, представлених у світі, ДВЗ є основним споживачем викопних палив. Теплота і енергія відпрацьованих газів ДВЗ, а також теплота, відведена з охолоджувальною рідиною призводять до зростання ентропії і забруднень навколишнього середовища. Використання цієї теплоти для отримання корисної роботи - один із шляхів зниження навантаження на навколишнє середовище. Розглянуто основні методи утилізації вторинної теплоти ДВЗ. Виконана їх класифікація та оцінка ефективності.

СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ЭНЕРГИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВС: КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРЕИМУЩЕСТВА

А.П. Марченко, Д.Е. Самойленко, Али Адель Хамза, Омар Адель Хамза

Среди энергетических установок, представленных в мире, ДВС является основным потребителем ископаемых топлив. Теплота и энергия отработавших газов ДВС, а также теплота, отводимая с охлаждающей жидкостью приводят к росту энтропии и загрязнениям окружающей среды. Использование этой теплоты для получения полезной работы – один из путей снижения нагрузки на окружающую среду. Рассмотрены основные методы утилизации вторичной теплоты ДВС. Выполнена их классификация и оценка эффективности.

УДК 621.43

Д.В. Мешков

ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ РАСЧЕТЕ ПОГРЕШНОСТИ ИНДИЦИРОВАНИЯ ДВС

Рассмотрен выбор и обоснования исходных данных при расчете термодинамической погрешности при индицировании ДВС исследовательскими комплексами с использованием пьезокерамического датчика давления. Даны рекомендации относительно выбора значений, предложены пути совершенствования метода расчета термодинамической погрешности.

Введение

При индицировании ДВС современными исследовательскими комплексами с пьезокерамическим датчиком давления необходимо учитывать термодинамическую погрешность. Методика расчета погрешности подробно рассмотрена в [1, 2]. Анализ показывает, что существуют различные точки зрения на методику учета данной погрешно-

сти, которые отличаются методом выбора исходных данных и глубиной усреднения итоговой индикаторной диаграммы.

Формулирование проблемы

Методика расчета термодинамической погрешности представлена в [1, 2]. В соответствии с данной методикой исходными данными являются: P_{1mess} , P_{2mess} – измеренное давление; $V_{1,2}$ – объем

цилиндра при п.к.в. φ_1, φ_2 ; φ - угол поворота коленчатого вала; N – число принятых для расчета точек.

Формула для расчета значения погрешности для заданного числа точек расчета N представлена в виде:

$$\Delta P_{\Sigma} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{P_{(i+N)mess} - P_{(i)mess} \cdot \left(\frac{V_i}{V_{i+N}}\right)^n}{1 - \left(\frac{V_i}{V_{i+N}}\right)^n}; \quad (1)$$

где ΔP_{Σ} - усредненное значение погрешности по N .

Метод расчета можно применять для N измеренных значений, для чего выбираем значения φ_1 и φ_2 из диапазона $\varphi_{1,2} + \Delta\varphi$. Значение погрешности определяется усреднением среди N принятых значений.

На рисунке 1 представлены параметры для расчета термодинамической погрешности.

Для выбора исходных данных для расчета погрешности, выполнено исследование с использованием данных испытаний дизеля легкового автомобиля.

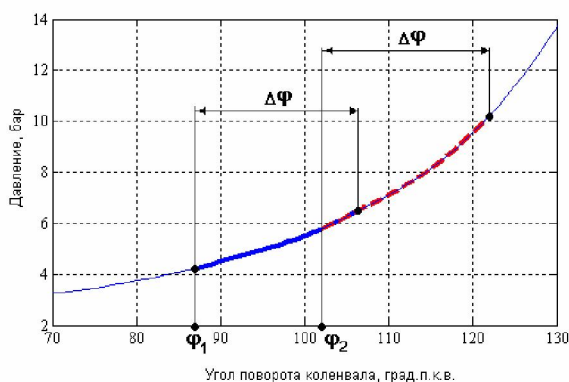


Рис. 1. Параметры необходимые для расчета

Расчет и обработка данных выполнены с использованием программ разработанных на кафедре ДВС НТУ «ХПИ» с использованием средств компьютерной математики MatLab.

