

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ВНУТРЕННЕЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА С УЧЕТОМ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИОННОСТИ ТЕПЛООБМЕННИКА-РЕГЕНЕРАТОРА

Довгялло А.И.¹, Шестакова Д.А.¹

¹Самарский университет, г. Самара, d.a.i@mail.ru

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, регенерация тепла в цикле, степень регенерации, тепловая инерционность, переходные режимы Непосредственный впрыск, экологичность, экономичность, топливная форсунка

Представлено решение актуальной научно-технической задачи, имеющей существенное значение для повышения эффективности поршневых ДВС за счет внутренней регенерации тепла в цикле (патент №2641180 публикация 16.01.2018) [1] .

Разработанная ранее методика расчета рабочего процесса такого двигателя (ДВС-Р) [2] требует дальнейшего развития, что и предлагается в настоящей публикации.

Применение разработанной методики расчета динамики теплообменника-регенератора позволяет оценить переходные режимы ДВС-Р и эффективность двигателя на данных режимах.

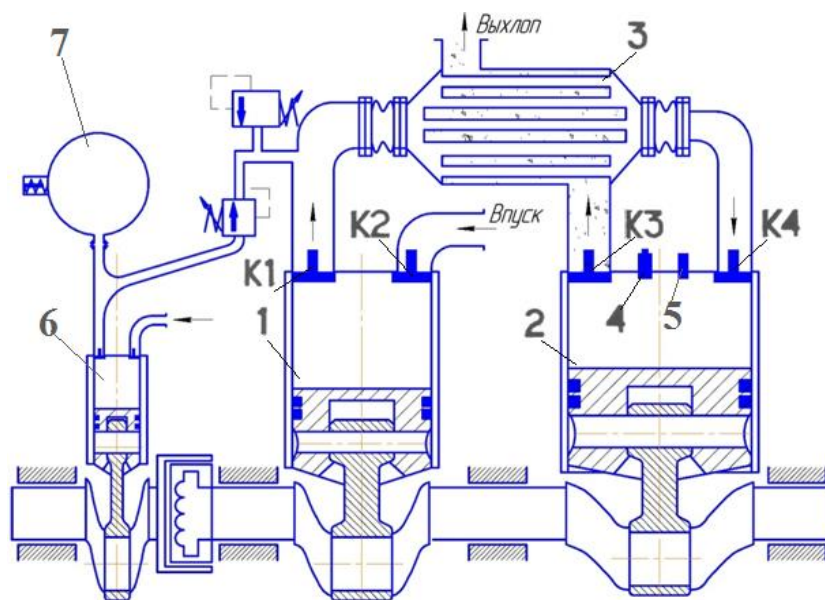


Рис. 1 – Схема ДВС с теплообменником-регенератором

Представлены результаты моделирования рабочего процесса рассматриваемого ДВС-Р с целью получения исходных данных для исследования динамики регенератора.

Параметры и характеристики рабочего процесса рассчитаны по классическим методикам с учетом последних рекомендаций. Учтены особенности процессов впуска и выпуска из компрессорного и рабочего цилиндров, процесс сгорания, теплообмен в цилиндрах на всех фазах впуска и выпуска, потери на клапанах, гидравлические потери в теплообменнике-регенераторе.

Определены динамические характеристики по параметрам температуры на входе в рабочий цилиндр из теплообменника и степени регенерации в диапазоне частот от 1000 1/мин до 5000 1/мин и условий зимнего (253 К) и летнего (293 К) запуска. Конечными результатами являются динамические характеристики двигателя (эффективность, расход, мощность и др.) в период запуска и на переходных режимах.

Теоретическая и практическая значимость заключается в том, что полученные данные дают более полное представление о рабочих процессах в ДВС-Р и их взаимосвязи с работой теплообменника-регенератора. Моделирование динамических процессов показало полную работоспособность ДВС-Р по временным показателям инерционности, временам прогрева и

переходных режимов, которые для прогрева не превышают 4 мин при нормальной температуре, а переходные режимы соответствуют обычным двигателям. Методика и результаты исследования могут быть использованы в проектных разработках.

Исследование проведено для двухцилиндрового ДВС-Р с суммарным объемом двух цилиндров 0,75 л, масса теплообменника-регенератора 13,8 кг, номинальная степень регенерации 0,5. Время выхода на режим от “холодного” состояния не превышает 300 с, время перехода с режима от 1000 1/мин до 2000 1/мин – не более 150 с при оборотах более 3000 1/мин – не более 80 с. Отмечается, что приемистость ДВС-Р будет определяться не временем прогрева регенератора, а, как в обычном ДВС, работой системы управления двигателем и топливopодачи. Отличие лишь в том, что после перехода на новый режим работы по оборотам степень регенерации будет не расчетной и достигнет расчетного значения через определенный промежуток времени [3].

Расчетный эффективный к.п.д с учетом всех потерь – 0,54...0,61; эффективный дельный расход топлива $140,5 \dots 150 \frac{\text{г}}{\text{кВт}\times\text{ч}}$; эффективная мощность одного модуля (два цилиндра объемом 0,75 л) с учетом всех потерь 30.5 кВт (четырехцилиндровый двигатель объемом 1,5 л – 61 кВт при 5000 об/мин).

Таким образом, если учесть, что эффективный к.п.д. ДВС, работающих по циклу Отто без регенерации тепла, не превышает значения $\eta_e = 0,4$ [4], то ДВС-Р в худшем случае будет эффективнее обычных двигателей на 18%.

Список литературы

1. Довгялло А.И., Кудинов В.А., Алексенцев Е.И., Карцев А.О., Шестакова Д.А. Способ работы двигателя внутреннего сгорания с регенерацией тепла в цикле и двигатель для его осуществления: патент РФ № 2641180; опубл. 16.01.2018.

2. Dovgyallo A. I., Kudinov V. A., Shestakova D. A. Working cycle analysis of the internal combustion engine with heat regeneration. International Conference on Mechanical, System and Control Engineering, ICMSC 2017, 2017, IEEE Catalog Number: CFP17K79-ART. – ISBN: 978-1-5090-6530-1, с.36 – 39.

3. Кулешов, А.С. Развитие методов расчета и оптимизация рабочих процессов ДВС – М.: МГТУ им. Баумана, 2011. – 235 с.

4. КПД двигателя и топливная эффективность [Электронный ресурс]. – URL: <https://vsdi.ru/kpd-dvigatelya-i-toplivnaya-effekti.html> (дата обращения: 20.04.2020).

Сведения об авторах

Довгялло Александр Иванович, д-р техн. наук, профессор. Область научных интересов: рабочие процессы тепловых и холодильных машин, бортовая энергетика, энергосбережение, термоакустика.

Шестакова Дарья Александровна, аспирант. Область научных интересов: рабочие процессы двигателей внутреннего сгорания.

DYNAMIC CHARACTERISTICS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH INTERNAL HEAT REGENERATION TAKING INTO ACCOUNT THERMAL INERTIA OF THE HEAT EXCHANGER-REGENERATOR

Dovgyallo A.I.¹, Shestakova D.A.¹

¹Samara National Research University, Samara, Russia, d.a.i@mail.ru

Keywords: internal combustion engine, heat recovery in the cycle, degree of regeneration, thermal inertia, transient modes Direct injection, environmental friendliness, economy, fuel injector

This article deals with dynamic characteristics of internal combustion engine with internal heat regeneration taking into account thermal inertia of the heat exchanger-regenerator.