

УДК 621.43

Т. А. ДИДУР, А. В. ЧУХАРКИН

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**АДАПТАЦИЯ ТЕПЛООВОГО РАСЧЕТА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ К
СОВРЕМЕННЫМ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ**

Аннотация. Статья посвящена исследованию влияния рециркуляции отработавших газов дизельного двигателя на показатели его рабочего цикла. Приведены зависимости основных параметров работы дизеля от степени рециркуляции и других управляющих факторов.

Ключевые слова: рециркуляция отработавших газов, экологические нормы, окислы азота, индикаторный КПД, горючая смесь, степень рециркуляции.

ВВЕДЕНИЕ

С начала XXI века идет ускоренное развитие дизелей как для легковых, так и для грузовых автомобилей, в результате чего дизельные двигатели заняли значительную долю в производстве транспортных силовых агрегатов. Этот процесс сопровождается ужесточением экологической политики: с 1 сентября 2015 года в Европе введены нормы *Euro 6*, которые еще более ужесточают требования к вредным выбросам дизелей. Это вызывает необходимость оптимизировать их рабочий процесс.

Применение высокого наддува, в том числе 2 ступенчатого, приводит к росту максимального давления в камере сгорания до $p_z = 22$ МПа для грузовых дизелей и 20 МПа для легковых. Для уменьшения выбросов NO_x применяют высокую степень рециркуляции отработавших газов – до 65 %, а на номинальном режиме до 30 % [1]. Эти факторы приводят к необходимости адаптировать методику теплового расчета двигателей.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование рабочего цикла дизеля с высокой степенью рециркуляции отработавших газов и высоким максимальным давлением в цикле.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Степень рециркуляции определяется как отношение массы рециркулируемого газа к общей массе поступающего в цилиндр заряда:

$$\rho_m = \frac{G_p}{G_p + G_B} \quad (1)$$

Учитывая разную плотность газов и воздуха, в расчете нужно использовать объемную степень ρ_v :

$$\rho_v = \frac{Q_p}{Q_p + Q_B} \quad (2)$$

Плотность рециркулируемых газов определяется давлением и температурой. Давление принимается на 5...15 % выше давления воздуха в месте объединения потоков (до компрессора наддува либо за ним). Температура газов после охладителя T_p в литературных источниках указывается в пределах 410...440 К, двухступенчатые охладители обеспечивают снижение температуры до 320 К. Газовая постоянная газов зависит от их объемного состава и лежит в пределах 287...288 Дж/(кг·К).

Поскольку дизель работает с коэффициентом избытка воздуха $\alpha > 1$, в продуктах сгорания присутствует свободный кислород в количестве MO_2 , кмоль/кг:

$$M_{O_2} = 0,208(\alpha - 1)L_0, \quad (3)$$

где L_0 – количество воздуха на 1 кг топлива, кмоль/кг.

Если выделить из отработавших газов эквивалентное кислороду количество азота, то можно считать, что в рециркулируемых газах присутствует эквивалентный воздух. Исходя из этого количество горючей смеси M_1 , кмоль/кг:

$$M_1 = \alpha(1 - \rho_v)L_0 + (0,208(\alpha - 1)L_0 + 0,792(\alpha - 1)L_0)\rho_v. \quad (4)$$

Количество не участвующих в горении рециркулируемых газов равно M_p , кмоль/кг:

$$M_p = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{N_2} = \rho_v \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0,792L_0 \right), \quad (5)$$

где C, H – доли углерода и водорода соответственно в 1 кг топлива.

Тогда фактический коэффициент избытка воздуха будет равен:

$$\alpha_{э\text{кв}} = M_1 / L_0. \quad (6)$$

Для дальнейших расчетов вводим коэффициент рециркулируемых газов:

$$\gamma_p = M_p / M_1. \quad (7)$$

Расчет процессов газообмена проводится при $\alpha_{э\text{кв}}$ с учетом коэффициента γ_p , вводимого аналогично коэффициенту остаточных газов. Теплоемкость продуктов сгорания определяется с учетом рециркулируемых и остаточных газов.

Расчет проводился для четырехцилиндрового дизеля со степенями сжатия 18, 19, 20, 21 и степенью повышения давления $p_k = 0,21 \dots 0,3$ по методике, изложенной в [2].

Результаты моделирования показали, что максимальная температура в цикле T_z (рис. 1) практически не зависит от величины наддува и определяется только величиной $\alpha_{э\text{кв}}$ – при высоком ($\alpha_{э\text{кв}} > 2,2$) его значении и низкой температуре рециркулируемых газов T_z опускается ниже 1 800 К. Индикаторный КПД растет с увеличением $\alpha_{э\text{кв}}$.

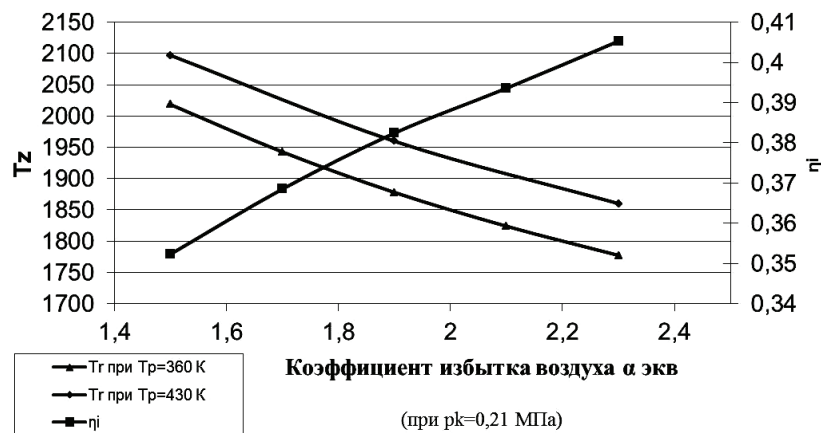


Рисунок 1 – Зависимость максимальной температуры в цикле T_z , К, и индикаторного КПД η_i от коэффициента избытка воздуха $\alpha_{э\text{кв}}$.