Таблица 1. Зависимость n от α (C_v, C_p) при 500 К и 1 бар для ОГ

| α | C_v | C_p | $\chi = n$ |
|--------------------------|-------|-------|------------|
| 0,8 | 0,842 | 1,150 | 1,366 |
| 2 | 0,785 | 1,074 | 1,369 |
| ∞ (чистый воздух) | 0,740 | 1,030 | 1,392 |

Таблица 2. Зависимость n от α (C_v, C_p) при 500 К и 100 бар для ОГ

| α | C_v | C_p | $\chi = n$ |
|--------------------------|-------|-------|------------|
| 0,8 | 0,845 | 1,150 | 1,361 |
| 2 | 0,785 | 1,072 | 1,366 |
| ∞ (чистый воздух) | 0,740 | 1,030 | 1,392 |

Основная часть

В качестве исследуемых исходных данных выбраны: показатель политропы сжатия, начальный угол φ_1 , ширина расчетных значений $\Delta\varphi$, совместное влияние φ_1 и φ_2 . Оценка результатов проводилась путем анализа графиков значений погрешностей и оценки величины стандартного отклонения.

Влияние показателя политропы на значение погрешности

Показатель политропы для заданных температурных областей и давлений принимается в диапазоне от $n = 1,36$ при $\alpha \approx 0,8$ (ОГ в богатой области) до $n = 1,39$ при $\alpha \approx \infty$ (чистый воздух). Данные параметры представлены в таблице 1 и 2.

Влияние показателя политропы на значение погрешности представлено на рисунке 2.

Можно видеть практически линейную зависимость значения погрешности от показателя политропы. Чем больше показатель политропы, тем выше значение погрешности (около 0,5 бара на 0,1n).

Точность всех методов корректировки погрешности зависит от того, каким принято значение показателя политропы в начале расчета.

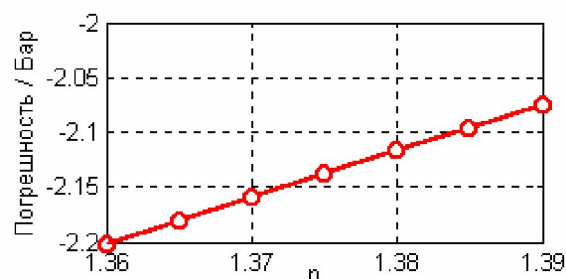


Рис. 2. Влияние показателя политропы на значение погрешности

Предполагаются одинаковые заряды и начальные условия для цилиндров (теплопередача, утечки и др.), поэтому нет необходимости в задании индивидуального значения показателя политропы для каждого цилиндра.

При постоянной нагрузке можно принять постоянный коэффициент n от цикла к циклу, для того чтобы, снизить отличия от цикла к циклу при неправильном принятии показателя политропы.

Теоретически, показатель политропы должен выбираться в зависимости от условий в цилиндре двигателя (например, уровень рециркуляции ОГ, см. табл. 1 и 2) и температурных условий (теплопередача в зависимости от температуры двигателя и нагрузки). В связи с указанными выше табличными данными, отличия в значениях части ОГ ушедшего на рециркуляцию, находится в довольно узком диапазоне значений (от 0,03 величины на показатель политропы). Допустимость принятия одинаковых начальных условий, зависит от выбора области угла поворота коленчатого вала, в которой происходит подсчет погрешности.

Влияние начального угла φ_1 на значение погрешности ΔP

Исследование проводилось при постоянном угле φ_2 , $\Delta\varphi = 15^\circ$ п.к.в. и $N = 16$ (см. рис. 1). Таким образом, происходит последовательное изменение параметра φ_1 на 50 градусов п.к.в. Начиная с определенного момента, начинается наложение двух областей друг на друга.

На рисунке 3 представлены зависимость среднего значения погрешности от начального угла φ_1 для 40 рабочих циклов. Полученные результаты аналогичны для всех рабочих точек.

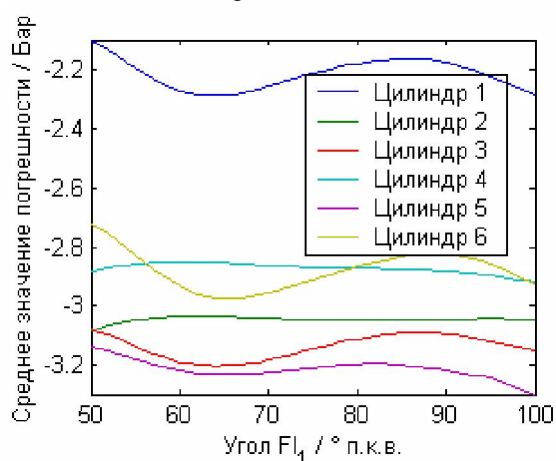


Рис. 3. Зависимость среднего значения погрешности от начального угла φ_1

При расчете среднего значения нет четкой зависимости от выбора начального угла φ_1 . Отдельные цилиндры демонстрируют сильное отличие значений погрешности, как и сам характер изменения. Колебания значений погрешностей для всех цилиндров незначительно увеличивается с увеличением φ_1 . Для достижения незначительных колебаний значений погрешности необходимо выби-

рать угол φ_1 в диапазоне от момента закрытия впускного клапана до, примерно, 80° п.к.в. после НМТ. Но это влияние довольно незначительно.

Влияние ширины расчетных значений $\Delta\varphi$ на значение погрешности

Исследование проводилось при постоянных значениях углов $\varphi_1 = 70^\circ$ п.к.в., $\varphi_2 = 85^\circ$ п.к.в. и $N = \Delta\varphi + 1$ (с $\Delta\varphi \geq 15^\circ$ п.к.в. начинается наложение значений).

На рисунке 4 представлены характеристики изменения значения погрешности для всех 6-ти цилиндров (40 рабочих циклов). Как и при изучении параметра φ_1 нельзя определить однозначного влияния $\Delta\varphi$ на величину значений погрешности. Характеристики средней величины погрешности носят различный характер.

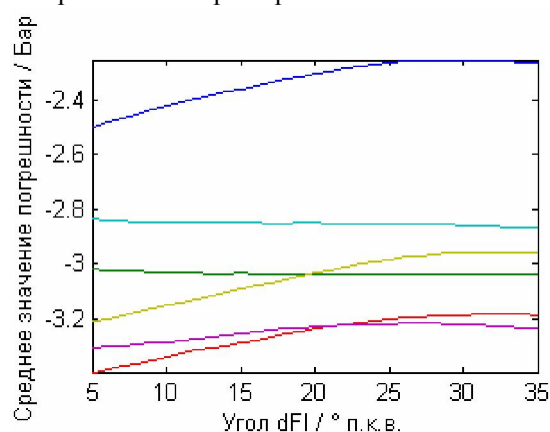


Рис. 4. Зависимость среднего значения погрешности при изменении $\Delta\varphi$

Можно сделать следующую рекомендацию: значение $\Delta\varphi$ лучше выбирать порядка 10...15 значений. При большом расстоянии между точками φ_1 и φ_2 возрастает погрешность при определении погрешности, т.к. на процессе сжатия меняется показатель политропы сжатия.

Совместное влияние φ_1 и φ_2

Исследование было проведено при постоянной ширине окна $\Delta\varphi = 15^\circ$ п.к.в. На рисунке 5 представлены характер изменения величин средней погрешности при изменении φ_1 и φ_2 . На рисунке по горизонтальной оси представлено только φ_1 . Полученная характеристика аналогична для всех рабочих режимов двигателя: различных частот вращения и нагрузок.

Влияние угла φ_1 на среднее значение погрешности на цилиндры не одинаково. Некоторые цилиндры имеют ярко обозначенный минимум в районе приблизительно 65 градусов п.к.в., другие имеют максимум в районе 60-ти градусов.

Просуммировав все представленные результатами, можно резюмировать два основных влияния

на разброс значений при подсчете погрешности: при движении измерительных окон φ_1 и φ_2 друг на друга, слегка повышается разброс значений погрешностей; при равном расстоянии между измерительными окнами снижается разброс значений погрешностей. Это влияние является доминирующим.