Зависимость максимальной температуры от степени сжатия показана на рисунке 2. Из графика видно, что рекомендуется ограничить степень сжатия величиной $\epsilon = 19,5$.

На рисунке 3 показано сравнение параметров работы дизеля с рециркуляцией и без нее. При малых $\alpha_{э\text{кв}}$ падение температуры достигает почти 200 К, при высоких – снижение не превышает 100 К. Индикаторный КПД при этом также падает.

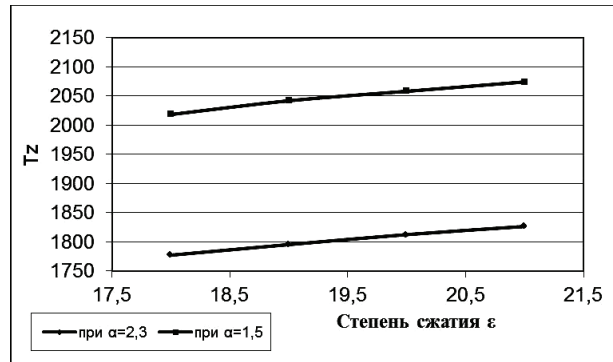
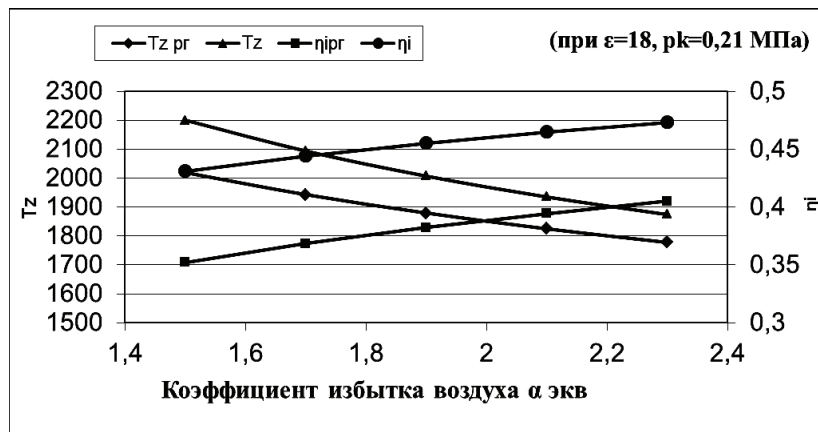
Рисунок 2 – Зависимость максимальной температуры T_z , К, от степени сжатия.

Рисунок 3 – Сравнение параметров работы дизеля с рециркуляцией и без нее.

ВЫВОД

Исследование зависимости параметров работы от регулирующих факторов показало, что высокая степень рециркуляции является эффективным средством снижения температуры в цилиндре и, соответственно, снижения выбросов окислов азота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мозер, Ф. К. Дизель в 2015 г. Требования и направления развития технологий дизелей для легковых и грузовых автомобилей [Текст] / Франц К. Мозер // Журнал автомобильных инженеров. – 2008. – № 4 (51). – С. 54–62.
2. Колчин, А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей [Текст]: Учебное пособие для вузов / А. И. Колчин, В. П. Демидов. – 4-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 496 с.

Получено 15.06.2017

Т. О. ДІДУР, А. В. ЧУХАРКІН
АДАПТАЦІЯ ТЕПЛОГО РОЗРАХУНКУ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ДО
СУЧАСНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ВИМОГ
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Стаття присвячена дослідженню впливу рециркуляції відпрацьованих газів дизельного двигуна на показники його робочого циклу. Наведено залежності основних параметрів роботи дизеля від ступеня рециркуляції та інших керувальних факторів.

Ключові слова: рециркуляція відпрацьованих газів, екологічні норми, оксиди азоту, індикаторний ККД, пальна суміш, ступінь рециркуляції.

TAISIYA DIDUR, ARTEM CHUKHARKIN
ADAPTATION OF THERMAL CALCULATION FOR DIESEL ENGINE TO
ACTUAL ECOLOGICAL REQUIREMENTS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article is devoted to the investigation of diesel engine exhaust gas recirculation effect on the performance of its working cycle. Dependences of the diesel engine operation main parameters on the degree of recirculation and other control factors has been given.

Key words: exhaust gas recirculation, ecological norms, nitrogen oxides, indicator efficiency, combustible mixture, degree of recirculation.

Дидур Таисия Александровна – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: рабочие процессы тепловых двигателей.

Чухаркин Артем Витальевич – ассистент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: рабочие процессы тепловых двигателей.

Дідур Таїсія Олександрівна – студентка ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: робочі процеси транспортних двигунів.

Чухаркін Артем Віталійович – асистент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, технологічних машин та обладнання ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: робочі процеси транспортних двигунів.

Didur Taisiya – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: internal processes of vehicle's engines.

Chukharkin Artem – assistant, Technical Maintenance and Service of Cars and Technological Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: internal processes of vehicle's engines.