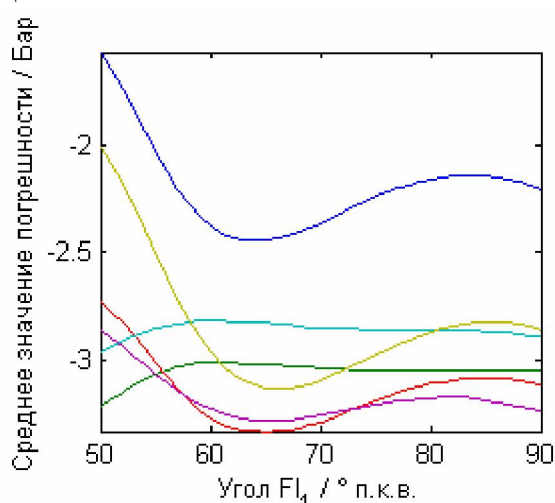


Рис. 5. Зависимость погрешности при совместном изменении φ_1 и φ_2

Заключение

Выполнено обоснование исходных данных для расчета термодинамической погрешности, возникающей при индицировании ДВС пьезокерамическим датчиком давления.

Установлено, что при вариации различных начальных значений φ_1 и φ_2 явных закономерностей обнаружено нет. Отдельные цилиндры демонстрируют отличающиеся друг от друга характеристики и в данном случае трудно установить взаимосвязь параметров, тем более стараться описать данные зависимости математическим законом. Можно только ограничиться общими рекомендациями по

выбору значений, которые должны снизить колебания значений погрешности:

Для достижения незначительных колебаний значений погрешности выбор угла φ_1 осуществлять в диапазоне от момента закрытия впускного клапана ($\sim 48^\circ$ п.к.в. после НМТ) до 80° п.к.в. после НМТ. Но это влияние незначительно.

Значение $\Delta\varphi$ лучше выбирать порядка 10...15 значений. При большом расстоянии между точками φ_1 и φ_2 возрастает погрешность, т.к. во время процесса сжатия меняется показатель политропы сжатия.

При движении измерительных окон φ_1 и φ_2 друг на друга, повышается разброс значений погрешностей. При равном расстоянии между измерительными окнами снижается разброс значений погрешностей. Это влияние является доминирующим.

Список литературы:

1. Марченко А.П. Универсальный автоматизированный стенд для испытаний ДВС / А.П. Марченко, А.А. Прохоренко, Д.Е. Самойленко, Д.В. Мешков // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2006. – 140 с. 2. Pischinger R. Indizieren am Verbrennungsmotor; Anwenderhandbuch - Vorstand des Institutes für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der Technischen Universität Graz, Graz, Jänner 2002. – 136 s.

Bibliography (transliterated):

1. Marchenko A.P. Universal'nyj avtomatizirovannyj stend dlja ispytanij DVS / A.P. Marchenko, A.A. Prohorenko, D.E. Samojlenko, D.V. Meshkov // Vestnik Nacional'nogo tehniceskogo universiteta «HPI». – 2006. – 140 s. 2. R. Pischinger, Indizieren am Verbrennungsmotor; Anwenderhandbuch - Vorstand des Institutes für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der Technischen Universität Graz, Graz, Jänner 2002. – 136 s.

Поступила в редакцию 18.06.2014

Мешков Денис Викторович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина, e-mail: denys.meshkov@mail.ru

ВИБІР ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРИ РОЗРАХУНКАХ ПОГРІШНОСТІ ІНДИЦЮВАННЯ ДВЗ

Д.В. Мешков

Розглянута методика вибору й обґрунтування вихідних даних при розрахунках величини термодинамічної погрешності при індициюванні ДВЗ дослідницькими комплексами з використанням п'єзокерамічного датчика тиску. Дані рекомендації щодо вибору оптимальних значень, запропоновані шляхи вдосконалювання методу розрахунків термодинамічної погрешності.

CHOICE OF INITIAL DATA IN THE CALCULATION OF ERRORS INDEXING ENGINE

D.V. Meshkov

The article discusses the methodology and justification of choice of initial data in the calculation of the value of thermodynamics-dynamical errors in the indexing engine research complexes using piezo-ceramic pressure sensor. Recommendations on the selection of the optimal values, pre-lozheny ways to improve the method of calculation of the thermodynamic uncertainty.